

Session 1 - Urban infrastructures :who is involved, with what resources ?



Paper :

Historique des revêtements des rues

Author :

Jerzy DUDA - Pologne

Historique des revêtements des rues

1. Aperçu de la technologie des revêtements des routes et des rues

Dans l'histoire des routes et des rues, et notamment celle de la technologie des revêtements, soit la partie sur laquelle circule le trafic, il convient de distinguer au moins quatre périodes caractéristiques. Dans la période la plus ancienne, que l'on peut appeler archaïque, l'expérience crétoise (de l'île de Crète) rejoint les expériences assyrienne et babylonienne. Dans la période suivante, appelée antique et assimilée historiquement à l'existence de l'empire romain, on voit la synthèse des connaissances précédentes. Néanmoins, face au développement des routes, à un niveau inconnu auparavant, ainsi que suite à leur rôle et à leur importance pour l'empire romain, de même qu'à l'importance des rues dans les villes toujours en croissance, les techniques routières ont également connu durant cette période un fort développement. La troisième période, correspondant à la fin du XVII^e siècle jusqu'à la fin du XIX^e siècle, est une époque moderne où sont nés les bases scientifiques des techniques routières. La période la plus récente, celle de nos temps modernes, est dominée par l'utilisation de techniques basées sur un seul matériau, à savoir un liant hydrocarboné, produit dérivé du pétrole. Cette domination s'est accentuée surtout dans les années cinquante du XX^e siècle. Cependant, malgré cette forte prédominance d'utilisation des mastics d'asphalte pour les revêtements des routes et des rues, cette période moderne se caractérise également par des recherches de nouvelles techniques routières. La première instigation de ces recherches fut la crise pétrolière des années soixante-dix du XX^e siècle ; elles se poursuivent aujourd'hui en réponse aux nouveaux besoins liés aux nouvelles conceptions de circulation dans des zones particulières des villes (zones à circulation limitée, zones piétonnières), ainsi qu'aux nouvelles conceptions de réhabilitation des villes, et ces dernières années, suite à l'idée d'un développement équilibré des villes.

Dans la période dite archaïque, les routes servaient généralement à des fins spécifiques, soit comme voie de circulation intérieure donnant l'accès au palais du monarque, soit à la circulation des processions vers les lieux de culte ("voies sacrées"). Leur construction

consistait en la mise en œuvre d'une sorte de stabilisations en ciment ou sous forme d'un jambage en briques coulées d'asphalte, revêtues d'une couche de dalles en pierre soigneusement travaillées. Le long des voies sacrées, on posait, en outre, une bordure en dalles dont chacune était munie d'une inscription appropriée à la gloire du monarque ou d'une divinité.

Dans la période suivante, reconnue généralement en tant que période de pointe eu égard à la technique routière déployée, on utilisait les matériaux naturels trouvés sur place : pierrailles ou graviers, matériaux de pavage ainsi que dalles en pierre. Les routes romaines-types étaient composées de trois à quatre couches (statumen, ruderatio, nucleus, summa crusta) et leur surface, appelée aujourd'hui chaussée, était constituée de dalles en pierre d'une surface de 30 à 100 cm² et d'une épaisseur de 5 cm avec joints coulés. Il est intéressant de constater que l'épaisseur des couches, de même que l'épaisseur de la totalité de construction des routes romaines-types, sont similaires à la construction moderne des autoroutes (couches de 25 à 35 cm, soit au total une épaisseur de 95 à 120 cm). Cependant, il n'existe aucune similitude quant aux véhicules circulant sur les routes romaines et ceux d'aujourd'hui que ce soit au niveau de leur dimension, au niveau de leur poids ou de leur vitesse.

Par ailleurs, il est difficile d'expliquer pourquoi les constructeurs romains n'ont pas utilisé l'asphalte naturel pour la construction des routes. Par contre, ce qui est frappant, c'est l'intérêt qu'ils portaient à la mosaïque : l'art de la mosaïque a connu alors son époque d'épanouissement, la mosaïque étant comparée "*à un genre de peinture où l'artiste, au niveau de la technique, utilise de petits morceaux d'un matériau solide et multicolore, naturel ou artificiel, ces morceaux étant fixés à l'aide de ciment sur une surface sur laquelle fut préalablement dessiné un motif, ou selon un carton préalablement préparé*".

La troisième période, qui commence en principe dans la seconde moitié du XVII^e siècle, a été marquée par deux Français, à savoir le Prince de Sully dit "Grand Voyer", et Jean-Baptiste Colbert, ministre du roi Louis XIV. L'année 1693 est aussi une date importante compte tenu de la publication, à Toulouse, du premier manuel de la technique routière écrit par H. Gautier. La décision de Louis XIV, prise en 1715, relative à la création de l'Administration des Ponts et Chaussées auprès du Conseil du Trésor, ainsi qu'à la mise en œuvre de la construction des grandes voies partant en étoile de Paris s'est avérée une étape marquante dans le développement de la technique routière. Une disposition officielle préalable en la matière, délivrée en 1705, constituait déjà une base à cette décision. Le point culminant du développement autant du réseau routier que des techniques routières fut la

création par le roi Louis XV, en 1747, de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, le premier établissement de l'enseignement technique supérieur. Cette école a survécu à toutes les révolutions et à tous les changements politiques et existe toujours de nos jours.

La nouvelle technique routière, établie en France par Pierre Trésaguet au XVIII^e siècle, a abandonné le pavage (dans sa technique préconisée, il s'agissait de chaussées empierrées, constituées par une couche de pierres concassées, de gravier et de sable, établie sur une fondation constituée de pierres plates dressées verticalement dites en "hérissou"), pour par contre apporter des changements révolutionnaires dans le mode d'organisation des travaux. Les travaux sur le chantier ne pouvaient être exécutés que par des ouvriers professionnels, contraints à observer les prescriptions du cahier des charges, les travaux étant surveillés par un personnel professionnel de contrôle. C'est à partir de cette époque, et en conséquence de ces changements, que l'on a aboli la pratique de la corvée, c'est-à-dire du servage que les paysans étaient obligés d'assurer au profit des entrepreneurs privés lors de la construction des routes.

Une nouvelle technique élaborée par l'ingénieur écossais Mac Adam vers 1820, tendant à simplifier la construction des chaussées, est devenue très à la mode, au point de lui donner son nom à ce nouveau type de chaussées empierrées : le macadam, utilisé jusqu'à nos jours. Selon cette technique, la couche de fondation en gros éléments a été supprimée et remplacée par une croûte superficielle de pierrailles de 8 à 20 cm d'épaisseur, les vides des pierrailles ayant été remplis par des liants d'agrégation. Le tassement s'exécutait à l'aide de cylindres montés sur des machines déjà connues auparavant, machines dites rouleau compresseur, dont l'utilisation permettait d'éviter les périodes d'attente avant que les charrettes à chevaux puissent passer sur la route.

À partir des années 1850, les deux techniques routières ont été appliquées, les deux systèmes ayant été parfois utilisés conjointement avec certaines tentatives d'y apporter des améliorations. Les techniques précédentes exigeaient des matériaux de pierre dont la nature devait être de mieux en mieux étudiée : les exigences quant à leur qualité devenaient de plus en plus contraignantes autant au regard des matières premières brutes que des matériaux travaillés, soit des pierres concassées.

Le XIX^e siècle est aussi un siècle de recherches, d'essais et d'expériences dans le domaine de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques. C'est à cette époque qu'ont été élaborés et développés à une importante échelle des pavés en bois (une solution novatrice eu égard à la protection des riverains contre le bruit de la circulation), des chaussées dites en

enduit (un autre exemple de la protection du milieu urbain contre la pollution par les poussières), les chaussées en asphalte naturel (utilisant le calcaire bitumineux et l'asphalte provenant des lacs asphaltiques), des chaussées goudronnées, des chaussées en briques, des pavages métalliques, et d'autres chaussées de moindre importance pratique.

La période suivante, correspondant à notre époque moderne, a commencé en principe au début du XX^e siècle. C'est l'apparition d'un nouveau moyen de transport, le transport automobile, qui a généré de nouveaux problèmes, amplifiés très tôt par son rapide développement. Les exigences formulées par le conducteur de voiture quant à la nature et à la qualité des revêtements des chaussées et des rues ont conduit à la généralisation quasi universelle des enduits superficiels au bitume fabriqué à partir du pétrole. Après la Seconde Guerre Mondiale, des recherches menées à une grande échelle aux États-Unis, en France, en Grande Bretagne et dans d'autres pays ayant développé des techniques routières, ont créé des fondements scientifiques à l'établissement d'un projet de chaussées ou de rues, à leur exécution et à leur entretien.

Le XX^e siècle est aussi la période où s'est généralisée avec succès l'utilisation du ciment et du béton en ciment coulé, notamment pour la construction des autoroutes ou des rues. C'est également une période de recherche de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux pour la mise en oeuvre des revêtements. La technique de silicatisation avec utilisation du verre soluble ou de l'émulsion asphaltique s'est généralisée pour la construction des routes et de façon plus limitée pour la construction des rues. Un fait marquant a été l'élaboration de la technique d'exécution des éléments préfabriqués en béton compressé, béton vibré ou en béton vibro-compressé, ces pièces étant aujourd'hui utilisées généralement pour l'exécution des chaussées, et surtout pour l'exécution des trottoirs. Ont été également utilisés des pavés produits à base du laitier de haut fourneau ainsi que du basalte coulé. Cependant, il s'agissait là d'éléments préfabriqués utilisés localement qui n'ont pas trouvés d'utilisation à plus grande échelle. Une des technologies les plus intéressantes était la fabrication des enduits superficiels à base de différentes résines synthétiques permettant d'obtenir des revêtements de différentes couleurs.

Il serait également intéressant de rappeler une idée de conception futuriste émise en Pologne avant la Seconde Guerre Mondiale, consistant en l'utilisation de "réacteurs atomiques" pour "agglomérer" le sol ce qui aurait donné pour effet l'obtention d'une surface dure après le "passage" de ce fameux réacteur. Un peu moins futuriste s'est avéré la

conception de "tapis développé" qui consistait à dérouler une couche de revêtement toute prête, enroulée sur un tambour, et à la poser sur des routes préalablement préparées à cette fin.

Un certain nombre de travaux de recherche ont également été consacrés à l'utilisation de matériaux connus ou de composés de ces matériaux pour l'amélioration des mastics bitumineux ou pour l'élaboration de nouvelles technologies. Il s'agit là, entre autres, du caoutchouc galvanisé, du verre sous forme de fibres (il y a eu des essais de fabrication de pavage à partir du verre). Quant aux dernières recherches, il convient de mentionner des technologies consistant à utiliser des couches bitumineuses armées d'un treillis métallique, d'un treillis en verre ou de basalte ainsi que l'utilisation des géotextiles.

2. Aperçu historique des revêtements des rues dans les villes polonaises

Il serait difficile d'appeler "villes" les premières bourgades que l'on trouve sur le territoire de la Pologne, elles constituent cependant une phase préliminaire de la création des centres urbains. Les fouilles archéologiques effectuées dans plusieurs villes polonaises, à Gdansk (Dantzig), à Opole, à Gniezno et particulièrement à Biskupin, prouvent que les chaussées les plus anciennes que l'on y trouve sont des chaussées en bois. Dans une cité construite vers 550 avant notre ère, de l'époque dite civilisation lusacienne, des rues d'une largeur de 2,8 m ont été exécutées avec des bûches démaigries, posées en travers de la rue et reposant sur des lambourdes posées le long de la rue. Ces constructions originales se sont conservées jusqu'à nos jours à Biskupin où l'on peut encore les admirer sur place. Les rues plus larges, atteignant jusqu'à 4 m de largeur, ont été construites sur trois longues lambourdes, espacées de 70 à 80 cm jusqu'à un mètre en fonction de la largeur de la rue. Là-dessus reposaient des bardeaux ou des bois ronds posés côte à côte en travers de la rue. Parfois, les lambourdes étaient mises sur de courtes bûches ou des madriers taillés, posés tous les quelques mètres en travers de la rue. Ces dernières constructions ont été découvertes sur le territoire de Gdansk et Opole. Les archéologues ont également trouvé quelques constructions plus simples, et notamment des bardeaux ou des bois ronds mis directement à même le sol. Sur les lieux où abondaient en matériaux la pierre, ont été utilisées des constructions en bois et en pierre, ce qui confirme une règle générale selon laquelle la nature de construction la plus répandue sur un terrain concerné était fonction des matières premières de construction que l'on trouvait sur place, en quantité suffisante et avec un accès relativement facile.

Des chaussées en bois, dans le sens de revêtements en bois, apparaissent également dans les villes médiévales. C'est le cas, par exemple, de la ville de Cracovie où certaines rues ont été recouvertes de madriers jusqu'au XV^e siècle, telles que la rue Grodzka ou la rue Kanonicza qui conduisent toutes deux jusqu'au château du Wawel et qui traversaient un terrain marécageux. À Cracovie, les archéologues ont également trouvé dans les rues des plates-formes en bois, construites avec des madriers de pin, démaigris à la hache, posés en travers de la rue et reposant sur des lambourdes auxquelles ils étaient fixés à l'aide de chevilles en bois.

Au Moyen-Age, l'intérêt a été porté en Pologne aux revêtements plus solides que le bois, et notamment au pavage en matériaux de pierre. Ceci était avant tout la conséquence de la fondation de nouvelles villes et du développement de celles-ci et des plus anciennes. Dès le début du XIII^e siècle, le roi Henri I^{er}, dit Le Barbu, a fondé plusieurs villes et, dans la seconde moitié de ce même siècle, la fondation des villes s'est intensifiée, notamment en Silésie où ont été fondées 31 villes, en Wielkopolska (Grande Pologne) 38 villes, de même que dans les régions occupées par les chevaliers Teutoniques et en Małopolska (Petite Pologne). La fondation des villes a également été liée à l'attribution d'un statut particulier dont jouissaient celles-ci à l'instar de la ville de Magdebourg, d'où le droit de Magdebourg, mais aussi ses dérivés, le droit de Chełm ou celui de Środa. Le tracé d'une forme régulière de la ville, avec sa place centrale (Rynek) et des rues dessinées en étoile à partir de cette place, permettait la construction de la ville selon un schéma spécifique tributaire de l'importance ou de l'attrance du lieu concerné. Ces facteurs décidaient également de la nature de chaussée : le pavage ayant été généralement posé seulement sur certaines parties de rues, ou certaines parties de routes, devant les portes de la ville.

À Cracovie, le pavage a été exécuté avant qu'il ne le soit dans plusieurs autres villes importantes de l'Europe de l'époque, telles que Bâle, Ratisbonne, Ausbourg, et à la même époque qu'à Nuremberg, Munich, Francfort ou Hanovre. Les historiens soulignent que dans le budget annuel de la ville de la fin du XIV^e siècle figurait chaque année les frais de pavage exécuté sur les parties des routes situées au-delà des limites de la ville, et dès 1362 il y avait à Cracovie des paveurs municipaux. Dans des documents datant de 1397, on trouve d'ailleurs mention du nom d'un de ces paveurs : le maître paveur Waclaw.

Les pavés étaient fabriqués à partir de moellons (à Cracovie, du calcaire de Jura extrait de la colline Lasota, et même de la colline du Wawel) dont on en faisait des matériaux de pavage, des pavés en forme d'une pyramide coupée entres autres. Le pavage était

généralement mis en œuvre sur un lit de sable, la partie plus étroite des pavés ayant été enfoncée dans le sable, les pavés bien serrés côte à côte. Malgré la simplicité apparente de la mise en œuvre du pavage, les conditions à remplir pour une bonne chaussée exigeaient des paveurs bien qualifiés : en effet, le pavage devait présenter une résistance suffisante aux effets destructeurs provenant de la circulation et des conditions atmosphériques, d'autre part il devait répondre à des critères d'esthétisme. Aussi, faisait-on venir des spécialistes de tous les coins de la Pologne dont en témoignent certaines mentions dans les livres de réception relatifs au droit urbain de la fin du XV^e siècle.

Jusqu'au milieu du XVIII^e siècle, les rues des villes polonaises étaient revêtues des différents types suivants de chaussée :

- a) les chaussées pavées en pierre de taille (pavé ordinaire, en pierre "telle que l'on la trouvait dans les champs"), en cailloux roulés et en pierre concassée (pavé d'échantillon) travaillée entièrement ou partiellement en forme de blocs réguliers, posés sur un lit de sable ou à même le sol. Ces chaussées pavées se trouvaient généralement dans les environs des établissements de culte ou bien des établissements laïques de première importance, ainsi que sur certaines rues de sortie de ville. Le profil en travers d'une chaussée pavée représentait soit la forme d'un dos d'âne, c'est-à-dire une surface concave avec un caniveau unique dans l'axe longitudinal, soit la forme d'une surface convexe avec deux caniveaux latéraux ;
- b) les chaussées en bois sous forme de planches ou de bois ronds, parfois avec un sol "armé" de branches ou de fascines recouverts de sable ou de gravier ;
- c) les chemins de terre, non tassés, étant par endroits renforcés par des déchets de construction (gravier, morceaux de briques, etc.).

Les trottoirs, séparés de la chaussée soit par un rehaussement soit par un caniveau pavé (égout), étaient constitués de grosses pierres plates, dites à Cracovie "pierres de rocher", de bois sous forme de planches ou de terre tassée avec des ajouts de débris de briques ou d'autres matériaux de construction.

Les pavages des rues, ou de certaines de leurs sections, étaient financés par l'impôt ou par des cotisations spéciales obligatoires votées par la Diète (tel a été le cas de Varsovie en 1648 et 1685), mais parfois le pavage se faisait aussi aux frais des propriétaires immobiliers.

À partir du milieu du XVII^e siècle, le pavage était une activité dont s'occupait des professionnels de grande expérience et dans certaines villes, déjà à cette époque, il y avait des

chambres de métiers spécifiques pour les paveurs (à Cracovie, par exemple, les plus anciens documents relatifs à la chambre de métiers des paveurs recouvrent les années 1677 à 1788).

Au XVII^e siècle et au début du XVIII^e siècle, une certaine stagnation est apparue dans le processus d'urbanisation du pays ; par ailleurs, les différentes guerres avec la Turquie, la Russie, et surtout avec la Suède, ont renforcé la crise économique des villes polonaises. Les premières tentatives de mise en ordre et de reconstruction des villes ravagées par les guerres ont été entreprises dans les années trente du XVIII^e siècle. Les plus connues, et en même temps les plus réussies, sont les activités relatives aux revêtements des rues mises en œuvre à Varsovie sur l'initiative du grand maréchal du Couronnement, Franciszek Bieliński, qui a institué, en 1743, une Commission dite Commission de Pavé. Cette Commission de Pavé a fonctionné pendant plus de 20 ans (surtout entre 1750 et 1770) et a largement contribué à trouver des ressources financières pour le pavage des rues, pour la construction des canaux et le nettoyage de la ville. Elle a également élaboré un cahier des charges relatif au pavage ainsi que des règles d'acquisition des matériaux en pierre.

Les premiers changements importants dans le domaine du pavage des rues sont apparus avec l'institution des Commissions du Bon Ordre (Boni Ordinis), créées par ordonnance du roi et recouvrant la majorité des villes royales. Ces Commissions étaient opérationnelles dans les années 1780. À Cracovie, la Commission du Bon Ordre a elle été créée le 26 février 1775. C'était une institution à caractère économique. Cette Commission a instigué des initiatives en matière de règlement de l'aménagement de la ville, de réparations des pavés ainsi que de régularisation des droits de propriété, etc. À Cracovie, c'est Feliks Radwański (1756-1826), professeur de l'Université Jagellonne, qui a été le grand avocat de la cause des bonnes routes et rues. Il a été le promoteur des sciences techniques en Pologne, et c'est également grâce à lui qu'ont commencé à paraître les premières revues spécialisées en matière de chaussées. Je crois bien que c'est précisément grâce à son grand engagement dans le développement des chaussées et des rues, grâce à ses cours de techniques routières, que l'on a fait importer le manuel de construction des chaussées élaboré par H. Gautier, dont un exemplaire se trouve encore actuellement au sein de la Bibliothèque Jagellonne.

Dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, l'amélioration de la situation économique du pays a été sensible, entraînant la réalisation de grands travaux de reconstruction et le développement des villes polonaises ; d'autre part, le rôle de la bourgeoisie s'est affermi, obtenant d'ailleurs, aux termes de la constitution de 1791, sa représentation au sein de la Diète. À ses changements, n'a cependant pas correspondu des changements au niveau de la

technique routière. Néanmoins, l'état des rues s'est considérablement amélioré suite au pavage d'un grand nombre de rues, la qualité des pavés ayant été également améliorée grâce à l'utilisation plus généralisée de matériaux de pierre taillée d'une part, grâce à l'exécution des travaux par des paveurs expérimentés d'autre part.

Les années 1772 à 1795 représentent une époque dramatique de l'histoire de la Pologne. Différents partages successifs ont rayé la Pologne de la carte de l'Europe et ceci pour 123 ans. Le partage du pays entre les trois pays occupants, la Prusse, l'Autriche et la Russie, a divisé celui-ci en trois zones particulièrement différentes, autant du point de vue culturel, économique que traditionnel. En conséquence de ces partages, une différenciation du développement des villes s'est accentuée et tout était différent dans ces trois zones : les activités urbanistiques, architecturales, de construction dont les conditions de prestation de services des entreprises de construction en général, et, par conséquent, les activités relatives à la construction des chaussées. Les administrations des grandes villes essayaient de profiter des expériences de technique routière des pays occupants, tout en y apportant leurs propres solutions. Cela fut surtout perceptible durant les périodes de quasi-liberté de certaines "entités" géographiques créées sur le territoire de la Pologne, et notamment le Duché de Varsovie, le Royaume de Pologne, le Grand-Duché de Poznan, la Ville libre de Cracovie ou l'Autonomie Galicienne.

Durant toutes les périodes présentées ci-dessus, il y a eu plusieurs efforts pour créer des conditions favorables au renouveau de la technique routière, en développant l'enseignement technique ainsi que la littérature technique où était publiée des informations sur les nouvelles techniques routières appliquées de par le monde. Paraissaient également des manuels de construction des routes et des rues ainsi que des traductions d'œuvres étrangères. Il convient également de souligner les activités de plusieurs spécialistes éduqués dans les grandes écoles européennes, dont l'École des Ponts et Chaussées à Paris par exemple, ou l'École Polytechnique de Saint-Pétersbourg.

En 1809, fut créé à Varsovie l'École Supérieure d'Application de l'Artillerie et de l'Ingénierie où, après 1820, Feliks Pancer dispensait des cours. À partir de ses cours, un manuel de construction des routes fut élaboré ("Sur la construction et l'entretien des routes de terre tassée et des routes ordinaires"). En 1823, fut créé, à Varsovie également, l'École de l'Ingénierie Civile des Chaussées et des Ponts, et en 1826 l'École Préparatoire à l'Institut Polytechnique. Il faut aussi souligner le rôle important des revues, publiés déjà bien avant 1830, dans leur rôle de vulgarisation des sciences de construction des chaussées. Des articles

spécialisés et des débats paraissaient également dans la presse non spécialisée, telle que la Bibliothèque de Varsovie par exemple. En 1863, parut le manuel de construction des ponts et chaussées élaboré par Stanislaw Jarmunda, ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées de Paris. Avant lui, dans la même école faisaient leurs études Teodor Urbański et Jan Smoukowski, élèves-boursiers du gouvernement. C'est à cette époque que vécut et travailla Stanislaw Wysocki, un personnage assez intéressant : ingénieur de la Banque de Pologne à Varsovie, créateur d'un matériau dit rétinite pour la construction des chaussées. Il était tout autant théoricien que traducteur des œuvres du domaine de l'application de l'asphalte naturel, grand industriel et peintre. Wysocki a élaboré une méthode de production de la rétinite (un mélange de goudron produit à base de houille et de calcaire) ; il a publié, en 1840, l'instruction pour l'application de ce matériau qui a été par la suite traduite en langue française. Il a également fait des recherches sur l'application du bois pour la construction des chaussées.

À Cracovie, c'est Sebastian Sierakowski qui était le promoteur en chef en matière d'amélioration de l'état des chaussées. Dans son œuvre monumentale sur l'architecture ("Architecture recouvrant tout genre de construction" – Cracovie 1812), il a donné l'exemple d'un pavage parfait des rues. Dans les années 1820, le pavage des rues de Cracovie était mis en œuvre à base de projets et de devis établis selon les règles d'art du métier. Des efforts ont également portés sur l'application des règles techniques d'utilisation des matériaux de pavage en pierre en fonction de leur qualité, ainsi que sur la standardisation de ces matériaux au niveau de leur dimension. Dès la première décennie du XIX^e siècle, les chaussées de certaines rues choisies ont été construites selon la méthode préconisée par Trésaguet et Mac Adam, soit par le biais de chaussées macadam, et ceci autant sur toute la largeur de la rue que sur une section de la chaussée. Sur certaines grandes rues de Cracovie, dès 1835, on posait un pavé en granit (10 x 10) provenant de Silésie. Ceci étant cependant relativement coûteux, on a alors cherché de nouveaux matériaux de pierre pour la production de pierre à pavés de qualité à moindre cout. C'est le porphyre de Miękinia, Czerna et Zalas qui s'est avéré être un bon matériau. Un nouveau type de matériaux de pavage a aussi été introduit, à savoir le pavé démaigri dit "souches". Le porphyre et les pavés produit avec cette pierre naturelle, et notamment des pièces de forme, des souches, des dalles et des cubes, sont ainsi devenus des éléments caractéristiques du paysage des rues de Cracovie du XIX^e siècle.

Les plus importants changements dans les chaussées des rues de Cracovie ont été apportés dans la période de l'autonomie galicienne (de 1866 à 1918) où la ville jouissait d'une

administration locale polonaise investie de larges habilitations. Le développement des voies de communication a été l'une des priorités de cette autorité : les pavages des rues ont continué, de même que l'exécution des revêtements des trottoirs par des dalles en pierre. Dès 1870, un rapport sur l'état des rues fut élaboré, une partie du dossier comprenant des dessins. En 1872, sur les rues de Cracovie fut utilisé pour la première fois l'asphalte naturel sous forme de calcaire bitumineux en provenance de la mine Limmer près de Hanovre. Dès 1875, Cracovie possédait son propre entrepreneur exécutant des travaux asphaltiques de calcaire bitumineux. D'essentiels changements ont été alors apportés aux trottoirs : on utilisait de plus en plus une bordure pour les accotements ce qui a entraîné l'élimination des caniveaux en pavés et de ce fait la modification du profil en travers de la chaussée. Un nouveau matériau de pavage fut introduit dans les travaux dès les années 1870, et notamment les pavés mosaïque. Ces pavés pouvaient être disposés de façon à représenter des dessins géométriques et même des dessins figuratifs sur les trottoirs. En 1882, les premiers essais furent effectués avec des dalles en béton dont la production industrielle devait démarrer en 1903.

Alors que dans plusieurs villes de la Pologne de l'est, c'est à dire la partie du pays sous occupation russe, les briques de pavage étaient très répandues et constituaient le premier matériau de pavage à défaut de pierres résistantes, à Cracovie leur utilisation était très restreinte. Le clinker, dont le pays d'origine est le Pays-Bas, utilisé dans la construction des chaussées et des rues pour la première fois en 1809, constituait un matériau très précieux en Pologne du fait de sa fabrication à base de matières premières locales et de ses caractéristiques : en effet, les chaussées en briques de pavé sont très résistantes, leur durée de vie est de 40 à 50 ans même sous le trafic intense de chariots à chevaux, de plus, elles demandent un entretien facile. Sur le territoire de la Pologne, les briques de pavé ont été utilisées pour la première fois en 1883, année où a été construite à Zamość la première usine de briques de pavage.

Vers la fin du XIX^e siècle, à Cracovie, à l'instar d'autres grandes villes de Pologne, il existait au moins quatre types de chaussées en pierre :

- a) les pavés d'échantillon ou des cubes démaigris produits à base de différents matériaux de pierre, généralement des matériaux caractéristiques de la région concernée (à Cracovie, c'était le pavé de porphyre, par exemple, alors que pour la partie ouest de Pologne c'était le pavé de granit). Les pavés étaient posés par rangées orthogonales successives parallèles aux deux axes de la chaussée, ou rangés par files obliques à l'axe longitudinal

de la chaussée. La coupe transversale de la chaussée était de plus en plus souvent en dos d'âne avec deux bordures latérales ;

- b) les pavés en moellon. Dans la région de Cracovie, c'était le plus souvent du calcaire, mais ce pouvait être aussi des pierres de sable ;
- c) les pavés en pierre de taille, en cailloux roulés non travaillés ;
- d) les chaussées empierrées dites souvent macadam ; à Cracovie, jusqu'à 1886, elles étaient exécutées sans que le poids du rouleau compresseur soit approprié.

Dans certaines villes, il y avait aussi des chaussées en bois posées pour expérimentation (à Varsovie, par exemple), dites pavés en bois, disposé avec l'utilisation de résine, ainsi que des pavages en briques, à l'utilisation généralisée dans les villes à l'est de la Pologne.

Les premières années du XX^e siècle ont apporté plusieurs nouveautés au niveau de la technique routière en Pologne.

Tout d'abord, il convient de souligner l'importance que l'on attribuait aux revêtements, c'est à dire aux liants répandus superficiellement. Le but poursuivi de ce répandage était d'améliorer l'état de la chaussée en supprimant la poussière et la boue. Sur ce point, une conception développée par le Dr Guglielminetti a attiré l'attention. Il a utilisé des brais résiduels formés lors de la production de gaz dans les usines à gaz, pour produire un enduit superficiel permettant de lutter efficacement contre les poussières. En 1902, il a même créé une association nommée Ligue contre la poussière des routes. En même temps, se sont également généralisés des revêtements en béton goudronné. Avant la Première Guerre Mondiale, à Cracovie, la rue Topolowa a ainsi reçu un revêtement en béton goudronné. Sur quelques sections des Planty, le parc urbain longeant les anciens remparts de la vieille-ville de Cracovie, a été par contre répandu un revêtement en enduit.

L'année 1912 a été marquante pour l'état des voies de communication à Cracovie : la rue Franciszkanska a ainsi reçu un revêtement en béton tassé de ciment. Ce béton, dit "basaltoïde" du fait de la nature de l'agrégat (basaltique) utilisé pour sa fabrication, s'est avéré être un bon revêtement. Il a résisté à toute la période de la Première Guerre mondiale, et après seize ans d'exploitation intense, sans entretien et sous le trafic de lourds transports militaires, vers la fin de 1928, l'état du revêtement étaient encore jugé assez bon.

Les événements de la guerre 1914-1918 ont causé d'énormes dégâts dans les villes polonaises, et la majorité des rues au revêtement amélioré ont été anéanties après le passage des lourds équipements militaires. Aussi, les premières décisions prises par les autorités ont-

elles concernées surtout l'étude et la réalisation de programmes de reconstruction des villes et de réparations des chaussées.

Face aux problèmes financiers, les efforts étaient orientés de manière à élaborer des modalités optimales tant au niveau des matériaux que des techniques routières. Pour Cracovie, en l'occurrence, ont été retenus les principes suivants :

- le pavé d'échantillon ou des pavés cubiques reposant sur une fondation en béton - pour les rues principales,
- le petit pavé basalte ou porphyre, ou les revêtements en bitume, et notamment en béton asphaltique – pour les rues aux trafics plus légers et moins intenses,
- les chaussées existant des rues devaient être entretenues avec des matériaux en pierre dure, l'agrégat calcaire ayant été réservé à la construction et à l'entretien des chaussées dans les banlieues périphériques de la ville,
- les trottoirs devaient être dallés avec des dalles en ciment 50 x 50 cm, munis d'un treillis métallique à l'intérieur, c'est à dire des dalles de porphyre et souvent des dalles de ré-emploi. On pouvait également utiliser un tapis d'asphalte coulé.

La réalisation de ces tâches exigeait des moyens importants pour l'achat "d'un matériel pour l'exécution du béton asphaltique" ou bien "d'un rouleau compresseur de 8 Tonnes de poids". Par ailleurs, l'asphalte de pétrole devait être importé puisque l'asphalte produit à base de pétrole provenant des gisements polonais comprenait trop d'impuretés, et notamment de la paraffine. En outre, la réduction de l'exploitation du pétrole décidée par la II^e République, du fait de l'épuisement des gisements, explique pourquoi les constructeurs polonais des chaussées se sont si peu intéressés à l'asphalte provenant de la distillation du pétrole (la Galicie était, dans la première décennie du XX^e siècle, le plus important producteur du pétrole en Europe). Dans les années 1930, l'ingénieur T. Limbach obtint un brevet pour la production du mastic bitumineux à base d'asphalte polonais. Ce mastic bitumineux fut, entre autre, utilisé pour le revêtement des trottoirs sur le pont Jozef Pilsudski de Cracovie.

Dans la période de l'entre deux-guerres, l'intérêt porté par les constructeurs des chaussées au béton de ciment a considérablement augmenté, et ceci autant pour le béton coulé que pour les éléments préfabriqués. Pour les surfaces des rues dans les villes, un rôle important fut attribué aux pièces préfabriquées, et notamment à celles que l'on appelait "trylinka", du nom de son inventeur, l'ingénieur Władysław Tryliński qui, en 1934, obtint le brevet polonais n^o 18323 pour la production de ces dalles hexagonales, ainsi que pour le revêtement dallé de ces éléments. L'élément principal de ce revêtement était constitué d'une

dalle en béton sous forme d'un hexagone régulier, d'un diamètre de 40 cm et d'une épaisseur de 15 cm, d'une surface composée de pierres de dimensions 6 à 12 cm. C'était donc des dalles en pierres et en béton, produites également sous forme de carreaux ainsi que sous forme de détails complémentaires nécessaires à la construction des revêtements, et notamment des demi-dalles et des cales. Les dalles dites "trylinka" jouissaient d'une opinion très favorable auprès des constructeurs, et elles étaient utilisées autant pour la construction des rues que pour celles des routes en dehors des villes. Rien qu'en 1936, des rues d'une surface totale de 250 000 m² ont été revêtues de ces dalles, et on a également exécuté 15,6 km d'une route en dehors de la ville.

Dans les années cinquante du XX^e siècle, lorsque les dommages de la Seconde Guerre Mondiale furent réparés en grande partie, la conception des travaux routiers changea. Le redressement économique de l'Europe, le développement des villes et une augmentation rapide du nombre de véhicules automobiles ont en effet contraint les constructeurs des routes et des rues à l'application de nouvelles méthodes de construction des chaussées ainsi qu'à la mécanisation des travaux pour augmenter leur rendement. L'une des conséquences de ces contraintes fut la généralisation des revêtements en minéraux bitumineux appelés d'un mot générique asphalté.

Cette nouvelle tendance était également le résultat des nouvelles priorités poursuivies vis à vis des utilisateurs des chaussées. Il s'agissait là, avant tout, de la question de la sécurité du trafic : les chaussées en pierre n'ayant pas satisfait aux propriétés antidérapantes. Par conséquent, lors des Congrès Routiers délibérant en 1955 à Istanbul et en 1959 à Rio de Janeiro, ont été formulées des dispositions visant à la limitation de l'emploi des matériaux en pierre. Le monde moderne est alors entré dans l'époque de l'asphalte ce qui a suscité de ferventes discussions sur les revêtements des chaussées, discussions toujours d'actualité de nos jours. Il a alors fallu la crise pétrolière des années soixante-dix, des rapports sur l'environnement, des recherches sur les conséquences du développement du trafic automobile, et d'autres documents en la matière, pour engendrer une réflexion raisonnable sur le revêtement des rues. Ainsi, on redécouvre aujourd'hui les matériaux naturels en pierre, les éléments préfabriqués en béton, et même le matériau dit mélange optimal, c'est à dire des revêtements en gravier.

C'est avant tout dans les quartiers du centre des villes historiques que l'on utilise le pavage. Le pavage des places centrales (rynek) des villes, ainsi que des rues considérées comme importantes eu égard leur valeur historique, sont devenus des éléments d'une "façade

horizontale" et font, de plus en plus souvent, objet d'études de la part des architectes et des constructeurs de chaussées. À cet égard, des exemples ne manquent pas dans les villes polonaises, et il suffit de mentionner ceux de Wroclaw, Jelenia Gora, Nysa, Cracovie pour ne citer qu'elles.

Les matériaux de pavage en pierre sont également utilisés dans des zones de trafic limité (zone 30), et ceci autant pour ces qualités esthétiques que pour limiter la vitesse des véhicules. Les propriétés de ce matériau sont de plus en plus appréciées dans beaucoup de villes en Pologne et dans de nombreux quartiers d'habitation.

Les revêtements des routes et des rues sont devenus, dès les années soixante-dix, l'objet d'un certain intérêt porté par les constructeurs de chaussées et par des spécialistes de réhabilitation au niveau des voïvodies ou des villes, et ils sont considérés comme des monuments de la technique routière. De nombreuses sections de routes pavées, recouvertes de trylinka ou de routes en briques sont désormais reconnues comme monuments de la technique routière et restent sous la surveillance des services polonais de réhabilitation des monuments historiques, certains étant même inscrits au registre national polonais des monuments historiques.

Une question à part, à laquelle on attribue de plus en plus d'importance, est la mise en valeur du milieu urbain de l'homme ; là aussi le revêtement des rues a son rôle à jouer. À cet égard, la proposition de construction de parkings avec des pièces de forme en béton, élaborée, en 1980, par le Dr ingénieur Edward Tylman de Cracovie, a trouvé un écho très favorable. Des pièces de forme hexagonales, présentant une ouverture destinée à être remplie d'humus, permettent de construire des "parkings verts", "des chemins d'accès verts", etc. Les surfaces construites à l'aide de ces pièces de forme sont perméables et elles contribuent ainsi parfaitement à régler le processus d'irrigation du terrain tout en réduisant l'évacuation des eaux pluviales vers les canalisations.

Il convient aussi de mentionner les travaux de recherche sur les revêtements facilitant la circulation des personnes handicapées. Ces travaux en sont à peine à l'étape initiale, mais la construction de passages pour piétons, exécutés à l'aide de dalles en béton munies de "bombements" qui doivent avertir les aveugles ou les personnes mal-voyantes de l'approche du passage, est déjà en cours d'exécution dans certaines villes. Des dalles et des pièces de forme en béton susceptibles de guider ces personnes handicapées en sont à l'étape des essais.

Dans ce bref article sur les chaussées historiques des villes, j'ai soulevé des questions qui, à mon avis, sont de première importance. J'en ai négligé d'autres ayant une importance

plus locale ou constituant une solution particulière en soi. Si j'ai plusieurs fois cité l'exemple de la ville de Cracovie, c'est pour la bonne et simple raison que le lieu de nos délibérations nous offre l'opportunité de voir de visu les exemples des solutions mentionnées.