

## Les bitumes modifiés : une solution pour des chaussées plus durables

Inventés il y a presque quarante ans, les bitumes modifiés peinent encore à se développer sur le marché français, alors qu'ils connaissent un succès considérable dans de nombreux pays, comme l'Allemagne, les Pays-Bas, les États-Unis ou le Japon. La recherche de solutions innovantes pour des chaussées plus durables pourrait leur donner une nouvelle impulsion.

Les bitumes purs, à condition que leur classe ait été judicieusement choisie, répondent le plus souvent de façon satisfaisante aux besoins des applications routières. Cependant, les évolutions du trafic routier en termes de volume et d'agressivité, et des techniques d'application, toutes deux de plus en plus exigeantes à l'égard des liants, a fait apparaître certaines limites à leur emploi et conduit les chercheurs à trouver des solutions pour rendre les bitumes plus performants en leur ajoutant divers composés chimiques. Parmi ceux-ci, les polymères occupent une place prépondérante.

Pour des raisons économiques liées aux crises du pétrole des années 1970, les techniques routières se sont orientées depuis plus de deux décennies vers la construction de chaussées en couches plus minces, dont les structures réduites doivent néanmoins garantir des propriétés mécaniques au moins équivalentes à celles des chaussées traditionnelles. L'apparition des bétons bitumineux spécialisés, enrobés drainants, enrobés phoniques, enrobés

résistants aux hydrocarbures, etc., exige du liant des performances en termes de cohésion, d'adhésivité, de résistance aux agressions chimiques dont l'oxydation et aux sollicitations mécaniques que n'offrent pas en toutes circonstances les bitumes purs.

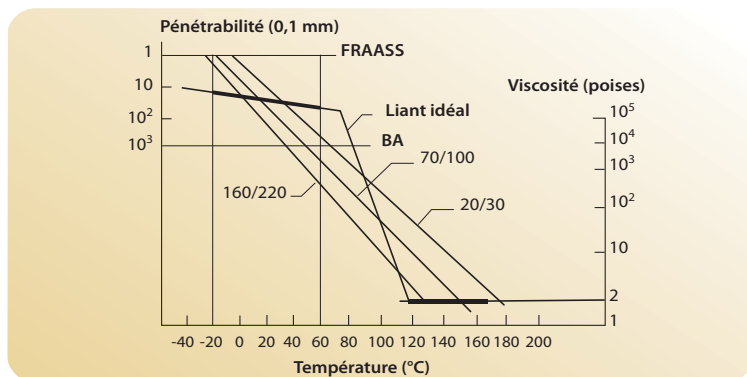
### Davantage de cohésion

L'industrie de l'étanchéité, de son côté, cherchant le moyen de fabriquer des chapes capables de suivre les mouvements de dilatation des nouveaux matériaux isolants, s'intéressait à la même époque aux liants modifiés par des polymères, qui permettaient en outre de réaliser des produits bicouche, voire monocouche, plus économiques que les systèmes multicouches (3 ou 4) utilisés jusqu'alors.

Les recherches menées dans les laboratoires des pétroliers et du LCPC aboutirent à la mise au point des premiers bitumes enrichis en polymères à usage routier : l'ajout de molécules de polymères<sup>1</sup> dans un bitume pur diminue sa susceptibilité thermique et lui confère davantage de cohésion et de meilleures caractéristiques viscoélastiques. Aujourd'hui, à l'ère du développement durable, les responsables de réseaux routiers et autoroutiers, publics et privés, réclament des durées de vie de chaussées toujours plus longues pour réduire les interventions de maintenance, minimiser les perturbations du trafic et optimiser les coûts d'exploitation. Et les regards se tournent plus que jamais vers les nouvelles offres de bitumes modifiés par des polymères, dont les brevets se multiplient dans le monde. Le principal facteur limitant à l'emploi des bitumes purs en construction routière provient des variations de leurs propriétés aux différentes températures de service. Aux basses températures (< 0 °C), le bitume pur de faible pénétrabilité devient cassant. Des microfissures apparaissent dans l'enrobé, qui tendent à se transformer en fractures

1- Un polymère est une substance constituée de macromolécules dont la structure est caractérisée par un grand nombre de répétitions de groupements d'atomes constituant des macromolécules. Ces macromolécules ont tendance à s'associer par des liaisons de faible énergie, dont les caractéristiques varient selon les polymères.

### Que cherche-t-on ? Le liant idéal !



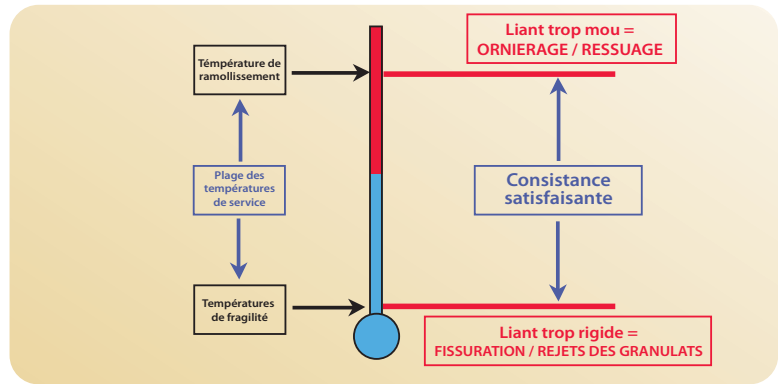
transversales et/ou longitudinales sous l'effet conjugué du trafic et de la température. C'est aux températures moyennes (entre 10 °C et 50 °C), que les qualités viscoélastiques du bitume pur confèrent aux enrobés ses propriétés mécaniques optimales : bonne résistance à l'orniérage et à la fatigue, en particulier. Aux températures élevées de service (> 60 °C), le bitume pur passe à l'état visqueux et perd ses qualités élastiques (retour à l'état antérieur après une contrainte). Le passage répété et canalisé des véhicules lourds tend à déformer de manière irréversible l'enrobé, provoquant le phénomène d'orniérage.

La modification par des polymères permet d'augmenter la capacité d'allongement des bitumes aux basses températures, ce qui confère une meilleure résistance à la fissuration à froid et à la fatigue. En revanche, le polymère renforce la rigidité du liant aux températures élevées de service, ce qui contribue à améliorer la résistance à l'orniérage.

### Moins de susceptibilité thermique

En fonction de la classe du bitume, on peut obtenir des enrobés adaptés à des températures de service élevées ou basses. Ainsi, les bitumes de consistances moyenne et molle (> 50) conviennent aux basses températures, tandis que les bitumes durs (< 50) sont adaptés aux températures élevées. Les liants multigrades, fabriqués suivant des procédés spéciaux, apportent une solution, à l'intérieur de certaines limites, en se comportant à basse température comme des bitumes mous et à haute température, comme des bitumes durs (comme présenté dans le précédent numéro de bitume.info). L'ajout de polymères modifie le comportement du bitume en diminuant sa susceptibilité thermique et en élargissant son intervalle de

## Intervalle de plasticité



plasticité, autrement dit la plage de températures à l'intérieur de laquelle les enrobés conservent leurs performances mécaniques de résistance à l'orniérage et à la fissuration de fatigue et/ou thermique. Le bitume modifié aux polymères (PMB) possède aussi une plus grande cohésivité et une plus forte adhésivité. Ces améliorations entraînent une meilleure tenue des granulats à l'arrachement dans les enduits superficiels ou les enrobés minces et diminuent les risques de désenrobage par l'eau dans les enrobés ouverts.

Les polymères les plus utilisés sont les élastomères (80 %), en particulier les SBS (copolymère à blocs styrène-butadiène-styrène), et les plastomères, par exemple l'EVA (copolymère éthylène - acétate de vinyle). Les élastomères sont caractérisés par un comportement élastique, ce qui signifie que lorsqu'on l'étire, le matériau a tendance à reprendre rapidement sa forme initiale et une souplesse à basse température. Les plastomères, plus rigides, possèdent des propriétés plastiques qui conviennent lorsqu'on

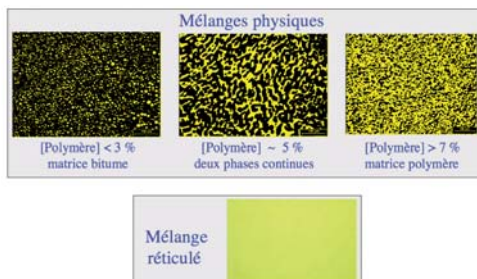
a besoin d'une bonne tenue aux températures élevées de service, dans les pays exposés à des climats chauds. Il existe aussi des bitumes modifiés par l'ajout de latex (émulsion de caoutchouc) et de poudrette de caoutchouc (issue du recyclage des bandes de roulement de pneumatiques). Rien n'interdit de faire des mélanges de molécules. On peut ainsi associer des polymères, par exemple SBS/EVA, obtenant ainsi des combinaisons permettant de couvrir des gammes de températures plus étendues.

### Des utilisations multiples

Les utilisations des PMB dans les enrobés sont multiples, allant des couches de roulement, dont ils renforcent la résistance à la déformation, jusqu'aux couches de liaison, voire de base, dont ils améliorent la résistance aux contraintes mécaniques, en particulier à la fatigue. Dans les enrobés drainants très ouverts, les PMB sont recommandables pour épaissir le film de liant et lui permettre de résister plus longtemps à l'oxydation. Leur forte adhésivité trouve un champ d'application particulièrement indiqué là où les contraintes de cisaillement de surface sont des facteurs cruciaux (ronds points, routes sinueuses, pistes de circuits de course...). Des PMB sont spécifiquement formulés pour résister aux dégradations provoquées par les déversements d'hydrocarbures (enrobés anti-kérosène).

Les procédés de fabrication en usine varient, selon les types de bitume, la nature du polymère et les propriétés recherchées. Le mélange au chaud peut être purement physique sous simple effet d'une agitation mécanique ou s'accompagner d'une réaction chimique >>>

## Micro-structures des bitumes-polymères

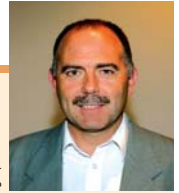


» comme la réticulation, obtenue par l'ajout d'un agent chimique, par exemple un dérivé soufré, au cours de laquelle un réseau tridimensionnel de polymère se forme au sein de la matrice bitume.

Les bitumes aux élastomères réticulés présentent une grande stabilité, rendant possible leur stockage pendant plusieurs semaines (alors que les autres bitumes modifiés ont tendance à se séparer par démixtion). De plus, comme l'ont montré des études conduites par le LCPC et Total, les bitumes polymères réticulés du fait de leur homogénéité à l'échelle du micron résistent mieux à l'oxydation lors de la fabrication des enrobés et pendant toute la durée de vie de la chaussée, et vieillissent par conséquent moins vite.

Les modifications obtenues varient selon les produits bitumineux. En voici les principales :

- D'une manière générale, pour les enrobés à chaud : augmentation du module de rigidité à température élevée de service améliorant la résistance à l'orniérage sous trafic lourd canalisé, augmentation de la cohésion favorable à la résistance à l'arrachement et à la fatigue mécanique et enfin diminution de la fragilité aux basses températures réduisant la fissuration à froid.
- Plus particulièrement pour les enrobés drainants : une meilleure durabilité et une meilleure résistance à l'arrachement, conférée par les propriétés de cohésion et l'épaisseur de film de liant modifié.
- Enfin pour les enduits superficiels : l'augmentation de la cohésion et de l'adhésivité du liant, la diminution de sa fragilité aux basses températures permettant de diminuer les problèmes d'arrachement, de désenrobage, et de ressuage aux températures élevées de service. ■



Jean-Pascal Planche

## 3 questions à

Jean-Pascal Planche, responsable de la coordination R&D de la Direction Marketing de Total Bitume.

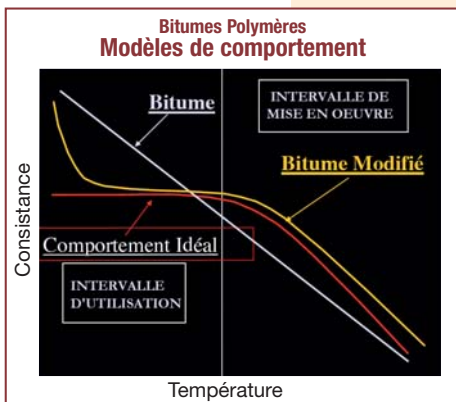


**A en juger par les récentes présentations lors du congrès Eurasphalt & Eurobitume, et par le nombre de brevets déposés au cours des dernières années, les bitumes modifiés connaissent un regain d'intérêt dans le domaine de la R&D. Qu'en est-il sur le terrain ?**

La R&D est en effet très productive dans ce domaine et multiplie les propositions : bitumes aux plastomères, aux élastomères, réticulés ou non, faisant appel en outre à toutes sortes d'additifs, comme par exemple les acides phosphoriques... Aujourd'hui, une large gamme de bitumes polymères est employée dans la construction routière comme dans l'étranchéité, mais leur utilisation connaît dans le domaine routier une faveur contrastée selon les pays. En France, la part des bitumes modifiés représente à peine 10 % du marché du bitume, alors qu'en Allemagne elle atteint 25 %. Dans le sillage de cette dernière, les pays de l'Europe orientale, Pologne, Tchéquie, Hongrie, etc., font aussi largement appel aux bitumes modifiés. Aux États-Unis, au Japon, en Chine même, les bitumes modifiés connaissent bien plus de succès que dans notre pays.

### Pourquoi certains pays plutôt que d'autres ?

On peut observer que les bitumes modifiés sont davantage employés dans des pays à forte densité de population, comme l'Allemagne, mais aussi le Japon ou les Pays-Bas, où le trafic routier s'effectue souvent en zones urbaines. Les enrobés ouverts, drainants ou phoniques, ou apparentés comme les enrobés SMA (Stone Mastic Asphalt) pour lesquels les PMB sont tout indiqués, y sont très utilisés. Il existe un autre facteur discriminant, ce sont les normes. La mise en œuvre de spécifications sur les PMB semble généralement favoriser l'émergence de ces bitumes modifiés. Par ailleurs, les essais traditionnels de TBA ou pénétrabilité évaluant mal les qualités intrinsèques des PMB, leur emploi est rendu plus facile là où sont appliquées des normes fondées sur les performances, comme celles du système SHARP Superpave, en vigueur aux États-Unis et dans d'autres pays.



Peut-on penser, dans la logique des préoccupations de développement durable, que les bitumes modifiés sont appelés à connaître une plus large diffusion dans l'avenir ? Partout, on cherche à allonger la durée de vie des chaussées, plus particulièrement dans les pays à trafic routier très élevé, où les interruptions de la circulation pour maintenance sont de moins en moins acceptables.

Les bitumes modifiés, qui apportent aux chaussées une durée de vie supplémentaire de l'ordre de 30 %, à condition d'être bien formulés et bien appliqués, représentent donc une solution technique avantageuse, malgré un surcoût à la fabrication. Ils devraient donc, en toute logique, connaître chez nous de nouveaux développements, à condition que soient adoptées les nouvelles normes fondées sur les performances.