

Auteur ou collectivité : Congrès international de la route. 1908. Paris

Titre : Premier congrès international de la route : Paris, 1908

Auteur : Aitken, Thomas (1857?-1918)

Titre du volume : Des modes de construction des routes macadamisées qui conviennent à la circulation moderne

Adresse : Paris : Imprimerie générale Lahure, 1908

Collation : 1 vol. (16 p.) ; 27 cm

Cote : CNAM-BIB 4 Ky 107 (16)

Sujet(s) : Revêtements (voirie) -- Grande-Bretagne -- 1900-1945 ; Routes -- Conception et construction -- Grande-Bretagne -- 1900-1945

Langue : Français

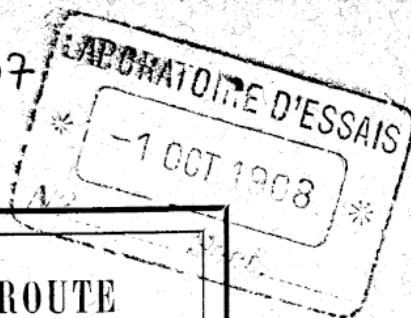
Date de mise en ligne : 06/04/2018

Date de génération du document : 6/4/2018

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?4KY107.16>

48

4° Ky 107



I^{ER} CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA ROUTE
PARIS 1908

3^e QUESTION

DES MODES

DE

CONSTRUCTION DES ROUTES MACADAMISÉES

QUI CONVIENT À LA CIRCULATION MODERNE



RAPPORT

PAR

M. TH. AITKEN

County Surveyor, à Cupar-Fife.

PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

1908

DES MODES DE CONSTRUCTION

DES ROUTES MACADAMISÉES

QUI CONVIENNENT A LA CIRCULATION MODERNE

RAPPORT

PAR

M. TH. AITKEN

County Surveyor, à Cupar-Fife.

Il n'y a plus de contestation, même de la part des adeptes des anciennes théories, sur la nécessité d'améliorer le mode de construction des routes pour se plier aux exigences du jour. Par suite du surcroît d'usure causé aux chaussées par l'augmentation de la circulation et son changement de nature, il faudra disposer d'un plus grand nombre de procédés d'entretien reconnus bons et appliqués non sans frais relativement élevés, pour satisfaire aux conditions du problème.

L'introduction d'une matière d'aggrégation bitumineuse, à la place d'un mélange de substance terreuse et d'eau, est maintenant considérée par la généralité comme la meilleure solution de la question. Ce mode de construction, tout en étant apte à résister au surcroît énorme d'usure que font subir à la route les nouveaux modes de locomotion, supprimera en pratique les fléaux de la boue et de la poussière qui, non seulement, sont devenus une gêne et une véritable plaie pour les piétons et les autres voyageurs, mais encore affectent très gravement les propriétés et les végétations riveraines de la route, en même temps qu'ils se posent dans une certaine mesure en adversaires de l'entretien même de la route.

Il y a bon nombre d'exemples d'excellentes routes en ce pays (Grande-Bretagne), et alors que les méthodes de construction convenaient aux périodes précédentes, où la circulation n'était pas aussi intense, aussi rapide ni aussi pesante, maintenant elles appellent des perfectionnements. Dans

AITKEN.

I 1

bien des cas, par suite du mode d'entretien adopté, de grandes routes perdent peu à peu leur solidité, se trouvent avoir un revêtement irrégulier, qui souvent ne tarde pas à se désagréger, les réparations n'étant pas à la hauteur du degré d'usure produit par une circulation croissante et spécialement par celle de lourds automobiles à rapide allure. Il ressort nettement de comptes rendus qui ont été publiés, que bien des routes sont absolument hors d'état de supporter la circulation nouvelle à laquelle elles sont appelées à servir, et, que dans beaucoup de cas, des réfections partielles ou totales seront nécessaires.

Ce n'est pas qu'il y ait des difficultés à construire une route macadamisée qui convienne à presque toutes les sortes de circulation (les méthodes seront décrites plus bas); mais il y a là plutôt une question de finance, et c'est là un sérieux aspect de la question. Il est évident que tout mode de construction qui permet aux routes de résister efficacement à l'usure produite par la circulation des automobiles, et en même temps de conserver l'imperméabilité, de façon à supprimer pratiquement la poussière, se recommandera de lui-même, en tenant compte de l'économie réalisée dans l'établissement, aux ingénieurs des Ponts et Chaussées et à tous autres intéressés.

Avant de décrire ce qu'on peut considérer comme les meilleurs procédés de construction et d'entretien pour adapter les routes macadamisées aux exigences du jour, il convient d'étudier quelques-uns des éléments qui constituent d'importants facteurs dans la construction et l'entretien des routes en général.

FONDATIONS

Pour toutes les sortes de chaussées, une bonne fondation, bien asséchée, s'impose, de l'aveu de tout le monde; c'est d'elle que dépendent dans une large mesure la vitalité future de la route et le coût de son entretien. Les deux grands pionniers de la construction des routes, Telford et Macadam, avaient des méthodes différentes pour établir une fondation.

Telford adopta la fondation posée à la main, et généralement elle porte son nom dans les cahiers des charges pour la construction de nouvelles routes. Il y a lieu de rappeler, cependant, que Telford n'employait ce mode de fondation que lorsqu'il pouvait se procurer des matériaux appropriés à ce but et que, dans bien des cas, il se servait de gravier et de toutes autres espèces de matériaux se trouvant sur les lieux. Des centaines et des centaines de kilomètres de nouvelles routes reçurent de Telford une fondation de gravier dans ce pays, principalement dans les plateaux d'Écosse. Macadam n'avait pas recours pour la fondation aux pierres posées à la main; mais préférait ne former la chaussée que de cailloux de mêmes dimensions. Sous ce rapport — il faut se rappeler que ce sont

principalement des routes déjà existantes qu'il fut appelé à améliorer. — Macadam trouvait généralement dans les anciennes routes assez de matériaux, mais de dimensions très irrégulières. En règle générale, Macadam repiquait tout le revêtement, restaurait la fondation, drainait le sous-sol là où besoin était, et posait alors les vieux matériaux après les avoir ébousinés et cassés de façon qu'ils aient tous le volume uniforme de 2 pouces cubes (32,772 cm), mais il exigeait ordinairement que le poids de chaque pierre ne dépassât pas 170 gr.

L'auteur de ce mémoire a adopté dans la pratique un système qu'on peut définir un compromis entre les deux méthodes qui viennent d'être exposées ; bien des kilomètres de nouvelles routes ont été construites selon ce système avec d'excellents résultats. Les matériaux bruts sont d'abord mis dans l'encaissement, puis cassés en cubes de 3 à 4 pouces de diamètre (7,6 cm à 10 cm) de la hauteur voulue, généralement 9 pouces (23 cm) au centre et 7 (18 cm) sur les côtés. On consolide cette couche par le cylindrage, on répand une couche de sable de 2 pouces (5 cm), en partie pour remplir les interstices, en partie pour former coussinet sous l'empierrement supérieur, qui constitue la surface d'usure. Les pierres formant la fondation d'une route doivent être dures et de bonne qualité ; elles ne doivent pas être sujettes à souffrir de la gelée ou du passage de roues pesantes.

Par malheur, la fondation de beaucoup de nouvelles routes a été faite avec de la pierre tendre ou des gravats durs, c'est-à-dire, dans bien des cas, avec des décombres.

Il peut être intéressant de remarquer que quelques-unes des routes de certains comtés de ce pays n'ont qu'une épaisseur d'ensemble de matériaux de 4 à 6 pouces (10 à 15 cm) et il n'y a pas de doute que ce ne soit là le type de centaines de kilomètres de routes dans les îles Britanniques. Ce fait est certainement dû à l'apparition des chemins de fer qui ont privé les routes de leur trafic ; par suite, on a ralenti le tracé des grandes routes à péage. Dès lors, ceux qui avaient les routes à leur charge disposèrent de si peu de fonds qu'on ne pouvait même exécuter comme il faut les réparations et que les routes en souffrirent conséquemment.

Il était commun de rencontrer, dans les derniers jours du système de routes à péage et même jusqu'à une époque relativement récente, des fondations découvertes et servant telles quelles à la fois d'assiette et de surface d'usure. Depuis la suppression des péages, une amélioration graduelle s'est produite, mais pas au point cependant de suivre les progrès considérables de l'automobilisme et l'augmentation de la circulation en général.

PIERRES SERVANT POUR LES ROUTES

Le choix de cailloux appropriés pour la réparation des routes est d'une extrême importance. Les qualités essentielles des pierres sont : qu'elles

soient dures, solides, résistantes et qu'elles ne se polissent pas sous l'influence de la circulation. Les matériaux formés de minéraux sujets à se décomposer ou en équilibre chimiquement instable sont à éviter, car l'oxydation produite par l'air et l'action dissolvante de l'eau impure, chargée de sels et d'acides organiques, sont des facteurs de destruction pour la conservation des routes. La dureté et la solidité se rencontrent rarement au même degré dans les pierres servant pour les routes, bien qu'il y ait de notables exceptions, comme en offrent le basalte et certaines olivines dont les éléments sont forts. La bonté des pierres dépend également de la consistance moléculaire et de la solidité du principal agent de cohésion des minéraux.

Pour la plupart, les cailloutis provenant de roches de la famille du basalte, de la dolérite et de l'andésite, sont très bons, bien que beaucoup de dolérites ne conviennent pas du tout aux routes. Il peut sembler étrange que le granit, dont la valeur est si appréciée pour les travaux de l'ingénieur en général, se trouve, à quelques exceptions près, constituer un minéral inférieur pour les routes, comparativement à ceux déjà mentionnés; il en est particulièrement ainsi de celui dont les cristaux de quartz sont forts et grossièrement semés. Le granit de Mountsorrel et des environs et quelques espèces des îles de la Manche sont regardés comme les meilleurs et on s'en sert beaucoup dans le sud de l'Angleterre.

Il est généralement admis que, lorsqu'on a affaire à une circulation intense, il est plus économique d'employer les matériaux les meilleurs qu'on puisse se procurer pour réparer les routes, fussent-ils même venir de loin et coûter plus qu'une roche de qualité inférieure qu'on trouve sur les lieux.

On s'est servi de bien des sortes de matériaux pour faire des réparations aux routes: graviers, silex, calcaire, laitiers de forge, grès à mou-dre, etc., notamment en Angleterre; mais ils ont maintenant cédé la place pour la plupart au granit de bonne qualité, au basalte, etc.

Il y a des roches en quantité dans bien des comtés d'Écosse et le prix moyen de la pierraille peut revenir à 4 sh. 6 d. ou 5 sh. par yard cube (6 fr. 85 à 7 fr. 60 par mc). A Londres, on peut prendre le chiffre de 15 à 18 sh. pour le macadam de Mountsorrel et de Guernesey (22 fr. 70 à 55 fr. 25 par mc).

MATIÈRE D'AGRÉGATION

Les opinions diffèrent sur la nécessité d'employer une matière d'agrégation pour aider à la consolidation des revêtements de route; le doute vient surtout de ceux qui étudient le problème des routes dans leur cabinet, sans avoir jamais eu l'occasion d'acquérir de l'expérience par la pratique de cet art. Telford se servait de fin gravier pour faciliter la liaison

du cailloutis des nouvelles routes, alors que Macadam excluait l'emploi de toute matière étrangère pour obtenir le même effet, prétendant que les pierres s'enchevêtreraient grâce à leurs angles mêmes. Il faut se rappeler que Macadam, comme nous l'avons déjà dit, s'occupait surtout de la réparation et de la réparation d'anciennes routes et que, pour la plupart, les matériaux employés avaient déjà servi pour l'empierrement. Les pierres irrégulières et les plus grosses étaient cassées pour avoir une dimension uniforme d'environ 2 pouces (5 cm) de diamètre et naturellement il pouvait adhérer encore à la pierraille une certaine quantité de substances terreuses qui, sans addition aucune d'autres matériaux, constituait aussitôt une matière d'aggrégation suffisante pour assurer la cohésion. Il n'était pas nécessaire d'utiliser une matière d'aggrégation dans l'ancien système de réparation des routes, qui consistait à répandre le cailloutis en lui donnant l'épaisseur d'une seule pierre, sur des bandes ou des flaches ayant 2 à 6 pieds de largeur (0 m. 60 à 1 m. 82) et une longueur qui différait suivant les cas; d'ailleurs Macadam avait acquis une grande expérience de ce procédé. Peu d'ingénieurs des Ponts et Chaussées ou d'inspecteurs remplissaient de gravier les interstices lors de ces racommodages, sauf dans des circonstances exceptionnelles. L'assiette des anciennes routes était généralement assez molle lorsque la pierraille était posée et la circulation des voitures assujettissait les pierres. Au cours de la consolidation de ces emplois, par l'effet de la circulation, ce qui demandait beaucoup de temps, plusieurs variations atmosphériques se produisaient, la gelée dominant pendant des semaines, parfois pendant des mois, sans discontinuer. Dans ces conditions, voici ce qu'il arrivait : les lourdes roues des charrois étaient obligées de passer sur ces pièces rapportées de l'empierrement, et l'ancien revêtement de la route étant dur, le passage des voitures produisait l'effet d'une meule sur les pierres et contribuait éminemment à les polir. Par ce procédé, non seulement les angles des pierres s'arrondissaient, mais il se formait indirectement une matière d'aggrégation suffisante par le limage de la pierraille. Sans aucun doute ce système aidait admirablement à la liaison des lits de pierraille, mais au détriment du cailloutis; en outre, l'enchevêtrement était défectueux, justement parce que les angles des pierres étaient émoussés. Pendant la saison sèche qui suivait, on se heurtait à un grand inconvénient; car les pierres se détachaient et la circulation les éparpillait sur toute la surface de la route. Ce mode de réparation était pratiquement le seul en usage jusqu'à l'apparition des cylindres compresseurs, mais ce procédé ancien est encore employé dans une certaine mesure actuellement.

Le nouveau système de réparation des routes réalise un grand progrès sur les méthodes d'autrefois et produit de bons effets là où la circulation est lente et moyenne. En général, on répand sur toute la largeur de la route en réparation des couches de pierraille de 5 à 4 pouces d'épaisseur (7,5 à 10 cm), au sortir même du cassage mécanique fonctionnant dans

les différentes carrières. Les cailloux ainsi obtenus, passés à la claie pour les débarrasser de toute substance inutile, donnent une pierraille dont les éléments sont bien tous de même taille. Lors de la consolidation des couches de cailloutis par le cylindrage, il est indispensable d'utiliser une certaine quantité de matière agrégative convenable, afin de maintenir la cohésion entre les pierres. C'est d'elle que dépend le succès de l'opération, une fois que le cailloutis a été répandu comme il faut. Si l'on se servait dans de fortes proportions d'un mélange de matériaux impropres, on procéderait évidemment de façon défectueuse tant au point de vue sanitaire qu'au point de vue économique. C'est aussi le moyen de produire beaucoup de poussière par un temps sec et de boue par un temps humide, sans compter l'usure réelle des pierres par le passage des roues. Dans de telles circonstances, les pierres n'arrivent jamais à s'enchevêtrer comme il faut et il n'y a pas de véritable solidité tant qu'un volume considérable de boue remplit les interstices. Cela a pour effet d'amener le dessèchement de la boue agrégative pendant l'été et par suite une sorte de ratatinement, alors que, durant l'hiver, la gelée dilate l'humidité considérable amassée dans la boue et gaufre le revêtement de la route. Pour obtenir une chaussée dans les meilleures conditions, il est nécessaire d'employer une matière liante de nature légère, comme du sable glaiseux, et cela, en petites quantités, mais qui soient suffisantes pour assurer la cohésion et le moins d'interstices possibles dans le cailloutis. Les cassures de trapp forment aussi une bonne matière d'agrégation et tous les rechargements devraient être effectués en répandant une légère couche de cassures sur le revêtement et en finissant par un cylindrage.

Même quand on emploie les matériaux les plus résistants à l'usure comme pierraille, c'est la matière liante qui fait la fortune ou la perte d'une route macadamisée, et il est hors de doute qu'on obtient d'admirables résultats quand le travail est exécuté selon les données de la science et de la pratique. Il n'en est pas moins vrai que la matière agrégative est le défaut de la cuirasse dans la construction des routes. Il en faut une de nature glutineuse ou bitumineuse avec l'accroissement actuel du nombre des véhicules automobiles, si l'on veut adapter convenablement les routes à la circulation moderne.

L'auteur de ce mémoire est entré dans des détails minutieux à propos de cette matière d'agrégation; mais c'est qu'il sent que, toutes autres conditions étant égales, c'est là le noyau de toute la question de la construction et de l'entretien efficaces des routes.

CYLINDRAGE

Un cylindrage bien fait est chose de grande importance; bien des routes revêtues avec de la pierraille de bonne qualité ont à souffrir et se désagrègent quand l'eau contenue dans la matière liante s'est évaporée. Il faut

tendre, en cylindrant et comprimant la pierraille additionnée d'une matière d'agrégation adéquate en petite quantité, à approcher du volume occupé primitivement par les matériaux dans la masse terrestre. Tout excès de matière liante doit être exprimé par des tours répétés de cylindre et balayé. Il en résulte une croûte solide capable d'offrir une résistance très efficace à l'action du passage normal des roues et renfermant la proportion la plus faible de substances solubles qui puissent former de la boue par un temps humide et de la poussière par un temps sec. On fabrique des cylindres de différents poids, qu'on emploie suivant l'état de la route sur laquelle on doit opérer et suivant la nature des matériaux employés pour les emplois. Il faut aussi tenir compte des conduites d'eau et de gaz et autres tubes affectés à diverses distributions, situés sous la chaussée, et qui, dans bien des cas, se trouvent voisins de la surface ou peu recouverts. On se sert surtout de rouleaux de 12 à 15 tonnes; ces derniers sont les plus employés en Écosse, où la pierraille est principalement de nature ignée, dure et très résistante à l'usure. La quantité de pierraille qui peut être consolidée en un jour par un rouleau de 15 tonnes varie en fonction de la nature de la pierre, de l'espèce de matière liante employée, du degré de compacité exigé, de la nature et de l'intensité de la circulation sur la route où s'effectue l'opération. Dans des conditions favorables, on peut consolider convenablement en un jour 50 à 60 tonnes (5.080 à 6.100 kg), mais ce chiffre peut être réduit à 40 ou même 30 tonnes, là où la circulation oblige à s'arrêter souvent et surtout sur les routes suburbaines. Il y en a beaucoup qui plaident pour le cylindrage à sec, ceux principalement qui n'ont que peu d'expérience en ces matières. Ils estiment que le cylindrage continu d'une couche de pierraille amènera sa consolidation sans l'auxiliaire de matière liante ni d'eau. Ce qui advient en réalité, c'est que la pierraille s'use par frottement et s'écrase, et qu'on obtient ainsi une certaine quantité de matière d'agrégation, ce qui avec la pluie, donne des résultats passables. Avec ce système de cylindrage, les pierres sont plus ou moins détériorées et diminuent par suite l'utilité pratique des réparations qu'on effectue, car elles sont incapables à supporter la circulation. Il résulte de ce mode de construction beaucoup de boue par les temps humides et de poussière par les temps secs.

Les routes macadamisées, construites comme il faut, conviennent admirablement pour la plupart des genres de circulation dans les conditions atmosphériques ordinaires; le meilleur état d'une route macadamisée est celui où elle renferme une petite quantité d'humidité, en sorte que la matière d'agrégation possède alors un certain nombre des qualités du ciment. En tout cas, c'est aux conditions atmosphériques anormales qu'il faut obvier, c'est-à-dire à une longue période de sécheresse ou d'humidité. Dans l'un ou l'autre de ces cas, chacune des pierres qui se trouvent immédiatement sous la couche superficielle s'use considérablement, car la matière d'agrégation perd ses qualités de ciment; il s'ensuit qu'il con-

viendrait d'employer comme matière liante une substance résistante, si l'on veut améliorer les routes macadamisées et les rendre aptes à résister à l'usure produite par la circulation nouvelle et toujours croissante et éviter en même temps l'inconvénient parasite de la boue et de la poussière.

MACADAM GOUDRONNÉ

Sans aucun doute, le tar-macadam, ou la pierraille goudronnée de quelque autre façon, constituera le mode futur de construction des chaussées dans ce pays, notamment pour les grandes routes. En effet, le goudron ou ses composés, employé comme matière d'agrégation avec une certaine quantité de cassures et de poussière de trapp est un excellent agent de cohésion et donne une masse solide et homogène. Avec ce système, on empêche les frottements internes et l'usure des couches de pierraille, inconvénient qui ne manque pas de se produire avec le macadam ordinaire. En confinant la véritable usure de l'empierrement à la surface, elle devient relativement faible, la durée de la route en est considérablement augmentée et l'on réalise des économies d'entretien.

L'utilisation du tar-macadam date d'environ cinquante ans dans ce pays, et suivant M. Arthur Brown, membre de la Société des Ingénieurs civils, ingénieur de Nottingham, ce serait cette ville qu'on regarderait ordinairement comme le lieu d'origine de l'asphaltage et des chaussées macadamisées. Le mode de préparation actuel des matériaux pour le tar-macadam, tel qu'on l'applique à Nottingham et dans quelques autres villes, réalise un grand progrès sur les méthodes d'autrefois. Le système le plus perfectionné règle les proportions du mélange de la pierre ou du laitier et du goudron; le procédé exécuté scientifiquement supplante les méthodes grossières qu'on suivait autrefois. On emploie d'autres procédés pour traiter le laitier ou la pierraille et ordinairement on amasse les matériaux en tas afin de permettre au goudron en excès de s'égoutter. Ceci est un point essentiel et demande deux semaines au minimum. Lorsque les matériaux goudronnés se trouvent dans l'état voulu, on les charge sur un tombereau, on les répand sur la route en réparation et on consolide par un cylindrage effectué suivant les méthodes ordinaires. On emploie des pierres de dimensions différentes qu'on étale en couches régulières en se servant des matériaux les plus menus pour finir la surface. Le tar-macadam fait de laitier qui absorbe le goudron, comme on le prétend, n'a pas une durée ni une résistance à l'usure comparables à celles des pierres bien connues de ce pays. Le tar-macadam ou le tar-mac fait avec du laitier a donné d'excellents résultats dans bien des endroits, alors que dans d'autres ils ont été variables. La main-d'œuvre nécessaire pour mélanger les matériaux, réduite au minimum comme elle l'est maintenant par l'emploi des machines, est encore telle qu'en pratique il faut, à cause de

la cherté de la préparation, renoncer à l'emploi général de ce genre de macadam goudronné pour les grandes routes de comté, sauf dans les localités où il existe une usine de malaxage. A Nettingham, le prix varie entre 1, 9 et 2 d. par yard carré (0 fr. 25 à 0 fr. 24 par mq). Dans d'autres villes il est de 6 d. (0 fr. 72), la moyenne dans tous les cas pouvant être fixée à 4 d. par yard carré (0 fr. 48 par mq). Il y a lieu de tenir compte de l'augmentation de durabilité d'une route ainsi traitée, par rapport aux routes macadamisées ordinaires, pour comparer le prix de revient annuel des deux systèmes de réparation.

On a utilisé le tar-macadam comme revêtement dans beaucoup de villes, mais son prix de revient par les procédés précédents semble devoir le faire écarter, et on ne pourrait pas entreprendre son application sur une grande échelle. On a essayé dans quelques localités, mais avec peu de succès, une autre méthode d'exécution du macadam goudronné. Elle consiste à verser le macadam bouillant sur la pierraille après l'avoir partiellement cylindrée. On pense ainsi opérer le jointement de la pierraille et le parachever au moyen de cassures de pierre qui rempliront les vides à la surface : on continue d'ailleurs le cylindrage pour consolider le revêtement. Par cette méthode, il est inévitable qu'on répande du goudron en trop grande quantité et d'une façon très irrégulière : par les temps chauds, tout le revêtement commence par se déranger et se déformer pour finir par se désagréger. L'application du goudron bouillant à la pierraille froide mérite réflexion, car, dans bien des cas, il se trouvera que le goudron sera refroidi. Dans ces conditions, il est sujet à s'écailler autour des pierres et présente ce désavantage d'ailleurs que les propriétés agrégatives de la matière liante en sont diminuées.

On a essayé un autre moyen de faire du macadam goudronné en employant une matière d'agrégation composée de cassures de granit, de trapp ou de calcaire et en les recouvrant complètement de goudron ou d'une composition à base de goudron. Pour recharger une route sur une épaisseur de 10 cm, on répand d'abord sur l'ancien empierrement une couche de cette matière d'agrégation avant d'appliquer la pierraille. Par dessus on met la pierraille et on procède au cylindrage, dans l'idée de forcer la matière liante à pénétrer dans les interstices des pierres, grâce à la compression exercée par les roues du cylindre. Pour mettre ce système à l'épreuve, il y a plusieurs années l'auteur de ce mémoire a essayé plusieurs matières d'agrégation de ce genre en variant la composition et les proportions, mais sans grand succès. Pour avoir une réelle valeur, la matière d'agrégation doit être complètement liquide ; dans cet état, on ne peut pas la manier comme il faut et, de plus, à procéder dans ces conditions, on se heurte à l'inconvénient que la matière liante devient gluante par les temps chauds à cause de l'excès de goudron qu'elle contient. D'autre part, si elle est épaisse, elle ne pénétrera pas le revêtement, et il faudra une couche superficielle de matière liante qu'on comprimera à son

tour pour la faire entrer dans les interstices du cailloutis. Il se peut que ces deux applications se rencontrent au centre du revêtement, mais cela n'a pour ainsi dire jamais lieu, sauf si le revêtement est mince, et il en résulte en pratique un placage à la base et à la surface du revêtement. Sur les routes à surface irrégulière, ce système présente des inconvénients dus à ce qu'il faut répandre des épaisseurs différentes de cailloutis pour donner à la route la forme convenable, ou bien il y a des frais en plus à faire par la raison qu'il faut piocher l'ancien revêtement.

Cependant, d'autres personnes semblent avoir récemment repris les essais du macadam goudronné de ce genre et ont obtenu de bons résultats, dit-on. Il a été lancé dans le commerce comme un nouveau procédé et les annonces le dénomment « Taroia » ou « Système Gladwell ». On a exécuté beaucoup de travaux de cette façon, surtout avec des revêtements ayant l'épaisseur d'une pierre, et on s'en est bien trouvé. Le prix de revient de cette construction est plus élevé que celui du macadam ordinaire de 4 à 6 d. par yard carré (0 fr. 47 à 0 fr. 70 par mq).

Des observations précédentes il s'ensuit évidemment que, pour obtenir de bons résultats qui ne soient pas trop coûteux, il est nécessaire d'employer des dispositifs qui traitent comme il faut la pierraille mécaniquement aussitôt après qu'elle a été répandue sur la route. En répandant le liquide gluant sous une pression considérable, celui-ci traverse l'empierrement, pénètre autour et en dessous des pierres détachées et les recouvre entièrement d'une pellicule de goudron ou substance à base de goudron. Après cela, il est nécessaire de donner deux ou trois tours de machine suivant l'épaisseur du revêtement; ensuite on répand des cassures de trapp en petite quantité pour remplir les interstices du revêtement. On consolide la pierraille par le cylindrage et on applique à nouveau une couche de goudron à la surface à l'aide de la machine; on sème des cassures et de la poussière de trapp par-dessus et on finit par un cylindrage. De cette façon, on applique juste la quantité de goudron nécessaire pour obtenir de bons résultats; avec cette machine déverseuse on peut traiter des revêtements d'une épaisseur de 10 cm. En appliquant la matière liante de cette façon, chaque pierre en est revêtue convenablement, et on évite d'introduire dans le corps de la chaussée un excès de goudron, ce qui serait d'ailleurs un inconvénient. On ne peut pas y arriver par le travail manuel, ni par des machines d'où les matériaux liquides ne s'écoulent absolument que par l'effet de la pesanteur.

La quantité de cassures nécessaire pour remplir les vides, afin de faire du revêtement une masse homogène, dépend de la grosseur des pierres employées; plus elles sont petites, moins il faudra de cassures. Dans ce procédé, il faut tenir compte, comme pour toutes les sortes de macadam goudronné, de la nature des pierres: les matériaux qui ont la cassure nette doivent être préférés aux pierres d'une contexture délicate.

Suivant l'opinion de l'auteur, la méthode qui vient d'être décrite est la

plus économique pour faire un tar-macadam et elle est presque aussi efficace que tout autre. Dans tous les cas, il est absolument nécessaire que tous les matériaux soient parfaitement secs et que le travail soit exécuté par un beau temps.

Si la matière liante est faite de goudron épuré, elle doit avoir une résistance suffisante pour agréger les pierres et former un revêtement imperméable. Si le raffinage n'est pas effectué de façon à débarrasser le goudron des substances ammoniacales et du naphthé, l'oxydation produite par l'air aura un mauvais effet sur le goudron; si l'épuration est poussée trop loin, le goudron devient cassant après l'application et les roues des véhicules le réduisent facilement en poussière.

La difficulté est d'amener le goudron au degré de composition convenable pour ce genre de travail; aussi a-t-on adopté à cet effet d'excellents mélanges contenant une certaine quantité de bitume. Ceux-ci pour la plupart prennent bien et semblent être l'idéal pour constituer une matière gluante propre au tar-macadam.

Dans des conditions favorables cela produit un revêtement dont la densité approche beaucoup de celle de la roche solide, qui est d'une imperméabilité parfaite et conserve un certain degré d'élasticité et est en pratique silencieux. On peut réduire considérablement le bombement des routes ainsi faites, par rapport à celui qu'elles ont à présent; elles sont sûres pour le pied des chevaux et le coût du balayage est diminué.

La compacité de l'agrégat est un facteur important pour la plupart des revêtements carrossables et notamment pour les routes macadamisées. La proportion de vides dans la pierraille à l'état libre varie suivant la dimension de chacune des pierres composant l'empierrement. Après la consolidation par cylindrage, il reste un certain nombre de vides, qui dépend de la nature des pierres, de leur forme extérieure, de leur dimension, du poids du cylindre employé et du degré de cylindrage. La pierraille cassée à la machine, si elle est de bonne qualité et convenablement triée à la claie, peut former par la compression une masse plus solide que le cailloutis cassé à la main. Sous ce rapport, quand on fait un macadam goudronné à *pied d'œuvre*, il est préférable de se servir de matériaux cassés et triés à la machine, parce que, sous l'action des roues du cylindre, les pierres se mettent d'elles-mêmes dans la position qui leur convient, se trouvent coincées et par suite occupent le moins de volume possible avec un minimum d'interstices remplis de matière liante: goudron, composés à base de goudron ou cassures de trapp.

Il est de la plus haute importance, pour la construction et l'entretien des routes, d'employer pour faire du macadam goudronné à *pied d'œuvre* des pierres ayant les dimensions les plus avantageuses et qui, en tenant compte des conditions nouvelles de la circulation, donneront les meilleurs résultats sous le rapport de la résistance à l'usure et renfermeront dans les interstices ou vides une quantité suffisante de matière d'agrégation.

Incontestablement, le revêtement le plus compact, réunissant aussi les autres conditions essentielles, est le plus durable et permet, par suite, de réaliser une économie de frais d'entretien. Le grand point dans la construction des routes macadamisées est de réduire autant que possible le frottement interne réciproque des pierres, et, sur ce chapitre, l'introduction du goudron ou d'un composé à base de goudron comme matière liante, additionné d'une certaine quantité de cassures qui dépend de la dimension des pierres employées, constitue un progrès marquant sur les méthodes généralement suivies à notre époque. L'introduction d'une matière liante bitumineuse donne la solution de ce côté du problème et l'usure résultant de la circulation des véhicules se trouve entièrement confinée à la surface de la route.

Pour obtenir un revêtement parfaitement homogène et très consistant, on peut adopter différentes méthodes dans l'exécution du travail. Il n'y a aucun doute qu'on arrivera au maximum de consistance en se servant de pierres de dimensions différentes, ce qui aura pour effet de réduire aussi complètement que possible la proportion d'interstices ou de vides. Tout en réalisant l'idéal de la solidité, ce mode ne donnera pas en pratique à la route ce maximum de durabilité qu'on cherche à réaliser en même temps que l'économie dans la construction. C'est un fait bien connu qu'une pierraille de différentes dimensions appliquée sur la route et consolidée par le cylindrage ordinaire donne lieu à la création de flaches et irrégularités dans le revêtement peu après la consolidation sous l'influence d'une circulation intense. On discute le point de savoir si un macadam goudronné composé de pierres de différentes dimensions, bien malaxées comme dans le système bithulistique, offre autant de résistance et conserve aussi efficacement la route en bon état qu'un revêtement de pierres de dimensions à peu près égales, subissant le traitement à pied d'œuvre et devant leur cohésion à une matière liante de nature bitumineuse. La dimension de la pierraille est aussi un facteur important dans la détermination de la quantité de matière liante ou plutôt de mélange aggrégatif nécessaire pour la construction des routes. Si les pierres sont de grande dimension, c'est-à-dire ont 6,5 cm de diamètre, le nombre des vides est tel qu'il exige une quantité relativement importante de matière liante pour que les interstices soient remplis comme il faut. Dès lors, on constate que tout en obtenant une masse homogène, on élève les frais d'établissement à un prix voisin de celui de l'asphaltage. La solidité est remarquable, mais pour des routes en pleine campagne, il faut un mode de construction meilleur marché et de ce côté les pierres composant le revêtement doivent, si elles sont de bonne qualité, supporter l'usure de la circulation pendant que la matière liante, au lieu d'assumer en partie la charge de cette usure, ne doit être considérée que comme élément d'aggrégation et ne servir que comme tel.

L'auteur de ce mémoire a fait depuis quelques années des expériences

multiples sur ce chapitre, et il est maintenant d'avis que, pour obtenir les meilleurs résultats sous le rapport de l'efficacité et de l'économie dans la construction, comme aussi sous celui de l'élimination de la poussière et de la boue, il convient d'employer des pierres d'une grosseur de 2,5 à 5 cm. La pierraille de cette dimension dont on s'est servi jusqu'ici dans bien des cas pour obtenir un bon revêtement n'était pas d'une durabilité remarquable, mais avec une matière liante de nature bitumineuse elle donne d'excellents résultats.

Dans les conditions nouvelles de la circulation et en face des nouveaux modes de traitement des routes conçus en vue d'y satisfaire, il est évident qu'on doit adopter le mode de construction le plus efficace, mais en même temps le plus économique.

Les expériences auxquelles il a été fait allusion ont convaincu l'auteur que pour réaliser une construction économique, il faut réduire au minimum les vides du revêtement qui sont remplis par le liquide bitumineux et les cassures. La matière liante n'ayant pas grande résistance à l'usure ne doit être considérée que comme l'instrument d'agrégation.

En ce qui concerne l'efficacité, il y a lieu de faire des recherches ultérieures pour savoir s'il faut préférer au revêtement formé de pierres de dimensions régulières, celui qui est composé de pierres de dimensions différentes traitées comme il est dit ci-dessus en remplissant les interstices ou vides d'une matière liante adéquate et en comprimant suffisamment pour arriver au maximum de compacité. S'appuyant sur son expérience personnelle, l'auteur, tout en admettant que des matériaux de différentes dimensions, agencés convenablement, peuvent quelque peu réduire les vides, se prononce en faveur du mode de construction qui consiste à employer des pierres de dimensions égales en fait, afin d'assurer une usure uniforme de la surface et par suite une durabilité plus grande, ce qui est un facteur essentiel.

Les échantillons dont il est question ci-dessus, prélevés sur la route, sont ceux de pierres d'une grosseur variant entre 2,5 et 5 cm, répandus à pied d'œuvre en même temps qu'une matière liante de nature goudronneuse et consolidés avec un rouleau de 15 tonnes. Le poids spécifique de la matière liante était d'environ 1,2 et il est de toute évidence qu'en employant une matière liante bitumineuse de densité spécifique plus grande, on augmenterait la densité spécifique de la route.

L'auteur a constaté que la solidité des morceaux de la route réelle qui a été construite, consistant en pierres de la dimension susdite, traitées de la façon décrite ci-dessus, représente, comparée avec les matériaux à l'état massif dont la route est formée, 85 à 88 pour 100 de la solidité des matériaux résistant à l'usure (les morceaux de route en question figurent à l'exposition avec des notices explicatives).

Il faut faire une large place à une matière d'agrégation qui réunisse le bon marché à l'efficacité et on ne peut la déterminer avec précision

qu'après plusieurs années d'expérience pratique. Il est nécessaire d'avoir plusieurs degrés de solidité et plusieurs proportions de mélange de substances bitumineuses avec la matière liante, afin de les employer suivant les nécessités de la circulation, mais il reste à fixer exactement les proportions dans un avenir prochain.

Le prix de revient de la confection du macadam goudronné à pied d'œuvre dépend surtout de la quantité relative de bitume ou autre substance semblable incorporée au goudron. Si on emploie du goudron ordinaire épuré, qu'on peut se procurer à 1 denier $1/2$ le gallon (0 fr. 036 par litre) le prix de revient est d'environ 0 fr. 60 par tonne de pierraille consolidée ou d'environ $3/4$ ou un denier par yard carré (0 fr. 08 à 0 fr. 12 par m^2) en plus de celui du macadam ordinaire. Cependant s'il était nécessaire ou préférable d'utiliser un composé du goudron afin de faire face à une circulation très lourde, le prix augmenterait suivant la proportion de bitume contenue dans le mélange.

Les mélanges employés en Écosse sont de différents prix, mais le meilleur, et probablement le plus économique à la longue, revient en moyenne à environ 5 deniers $1/4$ à 4 deniers par gallon (0 fr. 08 à 0 fr. 97 par litre).

Un mélange goudronneux à ce dernier prix, appliqué à un empierrement de 10 cm d'épaisseur, représente approximativement, y compris la main-d'œuvre, 4 d. par yard carré (0 fr. 48 par m^2), soit environ 2 d. (0 fr. 24 par m^2) en plus de ce que coûte le macadam ordinaire.

Dans les travaux exécutés près de Cupar-Fife, l'auteur du mémoire s'est servi de différentes sortes de goudron et de mélange, et l'expérience qu'il y a acquise lui permet de conclure qu'un mélange assez visqueux et susceptible de sécher suffisamment vite, qui peut être produit à bon marché, constituera la substance utilisée à l'avenir pour obtenir une matière liante qui donne les résultats désirés.

Le répandage de mélanges bitumineux à la machine pour faire du macadam goudronné à pied d'œuvre, système introduit par l'auteur, il y a bien des années déjà, a répondu à toutes les espérances et satisfait pleinement aux exigences modernes.

MOYENS D'EMPÊCHER LA POUSSIÈRE

On ne peut donner de solution satisfaisante au problème qui a absorbé et maintenant encore absorbe l'attention des ingénieurs des Ponts et Chaussées et du public, en général, qu'en adoptant pour les routes, ainsi qu'on l'a vu, une forme ou une autre de macadam goudronné. Néanmoins, comme bien des années doivent s'écouler avant que toutes les grandes routes d'un pays puissent subir ce traitement, il convient de chercher quelque méthode d'empêcher ou de supprimer le fléau de la poussière.

Le nombre croissant des « poids lourds » à traction mécanique et des

automobiles à rapide allure, — et, en vérité, de tous les modes de locomotion, — a eu pour conséquence de faire ressortir aux yeux du public les méfaits de la poussière.

On en peut reconnaître les importants ravages dans l'énorme préjudice occasionné à la propriété par la diminution de valeur de beaucoup de maisons voisines des routes fréquentées par les automobiles, et dans le dommage causé aux jardins et à la végétation, en général, aux meubles et aux vêtements, aux marchandises et aux denrées, etc. Le côté hygiénique de la question est aussi d'une importance extrême et la gêne causée aux piétons sur la route ainsi que le danger qu'ils courent constituent un état de choses auquel il faut remédier d'urgence.

Il y a plusieurs facteurs qui influent sur la formation de la poussière : les plus importants sont la nature des pierres et de la matière liante employées ainsi que le genre et l'importance de la circulation supportée par les routes. L'usure des routes est due en grande partie aux véhicules à bandage mécanique, aux pieds des chevaux et à la succion produite par les gros pneus des automobiles à rapide allure ; l'action destructive des pneus n'en devient que plus intense lorsqu'ils sont munis de rivets d'acier ou d'autres antidérapants. L'expérience montre qu'une automobile allant à environ 20 km à l'heure ne soulève pas plus de poussière qu'une voiture à quatre chevaux, mais lorsque la vitesse augmente, les nuages de poussière deviennent plus denses, la matière liante et les petites pierres sont arrachées du revêtement après une longue période de temps sec.

Le frottement interne et l'érosion réciproque des pierres constituant la croûte superficielle engendrent la poussière, et cette action est augmentée par le fait que la matière liante perd ses propriétés de ciment par la sécheresse. Le plan sur lequel sont construits les automobiles a quelque chose à voir avec la quantité de poussière soulevée ; mais c'est, en premier lieu, par un traitement appliqué aux routes qu'il faut aborder la suppression de la poussière. On a adopté de ci de là différents moyens pour combattre le mal, tels que l'arrosage et l'emploi de divers palliatifs, qui doivent tous être écartés comme étant à la fois coûteux et éphémères, quoique l'on se soit bien trouvé de leur emploi. Ce qu'il faut, en réalité, c'est une substance de bonne constitution et de nature visqueuse, telle que le goudron et ses composés.

Dans un mémoire lu, il y a quelques années, devant l'« Association Britannique » à Southport, l'auteur a préconisé le répandage du goudron pour empêcher la poussière ; mais les membres de la section de l'ingénieur ne paraissent pas y avoir eu recours à cette époque.

Il est généralement reconnu maintenant que le goudron, sous l'une ou l'autre de ses formes, est la seule substance qui donne satisfaction jusqu'à présent à cet effet. Pour traiter une route comme il faut, le liquide doit pénétrer à un certain degré dans le revêtement, ce qui a ou n'a pas lieu suivant la présence ou l'absence de divers facteurs qui entrent en jeu.

Cette pénétration ne pourra pas être obtenue en versant le goudron sur la route avec des seaux ou à la main et en l'étalant à la brosse, à moins que le goudron ne soit bouillant; mais, les pierres étant froides, le liquide se refroidit et une pénétration efficace ne peut pas avoir lieu. Cette observation ne s'applique pas dans la même mesure aux pays dont le climat est très chaud. Pour faire pénétrer effectivement la matière liante d'un revêtement, il est nécessaire de répandre le goudron très dilué et sous pression. Par ce moyen, on utilise complètement chaque litre de goudron pour une superficie donnée de revêtement. Tout goudronnage exige une route parfaitement exempte de poussière et de matières étrangères; plus la matière liante est légère, plus l'application sera efficace et plus la pénétration sera profonde. Il n'est pas à recommander d'enduire la surface d'une route sans viser à la pénétration; car, après une période de temps humides, le goudron s'écaille et forme une boue visqueuse. Il est nécessaire de répandre de la poussière à la surface après le goudronnage, et la meilleure est celle de trapp ou d'une autre matière analogue, dont les grains aient 0 cm 6 de grosseur. Le sable n'est pas efficace, et la surface de la route devient parfois glissante pour le pied des chevaux. Pour être couronné de succès, le travail doit être exécuté lorsque l'intérieur et la surface de la route sont complètement secs et qu'il fait beau temps.

Il n'y a pas de doute que, quand une route a été enduite comme il faut de goudron ou autre mélange analogue, outre la suppression de la poussière, on prolonge la durée de la route et on se couvre amplement des frais du goudronnage. Le goudronnage est le moyen le plus économique d'éviter la poussière, pourvu que le goudron soit de bonne qualité, distillé et appliqué convenablement. Les routes ainsi traitées réunissent plusieurs des avantages de l'asphalte, sont en fait imperméables, donnent du pied aux chevaux, sont relativement silencieuses et, d'autre part, permettent de réduire les frais de balayage.

Le prix du répandage varie entre certaines limites, dépendant du coût du goudron, de la quantité employée et d'autres circonstances; mais on peut considérer qu'il est $3/4$ d. ou 1 d. par yard carré de route traitée (8 ou 12 c. par m²).

En tous cas, on ne peut obtenir de routes sans poussière, en tant qu'il s'agit de la route en elle-même, abstraction faite de la poussière importée sur sa surface, qu'avec un macadam goudronné ou bituminé d'une façon ou d'une autre.

Cupar-Fife, juin 1908.

(Trad. BLAEVOET.)

