



Routes et autoroutes

DES AXES DE COMMUNICATION ET D'ÉCHANGE



De tous temps, l'homme a eu besoin de se déplacer, pour chercher un nouveau campement ou établir des liens commerciaux par exemple. Initialement, comme celui-ci se déplaçait à pied, de simples sentiers ou des pistes empruntées par des animaux suffisaient amplement. Mais l'invention de la roue obligea à construire des voies de communication plus élaborées, permettant d'atteindre des vitesses élevées. Les premières routes furent construites par les Chinois durant le IV^e millénaire avant J.-C., tandis que les Perses tracèrent une route de 2 500 km depuis leur capitale, Suse, jusqu'à la ville de Sardes, en Asie Mineure.

LES ROUTES ROMAINES

Les premiers véritables bâtisseurs de routes furent les Romains ; le mot « route » vient d'ailleurs du latin « via rupta », qui signifie « voie frayée ». Étant donnée la taille de l'Empire Romain, il était nécessaire de disposer de voies de communication rapides et sûres. On estime ainsi à 150 000 km la longueur du réseau routier construit par les Romains, depuis la capitale jusqu'aux confins de l'Empire, le « limes ». Une de ces routes est la célèbre **Voie Appienne**, qui reliait



Rome à Capoue. Le principal atout de ces routes était leur solidité : pour les construire, on creusait d'abord un fossé, et on déposait des gravats sur les pierres de fondation. On versait enfin une couche de ciment à base de calcaire, dans laquelle étaient encastés des galets ou des pavés. Les routes construites de la sorte mesuraient de 4 à 8 mètres de large, et disposaient d'aménagements spécifiques, comme des bornes milliaires pour indiquer la distance à parcourir, ou des auberges tous les 30 km. Ce sont les précurseurs des routes modernes.

ÉVOLUTION DES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

Pendant le Moyen Âge et la Renaissance, globalement, on porta moins d'attention à la construction de routes carrossables, de crainte qu'un ennemi les utilise lors d'une invasion.

En 1720, face à la nécessité d'un bon réseau de communication, de nouvelles techniques furent appliquées. En France notamment, des routes sont construites sur des fondations solides, et recouvertes d'un revêtement imperméable, afin que l'eau s'écoule sur les côtés où elle était recueillie par des fossés. Néanmoins, ces routes devaient faire de nombreux écarts pour éviter les obstacles, et elles nécessitaient un entretien régulier, d'autant que l'on comptait 27 000 kilomètres de routes en France en 1775. En



Angleterre, une solution ingénieuse fut proposée par **John MacAdam** : au lieu de creuser profon-

dément, il eut l'idée de déposer un mélange de pierres concassées et de sable qui constituait l'assise de la chaussée. Ce matériau, logiquement appelé « macadam », était tassé par le poids de la circulation, et il se renforçait donc au cours du temps. Seul inconvénient : lorsque les pneus firent leur apparition, contrairement aux roues usuelles, ils arrachèrent les gravillons de la route, détériorant la chaussée. Cela montra la nécessité d'un revêtement protecteur, d'autant plus que les véhicules à roues soulevaient beaucoup de poussière à leur passage, diminuant la visibilité sur la route. Au début du XIX^e siècle, le goudron, obtenu par distillation de la houille ou du bois, commença à être utilisé comme revêtement de sol. Grâce à sa bonne adhérence aux graviers du macadam, il supprimait les projections de boue ou de poussière. Néanmoins, son coût empêcha de goudronner toutes les routes : ainsi, en 1913, la France ne disposait que de 1 000 kilomètres de routes goudronnées. Le goudron n'est plus utilisé de nos jours en raison de sa toxicité et de son vieillissement rapide. Un autre type de revêtement fut utilisé en parallèle à partir de 1850 : il s'agit de l'asphalte. Cette roche calcaire est imbibée de bitume, mélange d'hydrocarbures qui sert de liant. On la mélangeait avec du bitume

supplémentaire et des poudres minérales, puis elle était chauffée et coulée sur la chaussée.

TECHNIQUES DE CONSTRUCTION MODERNES

De nos jours, les routes sont constituées de nombreuses couches, chacune ayant une fonction particulière dans la chaussée.

ÉTUDE DU TERRAIN

Avant de fabriquer une route, il est essentiel d'étudier le terrain sur lequel elle va être construite. On appelle sol de fondation la partie du terrain qui va se trouver sous la chaussée. Cette partie doit répondre à trois critères principaux : la rigidité, la résistance à l'eau et la résistance au gel. Ces caractéristiques sont nécessaires à la stabilité de la route et à sa bonne utilisation. Par exemple, si le sol est susceptible de geler lorsque de l'eau s'infiltre, il est qualifié de gélif. Le gel se forme et il y a aspiration de l'eau vers la zone gelée, des poches se forment et provoquent des fissures dans la chaussée lorsqu'elles éclatent.

Pour éviter ces phénomènes, de nombreux tests sont effectués sur des échantillons du sol avant la construction d'une route. Ils étudient la teneur en eau du sol, son évolution avec le climat, mais également sa résistance à des charges. Elle dépend notamment de la composition du terrain, qui peut comporter des particules très fines comme des argiles, ou bien être constitué de cailloux, voire de petits blocs. À partir de ces données, le constructeur détermine l'épaisseur de la chaussée, l'opportunité de traiter le sol pour le rendre non-gélif ou de construire une couche de forme. Cette dernière solution est très souvent adoptée : il s'agit en fait de couches de matériaux qui font la transition entre le sol de fondation et la chaussée proprement dite. Le rôle d'une telle couche est de protéger le sol contre l'eau et le gel pour éviter les effets de fissuration, mais aussi d'avoir une résistance mécanique élevée. C'est en effet la couche de forme qui devra supporter le poids des engins de chantier pendant la pose de la chaussée, puis elle subira indirectement le poids du trafic après la construction de la route. Toutes ces contraintes amènent à traiter les matériaux constituant la couche de forme : certains enduits à base de bitume assurent une bonne protection contre les intempéries, tandis que des traitements à base de chaux et de ciment diminuent la sensibilité à l'eau et renforcent la structure par un phénomène de

cristallisation de silicates et d'aluminates. Une fois la couche de forme mise en place, il reste à construire les assises de la chaussée.

LES COUCHES DE LA CHAUSSÉE

On distingue en effet plusieurs couches dans la chaussée proprement dite : le corps de la chaussée comprend la couche de fondation et la couche de base, tandis que les couches de surface désignent une couche de liaison et la couche de roulement.

Couche de fondation

La plupart des couches de fondation actuelles comportent des gravats traités. Il s'agit de mélanges de sables, graviers et cailloux dont on a modifié la composition afin que le matériau final soit suffisamment stable, et que l'on a humidifiés pour obtenir une couche homogène en les compactant. Il reste à ajouter un liant, comme du ciment ou une émulsion de bitume. Cela rigidifie la route, car les grains du matériau sont en quelque sorte scellés entre eux.

Couche de roulement

Quant à la couche de roulement, elle nécessite une attention particulière, car elle est **en contact direct avec les roues des véhicules**. Elle est



également soumise aux intempéries. Pour établir les caractéristiques nécessaires, on utilise des critères d'adhérence du véhicule par temps sec et temps de pluie, c'est-à-dire des critères de sécurité, ainsi que

CHAUSSÉE EN BÉTON

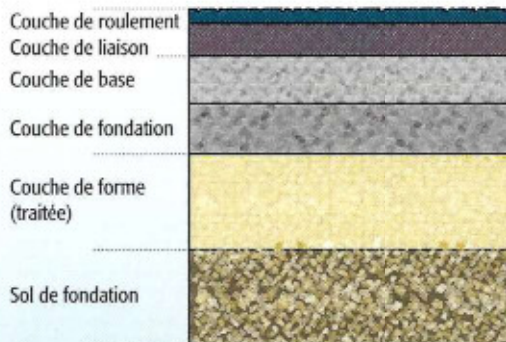
Il existe un autre type de routes : les chaussées en béton. **Le béton**



hydraulique, mélange de gravier, de sable, de ciment et d'eau est très solide, et il peut être modifié de manière à augmenter l'adhérence. Cette technique, appelée **doutage**, consiste à insérer des gravillons durs à la surface du béton, ce qui améliore la rugosité, et donc l'adhérence. Cependant, malgré leurs propriétés de résistance élevée, ces chaussées ne sont pas très répandues. Elles coûtent en effet plus cher que les chaussées en bitume, et doivent être entièrement démolies lors des travaux de réfection. Elles restent donc cantonnées à certains usages bien particuliers, comme les pistes dans les aéroports.

des critères de confort comme les vibrations ressenties dans le véhicule ou le bruit de roulement. En ce qui concerne l'adhérence en présence d'eau, on distingue deux régimes de vitesse : à faible vitesse, il faut seulement que la route soit suffisamment rugueuse, avec des aspérités sur les granulats qui la composent ; en revanche, à grande vitesse, la route doit aussi pouvoir évacuer l'eau qui se trouve sous la surface du pneu. Si ce n'est pas le cas, il peut y avoir un phénomène d'aquaplaning, qui consiste en une

Les différentes couches de la chaussée



Les plus longues

12 000 km
Longueur du réseau autoroutier allemand (le plus dense d'Europe).

Plus d'un million de km
Taille du réseau routier français (le plus grand d'Europe).

Près de 4 000 km



Longueur de la route 66 qui va de Chicago à Santa Monica, traversant 8 États et 3 fuseaux horaires.

24 510 m

Longueur du tunnel routier de Lærdal en Norvège (le plus long au monde).

Plus de 15 000 km

Longueur de la route TransAméricaine allant de l'Alaska au sud de l'Argentine.

146,6 km

Longueur de Ninety Mile Straight, la route en ligne droite la plus longue d'Australie.

Le pont Akaishi-Kaikyo (Japan)



3 800 m

m

Le pont routier suspendu le plus long

perte d'adhérence du véhicule. Malheureusement, pour respecter l'autre critère, à savoir un faible bruit de roulement, il ne faut pas que la route soit trop rugueuse. Le bruit est en effet produit par l'air qui est comprimé entre la roue et des microcellules en surface de la route. Plus la route est rugueuse, plus ces microcellules sont nombreuses. Comme on le voit, il faut donc trouver un compromis entre une route favorisant l'adhérence mais créant du bruit, et une route plus silencieuse mais plus dangereuse.

Une solution originale combinant adhérence et faible bruit a été trouvée : les enrobés drainants. Ils reposent sur une approche totalement différente : l'eau pénètre dans le revêtement, ce qui évite les projections ; il y a donc une meilleure adhérence et une meilleure visibilité.

De plus, pour « drainer » l'eau, c'est-à-dire l'évacuer vers le côté de la route, ces revêtements font communiquer les microcellules responsables du bruit de roulement, et diminuent donc celui-ci car l'air est beaucoup moins comprimé qu'avec les autres techniques.

Même si cette technique présente beaucoup d'avantages, elle coûte plus cher que des revêtements classiques et elle n'est donc utilisée que là où elle est vraiment nécessaire. Par ailleurs, elle est très dangereuse en cas de gel, car l'eau qui a pénétré dans le revêtement se fige et transforme la route en une véritable patinoire. Ainsi, en fonction des intempéries susceptibles d'affecter la route, on adopte l'une ou l'autre solution.

LES TRAVAUX

De manière pratique, les matériaux sont préparés dans des centrales fixes ou mobiles, puis répandus sur le sol par des camions roulant en marche arrière, ce qui permet un premier compactage. On utilise ensuite les compacteurs proprement dits pour tasser le sol, comme le **rouleau compresseur**.



Un aspect important dans les travaux de construction et d'entretien des routes est la réutilisation et le recyclage des matériaux. En effet, à chaque fois que l'on entreprend la reféction d'une route, on ne peut pas ajouter une couche supplémentaire, sans cela l'épaisseur de la route deviendrait trop importante, et il faudrait modifier tous les équipements et les installations aux alentours. En outre, les enduits de surface sont fabriqués avec des produits pétroliers, et il est intéressant de les recycler. En pratique, il existe plusieurs techniques : le fraissage permet d'enlever l'ancien revêtement pour étaler le nouveau ; des techniques de thermorégénération, en chauffant la route à environ 180°C par infrarouge, permettent de modeler l'enrobé ancien et de le remplacer par des enrobés neufs ; enfin, autre solution, des machines multi-fonctions chauffent la

chaussée, enlèvent l'enrobé ancien, modifient sa composition par ajout de liants pour atteindre le dosage souhaité, puis étalent le mélange obtenu. Dans le cas où les anciens enrobés ne sont pas directement réutilisés, ils sont recyclés dans les centrales de fabrication, qui peuvent utiliser jusqu'à 25 % d'enrobés de récupération.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE ROUTES

Même si les techniques de construction restent globalement les mêmes, il existe différents types de routes. En France par exemple, on distingue les routes nationales (RN) qui sont gérées par l'État, les routes départementales (RD) dont s'occupe le département, et les routes communales, du ressort des communes. Quant aux **autoroutes à péage**, elles sont exploitées par des



sociétés souvent privées. Cependant, ces distinctions sont administratives, et il existe une classification des routes selon leurs caractéristiques techniques, d'après le Code de la Voirie Routière. Elles sont réparties en 3 catégories :

- les autoroutes, sans croisement, réservées aux véhicules à propulsion mécanique, accessibles seulement en des points créés à cet effet ;
- les routes express, accessibles seulement en des endroits particuliers, qui peuvent être interdites à certaines catégories de véhicules ;
- toutes les autres routes.

À noter qu'une route express peut être nationale ou départementale, il n'y a pas de lien entre l'entité qui exploite la route et les caractéristiques de la route. Au 1^{er} janvier 2004, la France comportait 1 000 000 de kilomètres de routes, dont 10 400 km d'autoroutes et 28 000 km de routes nationales. Cela montre l'importance du réseau routier pour bien desservir le territoire. Un point crucial est la rapidité avec laquelle on peut se rendre d'un point à un autre, et c'est là qu'interviennent les autoroutes.

LES PARTICULARITÉS DES AUTOROUTES

Les autoroutes sont des routes très particulières, car la vitesse qui y est autorisée est bien plus élevée que sur le reste du réseau routier (jusqu'à 130 km/h, contre 90 km/h pour la plupart des routes nationales et départementales). Contrepartie de cette vitesse élevée, il existe de nombreuses contraintes à respecter. Tout d'abord, une autoroute comporte deux chaussées séparées par un terre-plein central ; ces deux chaussées sont à sens unique et comptent chacune au moins 2 voies de circulation. Le véhicule n'a donc affaire qu'à des véhicules qui roulent dans le même sens que lui. Deuxième point particulier, une bande d'arrêt d'urgence (BAU) est aménagée sur le côté de la chaussée, afin que les conducteurs

en difficulté puissent arrêter leur véhicule sans entraver la circulation, ou bien pour permettre le passage des véhicules de secours. Précaution supplémentaire : pour éviter que des véhicules sortent de la chaussée à vitesse élevée, causant des dégâts importants, des glissières de sécurité sont mises en place le long du terre-plein central et de la bande d'arrêt d'urgence. Nous avons également vu que les autoroutes ne sont accessibles qu'en des points aménagés à cet effet. Il s'agit des bretelles, qui permettent l'accès à l'autoroute. Etant donnée la différence de vitesse entre les véhicules extérieurs et les véhicules circulant sur l'autoroute, des voies d'accélération (pour les véhicules entrants) et de décélération (pour les véhicules sortants) sont mises en place. Elles mesurent en général quelques centaines de mètres et facilitent l'insertion ou la sortie du véhicule dans le trafic. Lorsqu'il y a plusieurs bretelles qui effectuent le lien entre des



autoroutes, on parle d'**échangeur**. Enfin, l'autoroute est entourée par des clôtures, pour empêcher l'accès hors des points prévus. D'autres

particularités par rapport aux routes classiques sont la présence d'aires de service qui permettent aux conducteurs de se reposer pour minimiser les risques liés à la fatigue, une surveillance accrue par des patrouilleurs ou des panneaux d'avertissement. Lorsque l'autoroute est payante, elle comporte des plates-formes de péage. Celles-ci forment un élargissement de la chaussée qui se subdivise en plusieurs voies appelées voies de contrôle, où le conducteur peut payer son ticket de circulation. Pour éviter un engorgement de l'autoroute à ce niveau dans les zones à fort débit de véhicules, une solution peut être mise en place. C'est le télépéage, qui permet à l'automobiliste de payer sans s'arrêter, avec un appareil embarqué à bord du véhicule qui échange des informations avec un dispositif au sol. Les autoroutes facilitent ainsi les déplacements grâce à une vitesse et un débit élevés tout en assurant un niveau correct de sécurité grâce à des techniques différentes. On peut noter une autre manière de concevoir les autoroutes, en Suisse et en Belgique où la vitesse est limitée à 120 km/h, tandis qu'il n'y a pas de limitation en Allemagne.

LA ROUTE DANS L'ENVIRONNEMENT

L'endroit où l'on veut construire une route n'est pas toujours une plaine sans cours d'eau, et il faut construire des ouvrages d'art pour tenir compte du relief et de l'hydrographie. Ainsi, le franchissement d'une rivière impose la construction d'un pont, mais pas seulement. Des routes passant au-dessus d'une autoroute, d'une voie ferrée, ou des échangeurs à plusieurs

niveaux constituent autant d'ouvrages d'art à réaliser. Ces ouvrages peuvent atteindre des dimensions pharaoniques comme le pont de l'île de Ré ou le **pont Vasco de Gama à Lisbonne**.



ou une taille de l'ordre de quelques mètres pour le franchissement d'un ruisseau par une route à deux voies de circulation.

Lorsque la voie rencontre un obstacle comme une montagne ou bien une agglomération, on construit un tunnel routier ou une **tranchée couverte**.



Le trafic routier n'est donc pas gêné par le relief. Un exemple d'utilisation des ouvrages d'art est l'autoroute Gènes-Vintimille, succession ininterrompue de viaducs et de tunnels dans le nord de l'Italie. À Lyon, le tunnel sous Fourvières, construit en 1971, évite la congestion de l'intérieur de la ville par les véhicules qui traversent l'agglomération.

DES ROUTES PLUS SÛRES

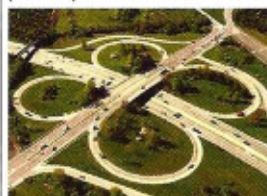
Les routes permettent d'atteindre des vitesses élevées et elles sont empruntées par un nombre important de véhicules, ce qui pose parfois des problèmes de sécurité. Il existe donc des techniques de construction des routes qui diminuent ces risques. Ceux-ci sont principalement liés à une vitesse élevée, à la présence d'eau, de verglas ou de brouillard. Dans les grandes descentes, les constructeurs de routes évitent les faux-plats pour ne pas inciter les poids lourds à accélérer, diminuant ainsi le danger de sortie de route à grande vitesse. Cependant, malgré toutes ces précautions, il arrive que les freins d'un camion cèdent ; des voies de détresse sont donc aménagées. Elles comportent du sable ou des graviers qui freinent le véhicule. Près des barrières de péage, il s'agit de bidons remplis d'eau : de l'énergie est perdue par le véhicule pour propulser l'eau hors des récipients, et sa vitesse diminue donc. Dans le même esprit de sécurité, l'inclinaison de la route dans un virage, appelée « dévers », est choisie relativement faible pour éviter que les véhicules glissent en présence de verglas.

Une attention particulière est portée à l'aménagement des carrefours, où se croisent des véhicules provenant de directions différentes ce qui peut causer des accidents. Lorsque les différentes voies de circulation sont au même niveau, on parle de carrefours-plans. Dans ce cas, on ménage des zones de stockage pour les véhicules, et on s'arrange pour qu'ils se croisent à angle

droit, ce qui augmente la visibilité. Par voie de stockage, on entend la file d'attente liée à un feu tricolore est au rouge, ou bien un emplacement réservé au milieu de la chaussée où le conducteur attend que les véhicules du sens prioritaire soient passés. Les carrefours à sens giratoire, ou « ronds-points », constituent une alternative efficace car ils autorisent un grand débit de véhicules à une vitesse limitée sur le carrefour, ce qui fait que les chocs éventuels causent beaucoup moins de dégâts. Les véhicules arrivant sur le carrefour doivent céder le passage à ceux qui s'y trouvent déjà, et la vitesse de ceux-ci est nécessairement réduite car ils n'ont pas une trajectoire rectiligne.

Enfin, lorsque la vitesse ou le débit des routes qui se croisent ne permettent pas d'installer un carrefour-plan, comme par exemple le croisement de deux voies express, on construit un carrefour dénivelé. Ce type de carrefour est systématiquement utilisé pour les autoroutes. Il consiste à placer à deux niveaux différents les routes qui se croisent en bâtissant des ouvrages d'art, et à les faire communiquer par des bretelles d'accès.

On en trouve plusieurs types, comme par exemple le **carrefour dénivelé en tréfle** ou le carrefour dénivelé giratoire, qui combine deux techniques.



en tréfle ou le carrefour dénivelé giratoire, qui combine deux techniques.

LES PROBLÈMES LIÉS À LA ROUTE

Même si elle est source de confort en permettant des déplacements rapides et relativement sûrs, la route engendre des nuisances, notamment le bruit ou la pollution par les véhicules. Pour y remédier, des solutions techniques ont été proposées. Il s'agit notamment des murs anti-bruits, qui sont placés entre les routes à forte circulation comme des voies express en zone urbaine, ou des rocadés passant au milieu de zones résidentielles. Ces murs forment un écran protecteur contre les émissions sonores de la route. Constitués d'écrans acoustiques en bois, en béton ou en matériaux composites, ils réduisent le bruit de la circulation à un niveau acceptable. Ces murs peuvent également avoir d'autres fonctions. Des essais sont actuellement menés en utilisant des matériaux à base de titane, qui neutralisent les oxydes d'azote polluants présents dans l'air en interagissant avec les rayons ultraviolets émis par le soleil. Cette technique est très prometteuse pour les zones à fort débit de véhicules, qui génèrent à la fois beaucoup de bruit et de gaz d'échappement. Autre idée intéressante : les murs anti-bruits constituent des surfaces inutilisées. Si l'endroit où ils sont placés est très ensoleillé, des panneaux solaires peuvent être installés dessus de manière à produire de l'énergie photovoltaïque.