

ROUTES

Ciments - Liants hydrauliques routiers - Bétons
Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



RÉFÉRENCE

Lyon Confluence : des blocs en béton préfabriqué pour aménager la promenade du quai du Port Rambaud

LE POINT SUR

Un béton hydrodécapé ocre pour la chaussée du TCSP Sénart-Corbeil

DOSSIER

La congestion du trafic routier est-elle une fatalité ?

2 ÉDITORIAL

3-6 LE POINT SUR



Le TCSP Sénart - Corbeil
Du béton hydrodécapé
ocre pour la chaussée
reliant Lieusaint-Moissy
à Saint-Germain-lès-
Corbeil

7-12 DOSSIER



**La congestion du trafic
routier est-elle
une fatalité ?**

13-15 RÉFÉRENCE



Haut-Rhin
Illzach : du béton
désactivé pour valoriser
un parvis en entrée
de ville

16-17 RÉFÉRENCE



Rhône
Lyon Confluence :
des blocs en béton
préfabriqué pour
aménager la promenade
du quai du Port Rambaud

18-19 RÉFÉRENCE



Corbières
Un béton balayé pérenne
au service des voiries
viticoles

20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : vue aérienne d'une partie des 9,6 km
du TCSP (Transport en Commun en Site Propre)
reliant Lieusaint-Moissy à Saint-Germain-lès-Corbeil.
© Laurent Descloux - EPA Sénart Communication



La congestion du trafic routier est-elle une fatalité ?

Dans quelques jours, les grands départs en vacances commencent. Les axes routiers de l'Europe vont être pris d'assaut par les flux de vacanciers. Pour les premières journées de juillet, des centaines de milliers d'automobilistes s'engageront, chaque jour, sur les routes et les autoroutes en mettant le cap vers le sud de l'Europe. Ces grands départs s'accompagnent chaque année de gros problèmes de circulation : des ralentissements, des bouchons et des embouteillages qui apparaissent et disparaissent sans trop comprendre pourquoi. Le conducteur n'a d'autre choix que de prendre son mal en patience. Surtout, plusieurs événements risquent de venir aggraver la congestion : accidents, rétrécissements de voies, mauvaises conditions météorologiques, etc.

Si la congestion entraîne naturellement la formation de files d'attente et provoque des retards pour les usagers de la route, elle conduit aussi à la dégradation de l'utilisation de l'infrastructure, à l'énerverment et l'impatience des conducteurs, à l'insécurité et surtout à une élévation de la consommation des carburants et, par ricochet, à une augmentation de la pollution générée par les moteurs des véhicules. Aux gênes des usagers viennent donc s'ajouter des coûts directs et indirects que doit assumer la société dans son ensemble.

Aussi, chaque année, se repose-t-on les mêmes questions. Qu'est ce qui provoque ces bouchons, en dehors bien sûr de ceux provoqués par les accidents de la route ou les travaux d'entretien des infrastructures ? Pourquoi le trafic repart-il parfois sans raison apparente, après un fort ralentissement ? Comment faire sauter ces bouchons ? Faut-il demander aux conducteurs d'augmenter, ou plutôt de réduire, leurs vitesses ? Etc.

Pour résoudre le problème de la congestion du trafic routier, une solution naturelle serait de construire de nouvelles infrastructures. Une solution qui ferait le bonheur des usagers de la route, mais aussi et surtout le bonheur de tous les acteurs intervenant dans la construction des infrastructures routières (bureaux d'études, fournisseurs, entreprises, etc.). Mais, une telle option n'est, malheureusement, plus d'actualité au niveau des pouvoirs politiques, qui privilégient plutôt le développement des modes de transport alternatifs à la route.

Que nous reste-t-il alors comme possibilités pour gérer au mieux le problème de la congestion du trafic routier ?

Pour pouvoir répondre à cette question, il est nécessaire d'analyser rationnellement le phénomène de congestion du trafic routier, d'identifier les causes conduisant aux différents changements dans les conditions de circulation et d'élaborer des recommandations qui, appliquées par l'ensemble des conducteurs, conduiront sûrement à améliorer les conditions de circulation.

Je vous invite donc à lire le dossier de ce numéro (pages 7 à 12). Bonne lecture.

Joseph ABDO - Cimbéton

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense
92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 01 55 23 01 00
Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, contacter Cimbéton.

Directeur de la publication : Anne Bernard-Gély
Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique *Remue-ménages* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Joseph Abdo, Marc Deléage, Romualda Holak, Michel Levron, Yann Kerveno - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Direction artistique : Arnaud Gautelier - Maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 2^e trimestre 2011 - ISSN 1161 - 2053 1994



Le Transport en Commun en Site Propre (TCSP) Sénart - Corbeil-Essonnes : une voie de 9,6 km qui serpente dans le paysage, entre Lieusaint-Moissy et Saint-Germain-lès-Corbeil.

© Laurent Descoux - EPA Sénart - Communication

Un béton hydrodécapé ocre pour la chaussée du TCSP Sénart-Corbeil

Depuis le 4 juillet 2011, le TZen - c'est le nom de ce bus à haut niveau de service (BHNS) - relie les gares RER D de Lieusaint - Moissy (Seine-et-Marne) et de Corbeil-Essonnes (Essonne). Sur les 14,7 kilomètres du parcours, près de 10 sont en site propre. Pour réaliser cette voie réservée, le maître d'ouvrage a opté pour une plate-forme en béton. Un chantier de grande ampleur, techniquement très exigeant et avec un gros travail architectural sur la matière, la couleur et le traitement de surface.

Réalisé sous l'autorité du Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF) avec comme maître d'ouvrage l'Etablissement Public



Avant la mise en œuvre de la couche de roulement, coulage du caniveau central en béton extrudé.

d'Aménagement de la Ville nouvelle de Sénart (EPA Sénart), les travaux d'aménagement de la voie du TZen ont débuté en septembre 2009 pour une durée d'environ 20 mois (15 mois pour l'infrastructure).

Desservant 14 stations sur 14,7 kilomètres dont 9,6 en TCSP (Transport en Commun en Site Propre) de Lieusaint-Moissy à Saint-Germain-lès-Corbeil, le TZen est séparé du flux des automobiles et bénéficie de la priorité aux feux (voir encadré page 5). Aisément accessible avec ses larges portes automatiques, il a une méthode d'accostage différente d'un bus classique. Une attention toute particulière a, en effet, été portée à la conception des quais des stations et à l'interface entre le quai et le matériel

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage désignée par le STIF : EPA Sénart

Maîtrise d'œuvre : Systra ; Arcadis ; Richez Associés

Lots infrastructures (5) : Entreprise Jean Lefebvre IDF-Eurovia IDF-TP Goulard ; Entreprise STRF ; Entreprise SRBG ; Vinci Construction Terrassement ; Signature (ex-Eurovia Béton).

Sous-traitant hydrodécapage de la surface de la chaussée béton : Via-Pontis

Fournisseur du ciment : Vicat Ciment

Fournisseur du béton prêt à l'emploi : BGIE Bétons Vicat, centrale de Moissy-Cramayel (Seine-et-Marne)

roulant qui assure une accessibilité de plain-pied à la porte centrale du véhicule, grâce à la sortie automatique d'une mini-palette.

Une voirie en béton clair pour bien la différencier de celles en enrobé noir

Dès l'origine du projet, le maître d'ouvrage avait la volonté de différencier la voie dédiée au BHNS des voiries existantes. "Sur proposition de la composante architecte de notre maîtrise d'œuvre, nous avons voulu dissocier cette infrastructure en site propre de l'image classique d'une voirie en enrobé noir, notamment par un revêtement de couleur claire", précise Lauriane Blézel, ingénieur en charge de cette opération à l'EPA Sénart. "Et si nous avons très vite opté pour une chaussée en béton, c'est pour une triple raison. D'abord ce matériau évite l'orniérage, notamment au niveau de l'accostage aux stations, un problème désormais bien connu des maîtrises d'ouvrage qui réalisent des TCSP. Ensuite, la longue durée de vie de ce type de chaussée réduit au minimum les restrictions de circulation de bus, liées aux travaux d'entretien du revêtement. Enfin, le béton permet un travail architectural très soigné, notre objectif étant que les usagers assimilent cette voie à une circulation en mode doux. Nous voulions, en quelque sorte, que la voirie traditionnelle mette en valeur le site propre et non l'inverse. Et quand on voit aujourd'hui ce long ruban qui



Après la réalisation de la couche de fondation en béton maigre de 15 cm et du caniveau central, les armatures métalliques sont posées pour recevoir le coulage du béton armé continu (BAC).

traverse le paysage, on ne regrette pas d'avoir fait ces choix techniques et esthétiques".

Un travail architectural tout particulier

Le projet architectural se caractérise notamment par le choix des matériaux (granit, bordures colorées, esthétique du mobilier...) utilisés pour le traitement des stations et par la requalification des carrefours avec une traversée du TZen en centrale.

"La plate-forme en béton a fait l'objet d'un travail architectural tout particulier", explique Maud Leforestier, architecte chez Richez Associés, l'un des maîtres

CHIFFRES CLÉS DU TZEN

- **14,7 km de longueur** dont 9,6 km en site propre
- **Quatre communes traversées** : Lieusaint (et le centre commercial Carré Sénart), Saint-Pierre-du-Perray, Saint-Germain-lès-Corbeil, Corbeil-Essonnes
- **14 stations desservies** dont deux terminus et une avec services aux voyageurs
- **32 minutes de trajet** entre les deux gares du RER D
- **7 minutes de fréquence en heures de pointe** ; 15 minutes en heure creuse
- **Amplitude horaire de service** : de 5 h à 24 h
- **6 000 voyageurs/jour** à la mise en service et 12 000 à terme pour un bassin de vie de 100 000 personnes
- **82,03 millions d'euros investis** pour les 9,6 km en site propre (hors matériel roulant et équipements liés à l'exploitation en station).
- **Financements** : Région Ile-de-France (85,881 %), Départements de Seine-et-Marne et Essonne (6,173 % chacun), Etat (1,773 %)

d'œuvre. "Pour rompre la monotonie et donner de la vibration à l'ensemble, nous avons pris plusieurs options en plein accord avec le maître d'ouvrage : d'abord, ne pas avoir de décaissement de la chaussée, puis casser la largeur de la plate-forme (7 mètres) en ayant une surface en V avec un caniveau central qui dessine une épine dorsale de 60 centimètres de large et, enfin, avoir une continuité entre la chaussée et la nature en supprimant les bordures et les trottoirs".

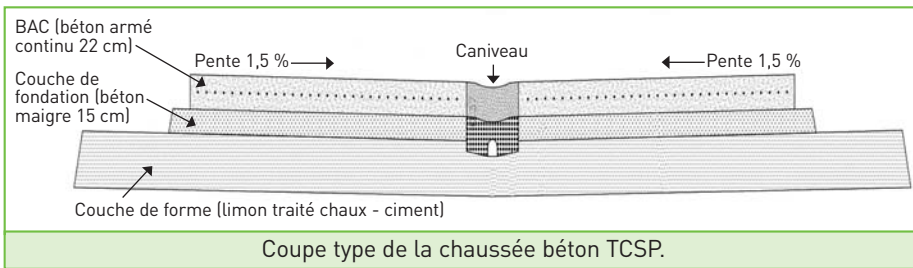
Concernant le béton de roulement, il a été décidé de lui donner une couleur ocre. Teinté dans la masse, il est contrasté par l'insertion de granulats sombres provenant de la carrière de porphyre de Voutré (Mayenne). De plus, pour ne pas avoir un béton lisse et brillant, le traitement de surface de cette couche de roulement a fait l'objet de plusieurs études qui combinent esthétique et sécurité. La maîtrise



Mise en œuvre du béton armé continu sur 3,20 mètres de largeur.



De couleur ocre, la couche de roulement a une épaisseur de 22 centimètres.



d'œuvre avait d'abord proposé un béton bouchardé, une idée qui a été abandonnée pour des raisons de bruit et d'usure plus rapide des pneus des bus. *"Avec l'entreprise BGIE Bétons Vicat qui a été très réactive pendant toute la réalisation du projet, nous avons beaucoup travaillé sur ce traitement de surface de la couche de roulement",* se souvient Olivier Goyat, responsable technique à la Direction technique de Signature (ex-Eurovia Béton). *"Pour cela, nous avons fait des planches d'essais et proposé plusieurs solutions qui découpent la surface et révèlent les granulats sombres. Finalement, notre choix s'est porté sur l'hydroprojection, une technique douce qui fait apparaître les granulats sans qu'ils soient trop saillants et tout en permettant d'améliorer la rugosité du revêtement avec une PMT, profondeur moyenne de texture, supérieure à 0,6 mm en moyenne".*

Un total de 64 000 m² de bétons coulés

Bien que le chantier soit linéaire, les déviations de voiries existantes et la décomposition en 10 lots réalisés de façon concomitante (voirie, ouvrage d'art, éclairage, réseaux...) ont imposé un découpage géographique de l'infrastructure en cinq lots et un phasage des travaux très précis. Les fortes contraintes de circulation urbaine, notamment dans la zone du centre commercial Carré Sénart à Lieusaint, ont imposé des basculements de chaussées et la mise en place de déviations piétonnes et automobiles. Dimensionné pour un trafic de 600 bus/jour, la voie repose sur une couche de forme en limon traitée chaux-ciment en sections courantes. Au-dessus, deux couches de béton ont été coulées, soit 64 000 m² : la couche de

fondation grise (béton maigre) d'une épaisseur de 15 centimètres (résistance à 28 jours > 2 MPa en traction par fendage) et la couche de roulement ocre de 22 centimètres (résistance à 28 jours > 3 MPa). Il s'agit d'un béton à composition prescrite (BCP) et de consistance de classe S1. Une fois arrêtées sa composition et la technique de décapage de sa surface, le béton a été mis en œuvre. Dans les sections courantes, ces deux bandes ont été réalisées en BAC (béton armé continu) en utilisant, comme pour le caniveau central en béton extrudé, une machine à coffrage glissant réglée en 3,20 mètres de large. En revanche, les traversées des

LES PLUS DU BHNS

Le TZen est le premier BHNS (bus à haut niveau de service) mis en service en Grande Couronne. En France, le terme BHNS fut utilisé dans les années 1990 pour désigner : des lignes de bus à haute fréquence ; une amplitude d'horaires élevée ; des aménagements de voirie ponctuels ; des priorités aux feux. Outre ces caractéristiques, le TZen a un design moderne et offre une accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (fauteuil roulant, poussette ou usagers avec des bagages) et une information accessible à tous. L'arrêt est marqué par des signaux sonores et visuels avant chaque station.

carrefours, les zones de largeurs différentes, les stations du TZen et de certaines courbes ont été traitées avec la technique de la dalle à joints goujonnés, mise en œuvre manuellement à la règle vibrante et coffrage fixe.



L'hydrodécapage de la couche de roulement est réalisé avec une machine : il fait apparaître les granulats sombres tout en améliorant l'adhérence.

LE TZEN EN BREF

Le TZen est exploité par la société Véolia Transport.

Pour le STIF (Syndicat des Transports d'Ile-de-France) :

"Le matériel roulant est de conception audacieuse : le design extérieur du véhicule, avec sa face avant aux formes arrondies et sa livrée vif argent et anthracite, soulignée de vert, permet à la fois l'identification du service et de la qualité qui l'accompagne, et rappelle en même temps son appartenance au réseau des transports franciliens".

Le TZen a été choisi afin de permettre aux usagers d'identifier facilement la ligne et d'offrir les meilleures conditions possibles de voyage.

Les innovations techniques du TZen ont été conçues dans le but d'apporter le confort maximum aux usagers : une climatisation intégrale, de larges portes coulissantes à ouverture latérale (de type tramway) facilitant la montée et la descente des voyageurs, un dispositif d'information voyageurs en temps réel à l'intérieur du véhicule sous forme d'écrans (prochains arrêts, correspondances...) et un agencement intérieur favorisant la fluidité des déplacements des usagers.

L'exploitation de la ligne Sénart-Corbeil se fait au moyen d'une flotte de 12 véhicules. La dépense globale de cette flotte a été estimée par Véolia Transport à 4,192 millions d'euros, le STIF prenant à sa charge 50 % du coût d'acquisition.



La voie du TZen hydrodécapée avec ses bordures et son caniveau central non traités.

Un chantier très exigeant, aussi bien en matière de recherche que de production

"Outre les recherches des techniciens de notre laboratoire pour arriver à trouver les formulations des bétons souhaitées par le client, la production de notre centrale de Moissy-Cramayel a été presque entièrement dédiée à ce chantier pendant un an", précise Bertrand Denis, Chef de secteur Ile-de-France-Est chez BGIE Bétons Vicat. "Nos équipes ont réalisé un travail extraordinaire, car il nous fallait garantir une continuité dans la consistance et le dosage des bétons colorés. Le chantier a donc été extrêmement exigeant en termes de qualité, de cadences, de phasages, de vigilance dans la durée et de logistique (les granulats, des porphyres de couleur sombre, venant de la Mayenne)".

Pour le décapage de la couche de roulement, Signature a fait appel à un sous-traitant, Via-Pontis, une PME d'une trentaine de personnes spécialisée dans la réparation d'ouvrages d'art et dans l'hydro-projection (dégommage des pistes d'aéroport, effaçage de peinture routière, amélioration de la rugosité des chaussées en enrobé).

Quand le béton a fait prise, sa surface a alors été décapée par une attaque physique en projetant de l'eau sous pression. Pour avoir l'aspect et la rugosité souhaités par le client, des essais de réglage combinant vitesse d'avancement de la machine, pression de

l'eau et hauteur d'attaque ont été effectués.

Une harmonie parfaite entre la technique et le développement durable

"Cette technique s'inscrit parfaitement dans une optique de développement durable", informe Joël Couffignal, directeur général de Via-Pontis. "On n'utilise que de l'eau pure, projetée à 2500 bars, sans adjuvant chimique ni solvant, et en très faible quantité : environ 1 litre par m² traité. J'ajoute que tous les produits rejetés lors du décapage sont aspirés dans une cuve et conduits à la décharge. Inutile donc d'avoir à nettoyer le chantier. C'est la première fois que nous utilisons cette technique pour une chaussée béton sur une telle surface, puisque nous avons traité quelque 58000 m². Et nous sommes tout prêts à renouveler l'expérience".

En fait, la chaussée n'a pas été décapée dans toute sa largeur. Une bande de 20cm de chaque côté, ainsi que le caniveau central, sont restés lisses et brillants. Voulu par l'architecte, cette alternance de zones traitées et non traitées sert de repère visuel pour identifier la voie réservée et contribue à l'esthétique de l'ensemble.

"Sur l'ensemble du tracé, les équipes sont parvenues à obtenir des qualités technique et esthétique comparables, conférant ainsi au projet son unité", apprécie Lauriane Blézel. Un bel hommage rendu au travail des entreprises. ■





Le phénomène de congestion se caractérise par l'apparition de retards, voire de goulets d'étranglement en période de fort trafic, c'est-à-dire quand la capacité de l'infrastructure devient insuffisante pour réguler les flux.

La congestion du trafic routier est-elle une fatalité ?

Malgré les progrès techniques et technologiques accomplis par l'homme dans tous les domaines de la connaissance, le trafic routier reste victime d'une congestion sans cesse croissante. Il sera sans doute bientôt possible de voyager jusqu'à la planète Mars, mais la congestion continue à demeurer un véritable casse-tête pour les gestionnaires routiers de tous les pays.

La congestion d'un réseau routier est la condition dans laquelle une augmentation du trafic de véhicules provoque un ralentissement global de celui-ci. Le terme de congestion désigne la dégradation de la qualité de service quand le nombre d'utilisateurs augmente. Ce phénomène se caractérise par l'apparition de retards, voire de goulets d'étranglement en période de fort trafic, c'est-à-dire quand la capacité de l'infrastructure devient insuffisante pour réguler les flux.

Le problème est fréquent localement et périodiquement, notamment dans les grandes villes et lors des grands départs pour les vacances.

Dans quelle ampleur la congestion est-elle présente ? Quel est le coût pour la société ? Comment y remédier ?

Le but de cette documentation technique est de répondre à ces questions essentielles. Il y sera présenté successivement les causes de la congestion du trafic routier, les enjeux économiques, sociaux et environnementaux, les solutions proposées pour fluidifier le trafic et enfin les actions à entreprendre pour influencer les comportements des automobilistes.

POURQUOI Y A-T-IL DES BOUCHONS SUR LES ROUTES ?

Pour comprendre la congestion du trafic routier, il faut garder présent à l'esprit que c'est un phénomène qui survient lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon. Ces véhicules excédentaires seront à chaque instant plus nombreux qu'à l'instant précédent. Comme chaque véhicule occupe une certaine longueur de voie, la longueur de la file d'attente ne fera que croître en proportion du nombre de véhicules présents dans cette file d'attente. On voit de ce qui précède que la congestion est un phénomène évolutif, à la fois dans le temps et dans l'espace. Or, en raison du caractère maillé de l'infrastructure, cet allongement de la file d'attente peut la conduire à atteindre des points de choix d'itinéraire, et ainsi congestionner des

parties du réseau où circulent des véhicules qui n'utiliseront pas l'infrastructure à l'origine de la congestion.

La première cause est tout simplement un volume de circulation supérieur à la capacité routière : les voitures sont trop nombreuses et le trafic s'arrête à chaque goulot d'étranglement (rétrécissement de la route, voies qui se rejoignent, croisements de routes). La circulation est à ce titre comparable à l'écoulement d'un liquide dans un tuyau.

En outre, le contexte de la mondialisation économique a largement contribué à l'augmentation des besoins en circulation des biens et des personnes. Cet accroissement en mobilité constitue une des causes principales d'apparition de plus en plus fréquente du phénomène de congestion.

La seconde cause est liée aux comportements des conducteurs. Quand les voitures sont proches les unes des autres, il suffit qu'un conducteur freine brutalement pour faire freiner en cascade tous les véhicules qui le suivent et propager ainsi un ralentissement, voire même un arrêt du trafic sur une certaine longueur. Quand le premier conducteur redémarre, de nouvelles voitures sont venues s'agglutiner et le bouchon se déplace vers l'arrière comme une onde, par un effet de dominos.

En outre, plusieurs événements peuvent provoquer ou aggraver la congestion : accidents, travaux, voitures en panne, stationnements gênants, conditions météorologiques mauvaises, etc.

CONSÉQUENCES DE LA CONGESTION DU TRAFIC ROUTIER

Elles sont nombreuses et peuvent être classées en trois catégories : économiques, sociétales et environnementales.

Conséquences économiques

D'un point de vue économique, la congestion du trafic routier entraîne :

- **Une perte de compétitivité d'une région**, d'un pays ou d'un continent, du fait des congestions qui bloquent les artères de communication routière,
- **Une perte de productivité**, non seulement à cause des retards des personnes se rendant sur les lieux de leur travail, mais aussi en raison des livraisons tardives des approvisionnements ou des services rendus avec des retards importants voire annulés.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Des études réalisées par l'Union européenne chiffrent le coût de la congestion routière (imputable tant aux migrations alternantes et au trafic de loisir qu'aux déplacements d'affaires et au transport de marchandises) à 1 % en moyenne du PIB de ses Etats membres, et plus exactement à 1.5 % pour le Royaume-Uni et la France et 0.9 % pour l'Allemagne et les Pays-Bas.

Conséquences sociétales

Les usagers de la route se plaignent amèrement des heures qu'ils perdent dans les embouteillages (plus de 1 milliard d'heures par an pour la France) parce qu'elles empiètent sur le temps qu'ils peuvent consacrer à leur travail et à leur famille. La congestion du trafic routier aura deux impacts importants sur :

- **La qualité de vie des usagers**, car les conducteurs soumis à des embouteillages fréquents sont sujet à des problèmes de stress, d'anxiété et d'énerverment, entraînant un accroissement du risque d'accident,
- **Le pouvoir d'achat des usagers**, car la congestion du trafic a des conséquences directes sur l'augmentation de la consommation énergétique. Dans le contexte actuel d'envolée des prix du pétrole, ceci engendre une nette diminution du pouvoir d'achat des usagers.

Conséquences environnementales

Enfin, d'un point de vue environnemental, la congestion du trafic routier a un impact néfaste et négatif à cause de l'augmentation de la pollution qui engendre des coûts économiques et écologiques en croissance exponentielle.

L'érosion de la productivité causée par les pertes de temps dues aux bouchons, l'aggravation de la pollution de l'air et de l'eau, l'augmentation du bruit et la dégradation de la qualité de vie sont autant de conséquences de l'augmentation de la demande de transport terrestre.

On peut donc conclure que le phénomène de congestion du trafic routier est un problème socio-économico-environnemental crucial qui exige de rechercher des solutions efficaces et rapides.

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DE LA CONGESTION DES ROUTES

La France s'est appliquée récemment, dans le cadre de la réalisation de son plan de transport à l'horizon 2050, à définir le sens dans lequel la congestion de ses réseaux nationaux de transport allait évoluer. Il semble qu'elle doive s'attendre à une multiplication des goulets d'étranglement routiers.

Globalement, la situation va s'aggraver. Le trafic routier continuera à augmenter alors que la capacité du réseau ne s'accroîtra pas au même rythme.

Ces perspectives d'évolution requièrent non seulement une meilleure coordination de l'utilisation des sols, de l'urbanisme et de la planification des transports, mais aussi des avancées technologiques et une modification du style de vie.

L'aspiration à la création d'un système de transport routier équilibré et écologiquement viable incitera les gestionnaires à identifier les stratégies et les mesures à suivre pour influencer sur la demande de mobilité de demain, pour améliorer les conditions de circulation et pour rationaliser l'utilisation des infrastructures routières.

LE SAVIEZ-VOUS ?

- Selon certains chiffres officiels, la moitié du carburant utilisé aujourd'hui dans l'UE est gaspillé dans les embouteillages, en raison d'infrastructures inadéquates et de goulets d'étranglement.
- Les chiffres aux Etats-Unis font état d'une situation similaire. En 2004 aux Etats-Unis, la congestion est à l'origine du gaspillage de 100 milliards de litres de carburant, soit 250 millions de tonnes de CO₂ émises dans l'environnement !
- Pourtant, le manque d'espace est l'excuse la plus couramment invoquée pour ne pas construire de nouvelles infrastructures. Mais, en moyenne, les infrastructures routières recouvrent moins de 0,5% de la plupart des territoires nationaux !

Y A-T-IL DES REMÈDES CONTRE LA CONGESTION DU TRAFIC ROUTIER ?

Un premier remède pour décongestionner le trafic est d'augmenter la capacité du réseau routier. Une solution, certes coûteuse, mais qui présente l'énorme avantage de fluidifier de façon durable le trafic, engendrant ainsi des économies en matière de consommation de carburant et une forte réduction des impacts sur l'environnement. Cette solution n'est malheureusement pas d'actualité au niveau des Pouvoirs publics qui privilégient plutôt le développement des modes de transport alternatifs à la route.

À défaut d'augmenter la capacité d'accueil des routes, une autre solution serait de mettre au point des outils pour la régulation et la gestion du trafic routier.

En effet, le trafic routier est un phénomène complexe d'une part en raison du nombre élevé d'acteurs qui y participent, d'autre part à cause du caractère très maillé du réseau sur lequel il se déroule. Depuis une cinquantaine d'années, cependant, des théoriciens du trafic cherchent à comprendre le phénomène de congestion du trafic, à quantifier les mécanismes à l'œuvre et à mettre au point des outils basés sur la modélisation. Il s'agit de modéliser l'évolution de la densité de voitures dans le temps et l'espace. Et pour établir ces modèles, certains chercheurs utilisent les équations aux dérivées partielles, des équations qui permettent de décrire des phénomènes physiques comme la dynamique des gaz ou l'écoulement de fluides.

Malgré tous les efforts consentis en matière de recherche et de développement qui se sont traduits par la mise au point d'innombrables outils pour la régulation et la gestion du trafic routier, force est de constater que le problème de la congestion du trafic n'est pas pour autant résolu.

Que nous reste-t-il alors comme possibilités pour gérer au mieux le problème de la congestion du trafic routier ?

Pour ma part, je pense que la solution n'est pas uniquement d'ordre technologique, mais aussi et surtout d'ordre humain. Il est enfin temps de se préoccuper de l'éducation, de la sensibilisation et de la formation des conducteurs pour qu'ils

deviennent les vrais acteurs d'une meilleure fluidification du trafic routier.

Pour cela, il est nécessaire d'analyser rationnellement le phénomène de congestion du trafic routier, d'identifier les causes conduisant aux différents changements dans les conditions de circulation et d'élaborer des recommandations qui, appliquées au niveau de chaque conducteur, conduiront sûrement à améliorer les conditions de circulation.

Les recommandations sont simples et relèvent du bon sens. Elles sont le résultat d'une analyse fine et d'un modèle mathématique simplifié et idéalisé.

LES MATHÉMATIQUES À NOTRE RESCOURSE

La mission d'une route est de faire passer un maximum de voitures en un minimum de temps et ceci sur chaque tronçon du parcours. Cela revient à dire que la route doit assurer un débit maximal. Quelles sont alors les conditions qui autorisent ce débit maximal ?

≡ Analyse du problème de congestion

Considérons une piste d'essais ayant une seule voie de circulation et comprenant un tronçon rectiligne suffisamment long. Traçons, sur un des bords de la partie rectiligne, une ligne transversale à la piste qui matérialise la ligne de départ. Disposons sur ce tronçon rectiligne un nombre N de voitures identiques de longueur L et dont les conducteurs sont supposés être des robots parfaitement synchronisés. Ces voitures sont supposées être identiques sur tous les plans et disposer d'un système de freinage à effet immédiat et instantané qui arrête le véhicule net quelle que soit sa vitesse. La première voiture est positionnée de telle manière que son pare-choc avant soit à l'aplomb de la ligne de départ. Positionnons ensuite les $N-1$ voitures restantes, les unes derrière les autres, pare-choc contre pare-choc (voir figure 1).

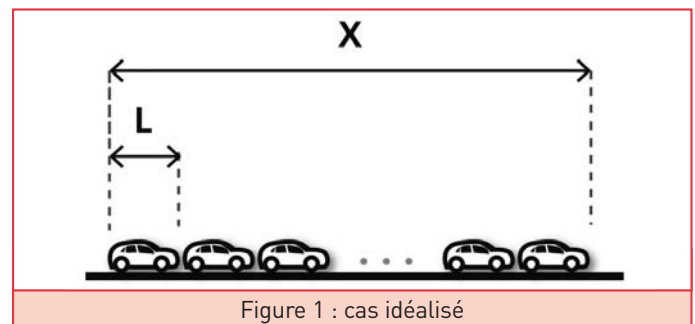


Figure 1 : cas idéalisé

Dans ce cas idéalisé, un calcul simple nous permet de déterminer le nombre de voitures N qui couvrent une longueur donnée X de la piste : $N = X/L$

Donnons maintenant le départ et demandons aux conducteurs (robots) de monter en vitesse progressivement pour atteindre, après un tour complet (retour à la position origine) la vitesse V

et la maintenir constante. Toutes les voitures se mettent en même temps, en mouvement puisque les conducteurs sont parfaitement synchronisés. Compte tenu de la synchronisation parfaite des conducteurs et de l'effet instantané des freins, ces véhicules peuvent rouler à vitesse constante V sur la piste tout en maintenant la position serrée "pare-choc contre pare-choc". Le nombre de véhicules, dans ce cas de figure, qui traverse la ligne de départ pendant le temps T , peut être calculé par la formule :

$$N = X/L \text{ et } V = X/T$$

$$\text{Donc } \boxed{N = VT/L} \quad (1)$$

Déterminons alors l'expression du débit de la piste sur la partie rectiligne.

La physique nous apprend que le débit Q est la quantité de matière M qui franchit à vitesse constante V une section fictive pendant une unité de temps T . Adapté à notre exemple, le débit Q d'un tronçon de piste est alors le nombre de véhicules N qui franchit à vitesse constante V la ligne de départ par unité de temps T . L'expression mathématique du débit de la piste devient :

$$\boxed{Q \text{ (véhicules par heure)} = N \text{ (véhicules)} / T \text{ (heure)}} \quad (2)$$

Les relations (1) et (2) permettent alors de déterminer l'expression du débit d'un tronçon rectiligne d'une route dans le cadre idéalisé défini ci-dessus.

$$\boxed{Q = V/L} \quad (3)$$

où Q : véhicules par heure, V : vitesse en m/s et L : longueur de la voiture en mètres

Dans ce cas idéalisé, on s'aperçoit que le débit d'une route est proportionnel à la vitesse des véhicules (la longueur L des véhicules étant constante). Plus la vitesse est élevée, plus le débit est fort (voir figure 2).

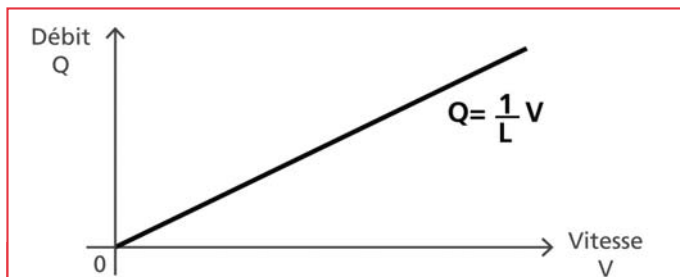


Figure 2 : évolution du débit en fonction de la vitesse dans un monde idéalisé

Dans un monde idéalisé, tel que défini ci-dessus, le trafic routier ne connaîtra jamais d'embouteillage. Pour augmenter le débit d'une route, il suffit de demander aux véhicules de rouler plus vite pare-chocs contre pare-chocs. En effet, le débit varie en fonction de la vitesse selon une droite passant par l'origine et dont la pente est égale à $1/L$. Ceci suppose des conducteurs ayant un comportement identique (temps de réaction identique et synchronisation parfaite) et des véhicules en tout point identiques,

disposant d'un freinage instantané. Si la piste comprend d'autres voies de circulation, la méthode s'applique et le raisonnement est similaire, à condition que les conducteurs ne changent pas de voie.

Bien évidemment, ceci n'est pas vrai dans notre monde réel, mais beaucoup de gens le croient !

Mais, le monde n'est pas si parfait !

Dans le monde réel, les conducteurs sont si différents, de par leur état, leur comportement et leur attitude, que l'on est tenté de considérer que chaque conducteur est unique. Aussi, le même constat s'applique aux véhicules qui diffèrent par leurs âges, leurs dimensions, leurs poids, leurs états mécaniques et en particulier leurs systèmes de freinage. Dans ce monde réel, le phénomène de congestion du trafic routier acquiert donc le statut d'un système complexe, compte tenu du nombre élevé de paramètres qu'il faut prendre en compte. Mais, la démarche demeure la même, et en particulier pour la détermination de l'expression du débit d'une route.

Allons donc, pas à pas, vers le monde réel !

Cas d'un monde semi-idéalisé

Tout en maintenant l'hypothèse de véhicules idéalisés (même âge, même dimension, même poids, même système de freinage, etc.), considérons que les conducteurs sont réellement des humains avec tout ce que cette notion englobe comme différences.

Reprenons notre expérience sur la piste d'essais. Compte tenu des différences qui existent entre les différents conducteurs (temps de réaction en particulier), il a été demandé, cette fois, à chaque conducteur d'observer une distance de sécurité par rapport au véhicule qui le précède et qui correspond à la distance " d_r " qu'aurait parcouru le véhicule durant le temps de réaction moyen t_r des conducteurs (voir figure 3).

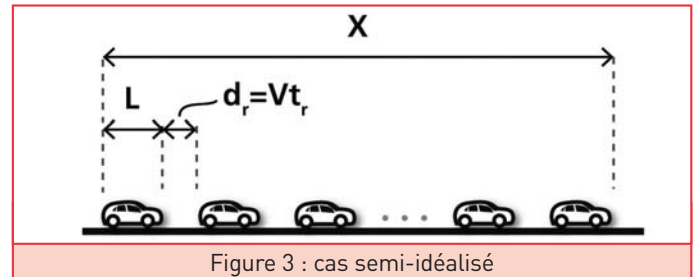


Figure 3 : cas semi-idéalisé

Dans ce cas semi-idéalisé, un calcul simple nous permet de déterminer le nombre de voitures N qui couvrent une longueur donnée X de la piste :

$$N = X / (L + d_r) \text{ avec : } d_r = V t_r$$

$$\text{D'où : } \boxed{N = X / (L + V t_r)} \quad (4)$$

Donnons maintenant le départ et demandons aux conducteurs de monter en vitesse progressivement pour atteindre, après un tour complet (retour à la position origine) la vitesse V et la maintenir constante. Toutes les voitures se mettent en

mouvement avec décalages puisque les conducteurs ne sont plus synchronisés. Compte tenu de l'effet instantané des freins, ces véhicules peuvent rouler à vitesse constante V sur la piste mais en maintenant une distance de sécurité " d_r ". Le nombre de véhicules, dans ce cas de figure, qui traverse la ligne de départ pendant le temps T , peut être calculé par la formule :

$$N = X / (L + d_r) \text{ avec } d_r = V t_r \text{ et } V = X/T$$

$$\text{D'où : } N = VT / (L + V t_r) \quad (5)$$

Les relations (5) et (2) permettent alors de déterminer l'expression du débit d'un tronçon rectiligne d'une route dans le cadre semi-idéalisé défini ci-dessus.

$$Q = VT / (L + V t_r) / T \text{ ou } Q = V / (L + V t_r) T$$

$$Q = V / (L + V t_r) \quad (6)$$

Dans ce cas semi-idéalisé, on s'aperçoit que le débit d'une route, en situation de saturation de trafic, varie en fonction de la vitesse V , selon une fonction hyperbolique. Pour une longueur de véhicule et un temps de réaction donnés, lorsque la vitesse augmente, le débit tend à converger vers une valeur constante et égale à $1/t_r$. Aux conditions limites, plus le temps de réaction t_r est élevé, plus le débit est faible. Inversement, plus le temps de réaction t_r est faible, plus le débit est fort (voir figure 4).

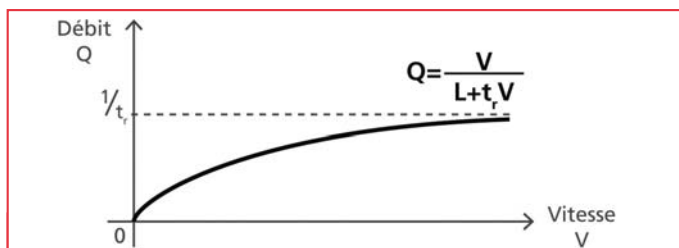


Figure 4 : évolution du débit en fonction de la vitesse dans un monde semi-idéalisé

Dans un monde semi-idéalisé, le débit d'une route en situation de saturation de trafic est une fonction hyperbolique de la vitesse. Le débit augmente avec la vitesse pour atteindre une valeur limite égale à $1/t_r$. A sa valeur limite, le débit dépendra spécifiquement du temps de réaction moyen des conducteurs.

Si la piste comprend d'autres voies de circulation, la méthode s'applique et le raisonnement est similaire, à condition que les conducteurs ne changent pas de voie. Encore une fois, les mathématiques nous montrent que pour contribuer à la décongestion des routes, rien ne sert de courir. En effet, au-delà d'une certaine vitesse, le débit n'augmente presque plus.

Cas d'un monde semi-réaliste

Reprenons notre expérience sur la piste d'essais.

En plus des différences qui existent entre les différents conducteurs (temps de réaction en particulier), nous supposons que les voitures ne disposent pas d'un système de freinage à

effet immédiat ou instantané. Pour s'immobiliser sous l'effet du freinage, la voiture aura besoin d'une certaine distance pour dissiper l'énergie cinétique qu'elle a emmagasinée. En d'autres termes, les freins ont besoin d'une distance moyenne d_c proportionnelle à l'énergie cinétique ($d_c = kmV^2/2$) pour arrêter les véhicules. Il a été demandé, Cette fois, à chaque conducteur d'observer une distance de sécurité par rapport au véhicule qui le précède et qui correspond à la distance " $d = d_r + d_c$ " qu'aurait parcouru le véhicule durant le temps moyen " $t = t_r + t_c$ " (voir figure 5).

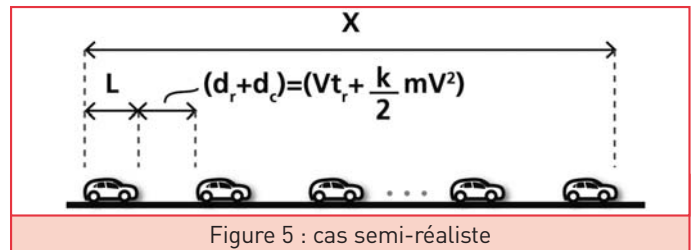


Figure 5 : cas semi-réaliste

Dans ce cas semi-réaliste, un calcul simple nous permet de déterminer le nombre de voitures N qui couvrent une longueur donnée X de la piste :

$$N = X / (L + d) = X / (L + d_r + d_c)$$

$$\text{Avec : } d_r = V t_r \text{ et } d_c = kmV^2/2$$

$$\text{D'où : } N = X / (L + V t_r + kmV^2/2) \quad (7)$$

Donnons maintenant le départ et demandons aux conducteurs de monter en vitesse progressivement pour atteindre, après un tour complet (retour à la position origine) la vitesse V et la maintenir constante. Toutes les voitures se mettent en mouvement avec décalages puisque les conducteurs ne sont plus synchronisés. Compte tenu de l'effet différé des freins, ces véhicules peuvent rouler à vitesse constante V sur la piste, mais en maintenant une distance de sécurité " d ". Le nombre de véhicules, dans ce cas de figure, qui traverse la ligne de départ pendant le temps T , peut être calculé par la formule :

$$N = X / (L + d)$$

$$\text{avec } d = d_r + d_c = V t_r + kmV^2/2 \text{ et } V = X/T$$

$$\text{D'où : } N = VT / (L + V t_r + kmV^2/2) \quad (8)$$

Les relations (8) et (2) permettent alors de déterminer l'expression du débit d'un tronçon rectiligne d'une route dans le cadre semi-réaliste défini ci-dessus.

$$Q = VT / (L + V t_r + kmV^2/2) / T$$

$$\text{ou } Q = V / (L + V t_r + kmV^2/2) T$$

$$Q = V / (L + V t_r + kmV^2/2) \quad (9)$$

Dans ce cas semi-réaliste, on s'aperçoit que le débit d'une route, en situation de saturation de trafic, varie en fonction de la vitesse V , selon une fonction hyperbolique. Pour une longueur de véhicule et un temps de réaction donnés, lorsque la vitesse augmente, le débit augmente jusqu'à atteindre un maximum puis il diminue pour tendre vers une valeur nulle lorsque la vitesse tend vers l'infini (voir figure 6).

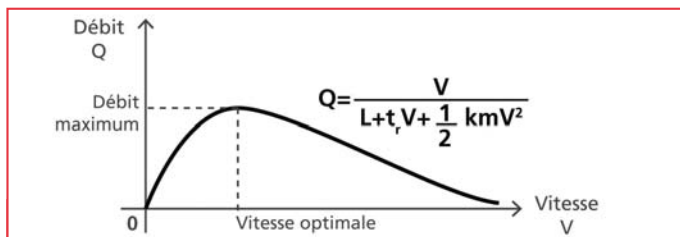


Figure 6 : évolution du débit en fonction de la vitesse dans un monde semi-réaliste

Pour une longueur de véhicule et un temps de réaction donnés, le meilleur débit est obtenu lorsque la condition suivante est atteinte :

$$dQ/dV = 0$$

ou $V_{opt} = \sqrt{\frac{2L}{km}}$ (10)

$$Q_{max} = a / (b + at_r) \text{ avec } a = \sqrt{\frac{2L}{km}} \text{ et } b = 2L$$

Dans ce monde semi-réaliste, pour une longueur de véhicule et un temps de réaction donnés, le débit d'une route en situation de saturation de trafic est une fonction hyperbolique de la vitesse. Lorsque la vitesse augmente, le débit augmente jusqu'à atteindre un maximum puis il diminue pour tendre vers une valeur nulle. La vitesse optimale est donnée par la formule (10). A la vitesse optimale, le débit maximal est inversement proportionnel au temps de réaction des conducteurs. Si la piste comprend d'autres voies de circulation, la méthode s'applique et le

raisonnement est similaire, à condition que les conducteurs ne changent pas de voie.

Les mathématiques nous montrent que pour contribuer à la décongestion des routes, les conducteurs, impliqués dans la congestion, doivent appliquer les règles d'or suivantes :

- Adopter la vitesse du flux et essayer de la maintenir constante,
- Avoir un comportement à caractère collectif et non individualiste.
- Sur toutes les voies de circulation, on adopte la même vitesse,
- Ne pas tenter donc de changer de voie pour ne pas perturber le flux adjacent.

CHASSE AUX IDÉES REÇUES

En résumé, les calculs mathématiques que nous venons d'effectuer montrent que, pour contribuer à la décongestion des routes, il faut chasser les idées reçues suivantes :

A - "En état de saturation, pour augmenter le débit du trafic routier et éviter la congestion, il faut rouler plus vite". **Faux.** Ceci n'est vrai que dans un système idéalisé parfait. Dans notre monde réel, il faut, en revanche, adopter la vitesse du flux et essayer de la maintenir constante.

B - "En état de saturation, pour fluidifier le trafic, il faut toujours se rabattre sur la voie de droite après avoir dépassé un véhicule". **Faux.** Pour améliorer les conditions de circulation, il faut que tous les véhicules roulent à la même vitesse et, surtout, éviter de changer de voie.

CONCLUSION

Si l'on continue notre raisonnement et on tente de modéliser la congestion du trafic dans un monde réel, on se heurte rapidement à la complexité de la tâche et à la nécessité de faire appel à de puissants ordinateurs.

Le modèle simplifié et idéalisé présenté dans l'exemple ci-dessus, a le mérite d'être simple et pédagogique. Il nous a permis de :

- Chasser quelques idées reçues,
- Souligner le rôle que peut jouer le conducteur dans le phénomène de congestion du trafic routier.

Mais, il ne faut pas se faire trop d'illusions car les recommandations ci-dessus ne peuvent, à elles seules, résoudre le problème de la congestion du trafic routier.

Que nous reste-t-il alors comme solution ?

Une seule à notre avis : celle de construire de nouvelles infrastructures routières.

Il est évident que la construction de nouvelles routes entraînera des impacts sur l'environnement. Ces impacts, que nous saurons mesurer, seront générés uniquement durant la phase d'exécution. Mais, il ne faut pas oublier que ces nouvelles infrastructures, en fluidifiant le trafic, vont réduire à néant la part des impacts sur l'environnement, imputée à la congestion du trafic, et ceci durant toute la période de service des infrastructures.

Il faut donc procéder à l'évaluation des impacts, en plus et en moins, et établir un vrai bilan environnemental, sans oublier d'y intégrer l'apport d'un revêtement tel que le béton, en matière de réduction de la consommation des véhicules et aussi la contribution du béton à la diminution de l'effet de serre grâce à l'effet "Albédo".

Ce sera le sujet d'un prochain dossier.

Joseph ABDO - Cimbéton

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense 92974 Paris-la-Défense cedex - Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cim beton.net - Site Internet : www.infociments.fr



Illzach : sur le parvis, le béton désactivé forme un tapis quasi-continu du collège Jules Verne à la chaussée.

© Holcim / Luc Bertau

Illzach : du béton désactivé pour valoriser un parvis en entrée de ville

Employé pour créer, à la fois, une entrée de ville remarquable et aménager de façon sécurisée le vaste parvis du nouveau collège Jules Verne, le béton désactivé bénéficie à Illzach d'un traitement d'imperméabilisation qui facilite son entretien.

Devenu vétuste, l'ancien collège Jules Verne d'Illzach a été reconstruit à l'entrée de la ville. Le Conseil général du Haut-Rhin a investi 17,25 millions d'euros pour concevoir un bâtiment à la pointe de la modernité, en termes aussi bien d'optimisation énergétique que de protection de l'environnement, avec chauffage par géothermie, isolation par l'extérieur, production d'électricité par panneaux photovoltaïques, toitures

végétalisées, récupération des eaux pluviales... Les 29 salles de classes bénéficient, en outre, des techniques les plus actuelles : informatique, tableaux interactifs,...

Un parvis ayant aussi la fonction d'entrée de ville

Pour accompagner cette réalisation, la Ville d'Illzach a, de son côté, investi 2,7 millions d'euros pour aménager la totalité des abords de ce nouveau collège. "Il ne s'agit pas seulement de concevoir un parvis en harmonie avec cet établissement scolaire, mais aussi de doter, par la même occasion, notre commune d'une entrée de ville remarquable" explique Dominique Lo Preti, technicien du bureau d'études de la ville d'Illzach.

En venant de Sausheim, force est de constater que cette entrée de ville est plutôt passante. "La difficulté était de pouvoir concilier la dépose-minute des



S'intégrant discrètement dans le paysage, les bordures en granit délimitent en creux les aires de stationnement.

© Holcim / Luc Bertau

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Ville d'Illzach

Maîtrise d'œuvre : Atelier Villes & Paysages - EGIS

Entreprise : Techno-Vert

Fournisseur du béton :
Holcim Bétons - Région Est
(centrale BPE de Guebwiller)

Fournisseur du ciment :
Holcim Ciments



Il a été possible de concilier la dépose-minute des élèves par leurs parents et le maintien de la fluidité de la circulation de transit.



Les grilles métalliques au pied des arbres comportent des citations de personnages et d'œuvres célèbres de Jules Verne.

élèves par leurs parents avec le maintien de la fluidité de la circulation de transit. Différents scénarios ont été étudiés. Au final, nous avons décidé de dissocier ces deux flux : la circulation de transit et les voies de bus empruntent la chaussée principale, tandis qu'un système de contre-allée assure la desserte du collège en toute sécurité. Cycles et piétons se partagent, quant à eux, les trottoirs côté rue des Vosges et sur la totalité du parvis" précise Emmanuel Moro, responsable de l'Atelier Villes & Paysages et concepteur du projet.

À cela s'ajoute la construction d'un second giratoire, qui vient compléter celui qui existe déjà, afin de fluidifier parfaitement la circulation en amont et en aval de cette entrée de ville.

Un béton avec granulats calcaires concassés 4/8

"L'objectif était de donner l'impression visuelle d'un tapis quasi uniforme partant du collège pour rejoindre les chaussées. C'est pourquoi, les bordures sont volontairement assez peu visibles, mais elles sont suffisantes pour signaler les dépressions que constituent les zones de stationnement et les contre-allées. Pour toute la réalisation, un seul type de béton a été choisi. Il associe des granulats ocre-jaune à un ciment gris, sans ajout de colorants pour conserver son aspect minéral naturel" précise

Emmanuel Moro.

Ce que confirme Jean-Michel Rasser, animateur "Produits spéciaux" de Holcim Bétons - Région Est : "Il s'agit d'un béton Artificio avec des granulats calcaires concassés 4-8 mm venant de Mathay, dans le Doubs. Ces granulats sont plus contrastés que les silico-calcaires roulés, habituellement employés dans la région. Les granulats calcaires concassés présentent, en effet, un double avantage : ils sont antidérapants, ce qui est appréciable pour la circulation routière, et ils sont visuellement sécurisants car piétons et cyclistes sentent qu'ils ne vont pas glisser en parcourant le sol, même sous la pluie. À partir de cette formulation, nous avons proposé trois planches d'essais et c'est la finition désactivée qui a été retenue par l'Atelier Villes & Paysages et la ville d'Illzach".

Signalons également que ce béton est de classe de consistance S3, c'est-à-dire qu'il possède un affaissement au cône d'Abrams de 100 à 150 mm, selon la norme NF EN 206-1.

Des joints à la fois fonctionnels et esthétiques

Sur le parvis, les grilles métalliques disposées au pied des arbres comportent des citations de personnages et d'œuvres célèbres de Jules Verne.

"Nous savions, par expérience, que ces grilles seraient le point de départ de fissurations. Nous avons donc proposé de les utiliser pour positionner les joints principaux, afin de contrôler parfaitement cette fissuration. Les autres joints sont ensuite placés de la façon la plus esthétique possible. L'idée est de disposer les joints de fractionnement au mieux, afin de conjuguer fonctionnalité et esthétisme" précise Vincent Wegiersky, directeur général de l'entreprise Techno-Vert. Tirés au cordeau, les joints dessinent des parcelles de 12,5 m² en moyenne, allant de 8 m² pour la plus petite à 18 m² pour la plus grande.

Réaliser en premier les points hauts

Le chantier, étant décalé par rapport à l'axe de circulation, a pu se dérouler en toute sécurité. L'entreprise Techno-Vert est intervenue sur un support en grave naturelle non traitée, compactée au rouleau compresseur.

Avant le coulage du béton, elle a mis en place un treillis soudé sur toutes les surfaces, y compris le parvis car cette zone devra supporter le passage de machines auto-laveuses de chaussées. Elle est aussi susceptible de servir d'accès pompiers. "Ce renforcement est vraiment très utile : ainsi, peu avant la fin du chantier, une nacelle de 30 tonnes a circulé sans dommage sur le parvis pour terminer la pose du bardage du collège" confie Vincent Wegiersky.

La présence d'une tranchée filtrante a imposé de réaliser le chantier en deux

phases. "On a débuté par les points hauts en prévoyant, pendant la phase de neutralisation du système de filtration, des zones de rétention des laitances en partie basse, laitances évacuées ensuite par pompage. Les points bas, c'est-à-dire les chaussées, ont été réalisés en dernier, avec des précautions similaires. Cette intervention a été menée demi-chaussée par demi-chaussée pour ne pas trop pénaliser la circulation de transit" précise Vincent Wegiersky.

L'approvisionnement du chantier a eu lieu par camions-toupiés depuis la centrale de béton prêt à l'emploi de Guebwiller, située à moins d'une demi-heure de route. Le béton a été mis en œuvre en une seule passe, sur 15 cm d'épaisseur sur les zones piétonnes et sur 19 cm pour les zones circulées.

■ Appliquer un désactivant puis un minéralisant

Sur cette opération, une grande attention a été portée à la météo. Ainsi, le planning de coulage du béton était ajusté deux-trois jours à l'avance, en fonction des prévisions météorologiques.

Il fallait, à la fois, ne pas couler les jours de pluie, afin d'éviter le délavage du désactivant, ni les jours trop ensoleillés ou trop chauds, pour se prémunir d'une dessiccation trop rapide et de l'apparition de microfissures.



Par un simple jeu de pentes, les passages piétons se retrouvent au même niveau que les trottoirs.

"Nous avons tenu à ce que ce soient toujours les mêmes personnes qui appliquent le désactivant sur le béton fraîchement coulé. Une première pulvérisation leur permet de "sentir le vent" puis, en fonction du résultat, ils changent le diamètre de la buse du pulvérisateur afin d'adapter le débit et aboutir ainsi à une répartition régulière du désactivant. Ce savoir-faire est le fruit de notre expérience de 17 ans dans le béton désactivé, avec la réalisation de 25 à 50 000 m² de béton désactivé par an" souligne Vincent Wegiersky.

Puis, le béton est nettoyé à l'eau le lendemain de la désactivation. S'ensuit le sciage des joints sur le tiers de l'épaisseur de la dalle. Ces joints sont volontairement laissés ouverts pour bien marquer leur emplacement.

Trois semaines plus tard, toute la



Le positionnement des joints, près des grilles d'évacuation d'eau, permet de bien canaliser la fissuration naturelle du béton.

surface en béton désactivé est à nouveau soigneusement rincée. Le lendemain, un minéralisant est appliqué au pulvérisateur thermique. Une demi-heure après, la surface est à nouveau rincée.

Ce minéralisant est un bouche-pores qui pénètre dans le béton sur 18 mm de profondeur pour le rendre imperméable, sans modifier son aspect. L'entretien avec les laveuses de chaussée courantes est ainsi grandement facilité puisque les taches ne se fixent pas. La mise en service intervient 24 heures plus tard.

■ Un partenariat entre entreprise et centrale à béton

La collaboration avec Holcim Bétons - Région Est s'est, pour Vincent Wegiersky, parfaitement déroulée : "Il s'agit d'un vrai partenariat car la centrale de béton prêt à l'emploi a su s'organiser pour nous fournir, certaines journées, jusqu'à 16 toupiés/jour, à raison d'une toupie toutes les 45 minutes".

Pour Dominique Lo Preti : "En partant d'une formulation de béton assez simple, le résultat est exemplaire. Pour exprimer toutes ses qualités, le béton réclame en effet un vrai savoir-faire, fondé sur l'expérience".

Et Emmanuel Moro de conclure : "Ce parvis est un bel exemple en matière d'esthétique, car il sert à montrer que le béton peut donner d'excellents résultats lorsque sa mise en œuvre est bien maîtrisée et parfaitement soignée. C'est pourquoi cette opération va devenir la référence en matière de désactivation". ■



Les granulats calcaires concassés sont antidérapants, ce qui est appréciable pour la circulation routière, et visuellement sécurisants pour les piétons et cyclistes.



Lyon Confluence : pour séparer les deux parties du quai de l'ancien Port Rambaud, une banquette composée de blocs en béton préfabriqué a été réalisée, le long de la Saône, sur environ 700 mètres.

Lyon Confluence : des blocs en béton préfabriqué pour aménager la promenade du quai du Port Rambaud

À proximité de la confluence du Rhône et de la Saône, l'ancien Port Rambaud fait partie de la très vaste opération de requalification urbaine Lyon Confluence. Pour aménager son quai le long de la Saône, plus d'un millier de blocs banquettes et de grands caniveaux ont été installés en béton préfabriqué. Une originale et spectaculaire réalisation en résonance avec le passé du site.

Depuis plusieurs années, la SPLA Lyon Confluence aménage le territoire industriel et portuaire de 150 hectares situé au sud de la presqu'île lyonnaise à la confluence du Rhône et de la Saône. Un très

important projet urbain qui porte sur 25 ans et a pour objet de doubler le centre-ville au-delà de la gare Perrache : une transformation radicale de l'agglomération.

Dans ce cadre, le Port Rambaud occupe une position stratégique : ses 3,8 ha s'étalent le long de la Saône et font face à un paysage d'exception en rive droite (la colline de Sainte-Foy et la Mulatière). Construit dans les années 1920, ce port servait à stocker charbon, potasses, chaux et ciments mais aussi sucre, denrées coloniales, vins ou céréales. Dans les années 1970, son activité n'a cessé de reculer pour s'interrompre définitivement en 1995. L'intérêt du site et de certains de ses entrepôts est donc très vite apparu : l'aménagement d'une promenade piétonne de 2,5 km le long de la Saône

en 2001 permet d'aller jusqu'à la pointe du confluent. Puis la réhabilitation de l'ancien dock La Sucrière, pour en faire dès 2003 le lieu-phare de la Biennale d'art contemporain de Lyon, a constitué une étape vraiment importante dans la transformation du Port Rambaud en espace ouvert au public.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : SPLA (Société publique locale d'aménagement) Lyon Confluence

Maître d'œuvre : Latz + Partner ; Egis Aménagement ; Solpaysage

Entreprise : Entreprise De Filippis (Eurovia, groupe Vinci)

Produits préfabriqués en béton : Sitinao (marque commerciale) Bonna Sabla (groupe Consolis)

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments



Les anciens rails du port et la banquette en béton, en étant parallèles, accentuent encore la linéarité du quai.



Les promeneurs se sont très vite appropriés les blocs banquettes en béton.

Conserver des témoignages du passé industriel

Pour concevoir l'aménagement du quai de ce port situé entre la Saône et les anciens entrepôts conservés, SPLA Lyon Confluence a lancé une consultation gagnée par un groupement dont le mandataire est l'équipe allemande Latz + Partner, spécialisée dans la mise en valeur du patrimoine industriel, associée à Egis Aménagement.

"Pour la réhabilitation de ce quai, nous souhaitons garder sa forte atmosphère industrielle et portuaire", explique Maxime Valentin, chef de projet à SPLA Lyon Confluence. "C'est pourquoi, outre les anciens docks revisités, nous avons voulu maintenir des éléments très structurants comme des grues de débarquement, des poteaux et poutres en béton transformés en pergolas géantes". Grande ligne droite de près de 1 km de long, le quai est sur deux niveaux. La partie haute est une promenade qui longe la Saône. Traitée en béton stabilisé, elle offre un très joli panorama sur la rive opposée. L'autre niveau, plus bas d'environ 25 cm, longe les entrepôts et est donc beaucoup plus minéral et composite puisqu'il servait à l'activité industrielle et portuaire.

"Pour le traitement du sol, nous avons proposé, chaque fois que c'était possible, de conserver ces divers témoignages du passé : pavés, dalles, rails...", explique Christine Rupp-Stoppel, architecte-paysagiste chez Latz + Partner. "L'idée de ce patchwork a séduit la maîtrise d'ouvrage. Ce recyclage de matériaux sur place a été complété par celui de grands blocs de pierres calcaires de taille provenant de démolitions sur la confluence et qui ont été sciés en dalles".

Une banquette marquant les deux parties du quai

Afin de rendre visibles les deux parties du quai et accentuer la linéarité du port, le maître d'œuvre a proposé de réaliser une grande banquette composée de gros blocs en béton préfabriqué sur environ 700 mètres. De différentes hauteurs, ils servent de bancs, de marches pour permettre le passage ou de rampes pour permettre les personnes à mobilité réduite. Ils reprennent la couleur presque noire du béton déjà utilisé sur d'autres sites de la confluence, notamment la place Nautique inaugurée en juin 2010.

"Pour la récupération des eaux de pluie, nous avons souhaité réaliser de grands caniveaux ouverts et visibles", ajoute Jean-Claude Fillon, ingénieur chez Egis Aménagement. "Également composés d'éléments préfabriqués en béton, ils rappellent, sur une longueur plus restreinte, la linéarité des blocs banquettes".

Sur la base de ce projet, une consultation a été lancée. Remportée par un groupement d'entreprises ayant pour mandataire Eurovia (groupe Vinci), il était composé de différents co-traitants dont Entreprise De Filippis, filiale d'Eurovia, chargée notamment de la pose des blocs béton préfabriqués par Bonna Sabla et commercialisés sous sa marque Sitinao dédiée à l'aménagement urbain.

Chaque bloc de béton devait faire 1,50 m de long et 75 cm de large, sur deux



Pour récupérer les eaux de pluie, il a été installé de grands caniveaux ouverts, également en béton préfabriqué.

rangs placées côte à côte, soit près d'un millier de blocs. De plus, chacun se devait d'être très résistant et avoir sa surface finement sablée pour laisser apparaître légèrement le granulat.

"Pour répondre à cette demande très précise, il a fallu arriver à concilier sur mesure et production en série, compte tenu du nombre important de blocs à fournir", explique Michelle Catherin, responsable marketing chez Bonna Sabla. "Dans notre usine de Bas-en-Basset en Haute-Loire, nous avons réalisé des moules pour tenir compte de chaque forme, du traitement de surface et des angles arrondis. Cela nous a demandé de nombreux essais, d'autant plus que, fabriqués un par un, tous les blocs sont à base de basalte et teintés dans la masse, conformément aux exigences du maître d'œuvre. Une mise au point longue et complexe pour une production en grande quantité".

Une fois les aspects esthétiques et techniques validés par la maîtrise d'œuvre, la production a été lancée.

Une attention particulière portée au calepinage

Pour Entreprise De Filippis, chargée de la pose de ce millier d'éléments, le chantier était complexe. "Nous avons adopté un planning très précis, notamment pour nous adapter à la production de Bonna Sabla, et nous avons également été très exigeant sur la qualité de la mise en œuvre", précise Vincent Buchet, conducteur de travaux chez Eurovia.

"Quand il s'agit d'une grande ligne droite, le moindre petit défaut est beaucoup plus visible que dans une courbe. C'est pourquoi nous avons apporté une attention toute particulière au calepinage et à la préparation en amont, chaque bloc étant posé sur un lit de béton au centimètre près : du véritable cousu main et un chantier référence pour l'entreprise".

Ainsi, l'offre Sitinao a permis au maître d'œuvre de concevoir des éléments sur mesure, tout en s'inscrivant dans une faisabilité industrielle.

Résultat obtenu : un très original aménagement que les promeneurs se sont très vite approprié.



Cascastel-des-Corbières : les chemins viticoles rénovés, réalisés en béton, sont essentiels pour l'économie de la commune.

Corbières : un béton balayé pérenne au service des voiries viticoles

Dans l'Aude, les pluies peuvent être diluviennes et mettre à mal les chemins viticoles en terre lorsque le sol s'effrite au moindre orage. Pour permettre de travailler la vigne avec les engins, 8 kilomètres de voiries viticoles en béton ont été réalisés sur la commune.

Du côté de Cascastel-des-Corbières, petite commune de 200 habitants de l'Aude située dans l'arrondissement de Narbonne, on est loin des terres grasses porteuses de blé qu'on trouve dans les plaines. Ici, les terres sont noires et les pierres s'effritent sous les doigts, comme tout schiste qui se respecte. La terre d'ailleurs garde ses richesses pour les vignes qui mangent les collines et s'étendent à l'écart de l'autoroute A9 qui passe le long de la côte méditerranéenne.

C'est, en effet, sur ces terroirs exceptionnels de schistes et de calcaires que s'élaborent les appellations d'origine contrôlée (A.O.C.) Corbières, Rivesaltes et Fitou.

Qui dit vignes, dit passages de tracteurs et de machines à vendanger. Mais aussi chemins ruraux qui desservent parcelles et habitats isolés dans les montagnes. Pour une petite commune, l'entretien des chemins est un casse-

tête permanent en plus d'être onéreux. Une problématique rendue d'autant plus complexe que la nature schisteuse des sols et la climatologie locale favorisent les ravages de l'érosion.

Des chemins escarpés difficilement praticables

"Dans notre région, c'est compliqué parce que, dès qu'il pleut fort, la pluie ravine très rapidement les sols" détaille André Cournède, maire de Cascastel-des-Corbières.

Si, en règle générale, l'Aude est un département très sec, elle est aussi soumise parfois à des épisodes pluvieux très intenses, comme en octobre 2010 où 250 mm d'eau sont tombés en l'espace d'une journée et demi dans la région !

Propres à faire déborder n'importe quel cours d'eau et à gorgier les sols, de telles quantités d'eau créent dans les schistes de Cascastel de profondes ravines qui

rendent rapidement les chemins escarpés impraticables, même aux engins viticoles les plus adaptés.

"Après chaque épisode pluvieux, l'eau dévale très vite les parcelles de vignes et se concentre dans les chemins pour rejoindre les ruisseaux en fond de vallée. Voilà pourquoi nous avons cherché une solution plus pérenne pour ce réseau et que nous mettons en œuvre du béton sur les parties les plus exposées" poursuit le maire.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Mairie de Cascastel-des-Corbières

Maîtres d'œuvre : DDE (1^{er} tranche) et J2C Ingénierie (2^e tranche)

Mise en place des bétons : Cazals et Décosol

Fournisseur du béton prêt à l'emploi : Lavoye (Port-la-Nouvelle)

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments

Pour Patrick Jourdes, chef de projet maîtrise d'œuvre VRD du Bureau d'études J2C Ingénierie qui vient de réaliser la toute dernière tranche d'aménagements : "Les chemins sont longés, ou même traversés, par des venues d'eau qui sortent des parcelles et viennent créer des ravines en cas de fortes pluies".

■ Du béton pour les chemins les plus exposés

L'idée de la commune n'est pas de bétonner l'ensemble des chemins viticoles qui serpentent entre les vignes, mais bien de protéger des intempéries les tronçons les plus sensibles comme, par exemple, ceux qui se transforment en ruisseaux, collectant l'eau des parcelles voisines lors des fortes précipitations.

Mais aussi ceux dont la pente est très prononcée et sur lesquels l'eau a tendance à courir très vite, donc à raviner de manière importante. Les profils sont d'ailleurs différents selon les endroits et les contraintes des chemins.

Certains, à flanc de colline, ont été réalisés légèrement en dévers de façon à renvoyer l'eau directement dans les vallons et dans les ruisseaux naturels qui coulent en leur creux. D'autres guident l'eau jusqu'au dispositif naturel d'évacuation à l'aide de caniveaux en terre et, pour une partie, en béton.

"Nous avons commencé notre programme en 2001, après les grandes inondations de 1999, parce que nous avons pu obtenir des crédits importants pour reprendre ces voiries défoncées" détaille André Cournède.

Et Patrick Jourdes d'ajouter : "Plusieurs solutions ont été envisagées pour maintenir ces chemins en état, mais aucune n'a vraiment donné autant satisfaction que le matériau béton".

Mandaté depuis deux ans pour assurer la reprise de nouveaux tronçons, après la DDE qui avait assuré la première tranche, le Bureau d'études J2C Ingénierie a évalué les différents process mis en œuvre et leur tenue aux intempéries. Avant de préconiser de nouveau le béton. "Nous nous sommes adaptés aux dimensions



Les schistes des Corbières sont très sensibles à l'érosion. Sans chaussée béton, les chemins sont vite dégradés par les fortes pluies (à gauche). Alors que les voiries en béton résistent parfaitement aux caprices du ciel (à droite).

existantes, c'est-à-dire à la largeur naturelle des chemins à reprendre. Nous avons procédé à un reprofilage et à un compactage des fonds de forme, avant de réaliser des ancrages en rives. Une fois ces premières opérations effectuées et le profil coffré, on a coulé le béton" poursuit Patrick Jourdes.

Auparavant, les zones non portantes ont bénéficié d'un traitement particulier, avec curage et remblai. La question de la portance est primordiale dans ce projet afin d'éviter toute fissuration. Il fallait notamment éviter que l'eau puisse se glisser sous le béton et affouiller en créant des vides qui deviendraient, à la longue, des points de faiblesse. "C'est pourquoi, nous avons épaulé le revêtement en béton avec des matériaux du secteur pour éviter ce phénomène" ajoute Patrick Jourdes.

■ Une formulation du béton parfaitement adaptée

Le béton a été coulé sur 15 centimètres d'épaisseur et a été formulé tout spécialement. Cascastel-des-Corbières étant un village relativement à l'écart des grandes voies de circulation, la centrale de béton prêt à l'emploi la plus proche était située à une quarantaine de kilomètres.

Il a donc fallu adapter la formulation du béton afin que celui-ci arrive au bon moment sur le chantier, malgré le trajet et la chaleur, puisque les chantiers se sont déroulés en été. Le béton, dosé à 350 kg/m³ de ciment, est de classe C30/37 selon la norme

NF EN 206-1. Il a aussi bénéficié de l'ajout d'un entraîneur d'air pour résister aux éventuels gels hivernaux. Le béton a été contrôlé par prélèvements réguliers d'éprouvettes, conservées ensuite dans une chambre isotherme à la mairie du village pour la réalisation des tests de compression à 7, à 14 et à 28 jours. Un ajout de fibres assure la résistance du béton, qui a été mis en œuvre à la règle, puis balayé. Le balayage permet d'offrir une adhérence plus importante aux pneus des engins viticoles et à ceux des véhicules légers.

Les 15 centimètres d'épaisseur du béton garantissent la résistance au passage des engins viticoles les plus lourds, qui ont besoin de venir travailler dans le dédale de chemins que recèle la commune.

La bonne vingtaine de tronçons en béton, aujourd'hui réalisés, se fondent parfaitement dans la nature, créant dans le relief vallonné des traits blancs qui animent le paysage. ■



Une partie des caniveaux, guidant l'eau jusqu'au dispositif naturel d'évacuation, a aussi été réalisée en béton.



Remue-ménages

Voici, pour vous détendre... ou pour vous irriter, une énigme à résoudre. Réponse dans le prochain numéro de *Routes*.

Histoire de marketing

Une société de service multimédia, ayant 100 000 abonnés, perçoit 30 € par mois de chaque abonné. Souhaitant maximiser son revenu, elle décide de modifier le prix de son abonnement.

Comment faut-il modifier le montant de l'abonnement mensuel pour obtenir le maximum de revenu, sachant qu'une étude a démontré que toute variation de 1 € du prix de l'abonnement entraîne une variation inverse de 2 000 du nombre d'abonnés ?

Solution du Remue-ménages de *Routes* N°115 :

Les deux boîtes gigognes

Rappel du problème posé : deux boîtes métalliques, ayant la même forme, sont remplies d'une poudre colorante. Les dimensions de ces deux boîtes sont homothétiques. La première pèse 4 kg et sa hauteur est de 18 cm. La deuxième pèse 2 kg et sa hauteur est de 14 cm. En supposant que l'épaisseur des parois métalliques est négligeable par rapport aux dimensions des boîtes, quel est le poids net de la poudre colorante dans chaque boîte ?

Solution :

désignons par :
"x" le poids de la poudre colorante contenue dans la grande boîte,
"y" le poids de la poudre colorante contenue dans la petite boîte,
"z" le poids de la grande boîte vide,
"t" le poids de la petite boîte vide.

Soient :

H : la hauteur de la grande boîte,
h : la hauteur de la petite boîte.

Puisque les deux boîtes ont la même forme et que leurs dimensions sont homothétiques, on peut calculer la constante d'homothétie α :

$$\alpha = H/h = 18/14 = 1,2857 \quad (1)$$

Puisque la grande boîte remplie de poudre colorante pèse 4 kg, on peut alors écrire la relation :

$$x + z = 4 \quad (2)$$

Puisque la petite boîte remplie de poudre colorante pèse 2 kg, on peut alors écrire la relation :

$$y + t = 2 \quad (3)$$

Puisque les poids des poudres colorantes sont dans le même rapport que les volumes des boîtes, et compte tenu du fait que l'épaisseur des parois métalliques est supposée négligeable par rapport aux dimensions des boîtes, on peut en conclure que le rapport des poids des poudres colorantes est égal au cube de la constante d'homothétie.

$$\text{D'où : } x/y = \alpha^3 = (1,2857)^3 = 2,1253$$

$$x = 2,1253 y \quad (4)$$

De la même façon, puisque les poids des boîtes vides sont dans le même rapport que leurs surfaces totales, on peut en conclure que le rapport des poids des boîtes vides est égal au carré de la constante d'homothétie.

$$\text{D'où : } z/t = \alpha^2 = (1,2857)^2 = 1,6530$$

$$z = 1,6530 t \quad (5)$$

En portant les valeurs de "x" de l'équation (4) et de "z" de l'équation (5) dans l'équation (2), on obtient :

$$2,1253 y + 1,6530 t = 4 \quad (6)$$

Les équations (3) et (6) forment un système de deux équations à deux inconnues dont la résolution donne :

$$y = 1,469 \text{ et } t = 0,531$$

Les équations (4) et (5) permettent respectivement de calculer x et z. On obtient :

$$x = 3,123 \text{ et } z = 0,877$$

Le poids de la poudre colorante contenue dans la grande boîte est donc de 3 123 g.

Le poids de la poudre colorante contenue dans la petite boîte est de 1 469 g.



Agenda

Journées Techniques Cimbéton 2011

La prochaine journée technique sur le thème "Traitement des sols et Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques", organisée par Cimbéton, se déroulera à Agen, le mercredi 16 novembre. Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.

22-24 septembre 2011 (Nantes) Congrès National des Sapeurs-Pompiers

Cimbéton et ses partenaires SNBPE, SNPB, FIB, CERIB et ACOB seront présents à la 118^e édition du salon du Congrès National des Sapeurs-Pompiers qui aura lieu au Parc des Expositions de la Beaujoire à Nantes, du 22 au 24 septembre 2011. Thème : "Entreprises, risques et environnement". Pour en savoir plus : <http://congres2011.pompiers.fr>

26-30 septembre 2011 (Mexico) 24^e Congrès Mondial de la Route

Cette nouvelle édition du Congrès, organisée par l'Association mondiale de la route - AIPCR, aura lieu au Centro Banamex de Mexico City. Quatre grands thèmes stratégiques sont au programme : Durabilité des réseaux de transport routier - Amélioration de la fourniture de services - Sécurité des réseaux routiers - Qualité des infrastructures routières. Pour en savoir plus : www.aipcrmexico2011.org

12-14 octobre 2011 (Strasbourg) Rencontres nationales du transport public

Cimbéton et ses partenaires, SNBPE et SNPB, seront présents à la 23^e édition de ces Rencontres qui auront lieu au Parc des Expositions de Strasbourg. Celles-ci sont organisées par le GIE "Objectif transport public" qui a pour mission de sensibiliser les professionnels du secteur, ainsi que le grand public, aux enjeux de la mobilité durable.

17-19 octobre 2011 (Lyon) Congrès de l'AFTES

Cimbéton et ses partenaires SNBPE, SNPB, FIB, CERIB et SPECBEA seront présents (Stands 324-326) au salon du Congrès de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES), qui aura lieu à la Cité-Centre de Congrès à Lyon, du 17 au 19 octobre 2011. Thème :

"Les espaces souterrains de demain".

Pour en savoir plus : www.aftes.asso.fr

