

EVOLUTION TECHNIQUE DES TRAVAUX ROUTIERS DE 1973 A 1983

Par Michel GERARD

Ingénieur ETP

Directeur de l'Entreprise G.T.R.

L'Entreprise routière assure son activité principale en réalisant des projets établis par l'Administration.

Dès lors le rôle de l'Administration et notamment de la Direction des Routes depuis sa création dans l'évolution de la technique routière est un rôle fondamental, l'entreprise routière adaptant son parc de matériel et ses moyens humains à la nature des travaux définis dans les Cahiers des Prescriptions Spéciales.

Cette introduction définit le plan de l'exposé qui comprendra deux chapitres.

- 1 — Evolution des travaux confiés par l'Administration à l'Entreprise
- 2 — Evolution des moyens techniques de l'Entreprise pour s'adapter.

I — Evolution des travaux confiés par l'Administration à l'Entreprise

Jusqu'en 1970, les Arrondissements des Travaux Publics scindaient les travaux en tâches élémentaires :

- fourniture des matériaux — pierre cassée
 - gravillons
 - liants
- transport de ces matériaux
- mise en œuvre de ces matériaux.

La fourniture des matériaux faisait l'objet de ce qu'on appelait alors des Marchés Généraux.

Les matériaux de concassage (pierre cassée — gravillons) étaient fournis par des entreprises de concassage à caractère artisanal.

Le transport était assuré le plus souvent par l'entreprise de concassage.

L'entreprise de mise en œuvre qui était l'entreprise routière, était cantonnée au simple rang de prestataire de service chargée de répandre des matériaux rendus à pied d'œuvre.

Il arrivait parfois que cette entreprise n'ait même pas à assurer le compactage qui était à l'époque du cylindrage. Ce cylindrage faisait partie d'un marché général de cylindrage passé avec une société spécialisée.

Les travaux de revêtement étaient régis par les mêmes principes :

- les gravillons étaient approvisionnés au bord des routes à revêtir en tas géométriques mètres par l'Administration,
- les liants étaient fournis soit dans les dépôts T.P. soit dans des usines.

Les travaux de revêtement consistaient donc à assurer le répandage des gravillons et des liants et le cylindrage de l'enduit.

Il est évident qu'un tel schéma ne laissait pas beaucoup d'initiative à l'entreprise.

Ce fut l'époque des petites entreprises routières aux moyens adaptés aux structures du marché et dont le rayonnement était régional.

Dans les années 1970, un changement d'optique complet visant à responsabiliser davantage les entreprises commença à être mis en application.

L'idée directrice majeure de l'Administration des Travaux Publics consistait à confier des réalisations « clé en main » à l'entreprise routière.

Le premier grand chantier lancé dans le cadre de cette nouvelle politique fut la construction de la RS 511 entre CHICHAOUA et AGADIR.

Sur le plan de la technique routière pure on vit également se substituer à la pierre cassée et au blocage, des tout-venants d'abord criblés puis semi concassés.

Cette évolution de la technique devait s'affirmer complètement en 1974 avec l'édition des nouvelles spécifications éditées par la Direction des Routes et qui introduisait les normes GNA — GNB, indice de concassage ainsi que les nouvelles granulométries des matériaux de revêtement 4/6 — 6/10 — 10/14. La mise au point définitive de ces normes débouchait sur la mise en application du catalogue des structures.

Il convient de remarquer que l'élaboration de ces nouvelles normes a été le fait essentiel de l'Administration, le secteur privé n'ayant pas été consulté.

Les entreprises se sont ainsi trouvées devant des exigences nouvelles souvent sévères et tellement différentes de celles en application auparavant que souvent une partie de leur matériel devenait complètement dépassé et inutilisable.

Le seul moyen de s'adapter à ces nouvelles normes était pour les entreprises d'investir.

- investir dans le matériel de concassage pour produire en qualité et en quantité les matériaux demandés,

- investir du matériel de mise en œuvre pour atteindre les performances requises (compacité notamment).

La contre partie avantageuse pour les Entreprises tenait au fait que les marchés « clés en main » portait sur de grands travaux et que l'importance financière de ces marchés permettait d'obtenir des crédits d'équipement auprès des organismes bancaires.

Le dernier aspect de cette responsabilisation totale de l'entreprise au niveau des travaux qui lui sont confiés, réside dans l'auto-contrôle que l'entreprise doit réaliser : il convient en effet de vérifier que les exigences du C.P.S. sur les matériaux sont satisfaites avant d'en fabriquer la totalité : c'est la naissance du laboratoire de l'entreprise. Ce laboratoire est d'ailleurs obligatoire aux termes mêmes des marchés pour les travaux les plus importants.

II — Evolution des moyens techniques de l'Entreprise

Une entreprise désireuse de s'équiper se tourne vers des fournisseurs qui représentent les grandes sociétés mondiales de fabrication de matériel.

Le matériel de travaux publics étant conçu à l'extérieur du Maroc et dans des pays aux conditions de sols de matériaux, aux conditions climatiques et aux normes de travaux différentes, il convient au moment de l'acquisition que les besoins de l'entreprise soient très clairement définis pour répondre à ses besoins.

Cet aspect est d'autant plus important que la novation en matière de matériel est une règle constante chez les constructeurs, règle dictée par les évolutions techniques mais aussi par la concurrence qu'ils se livrent.

Les grands aspects à retenir dans cette évolution sont :

- la généralisation de l'hydraulique sur tous les engins,
- l'introduction de l'électronique,
- les progrès de la métallurgie au niveau de l'élaboration d'alliages spéciaux,
- l'augmentation des puissances des moteurs thermiques.

Ces développements peuvent être observés point par point.

1 — Généralisation de l'hydraulique

— Au niveau des transmissions des engins —

Tous les chargeurs, bulldozers, compacteurs, toutes les niveleuses de la dernière génération sont équipés de transmission hydraulique. L'hydraulique a diminué les temps du cycle élémentaire de travail.

Les pompes à débit variable permettent d'envoyer la puissance vers la fonction sollicitée :

- avancement — godet — ripper —
- Hydraulique dans les systèmes de vibration —
 - sur les finisseurs
 - sur les compacteurs vibrants

La vibration est par définition une notion anti-mécanique.

La technique de l'hydraulique a permis un développement très important de la technique de la vibration car un système hydraulique supporte et « encaisse » mieux les vibrations rémanentes d'un engin vibrant.

- Hydraulique dans les répandeuses de liant —

Un moteur hydraulique entraîne la pompe doseuse.

Il n'y a plus de relation directe entre le régime du moteur du camion et celui de la pompe doseuse. Le dosage au sol est maîtrisé parfaitement.

2 — Introduction de l'électronique dans les engins

- Sur les compacteurs vibrants —

Un dispositif électronique assure la corrélation entre la vibration et l'avancement de l'engin.

Cet avancement étant fonction du sol à compacter, l'efficacité de la vibration est optimisée par l'électronique.

- Sur les finisseurs et sur les niveleuses —

Des palpeurs électroniques s'appuyant sur un guide asservissent l'outil de la mise en œuvre pour réaliser le profil requis.

Notons que le guidage des niveleuses est maintenant assuré par laser.

- Sur les centrales d'enrobage —

Les postes d'enrobage sont maintenant complètement automatisés. La pompe à bitume est asservie au poids de matériaux passant sur un tapis peseur **alimentant** le secteur. Il ne peut donc plus y avoir de fluctuation sur les teneurs en bitume.

Des affichages digitaux indiquent à chaque instant la teneur en liant de l'enrobé, le tonnage d'enrobés produit depuis la mise en route. Toutes les températures utiles (bitume — enrobés) sont affichées au pupitre de commande.

Le maintien en température des liants est également régulé électroniquement.

Un poste d'enrobage fonctionne dorénavant avec un chef de poste et un responsable du liant soit 2 personnes.

- Sur les répandeuses —

Les répandeuses peuvent être équipées de computer à l'intérieur de la cabine du camion. En introduisant les informations élémentaires de dosage, de largeur de répandage et de nature du liant, le com-

puter assure seul le contrôle du répandage. Le personnel se réduit au seul chauffeur du camion.

Le développement de l'électronique dans le matériel reste un sujet d'actualité.

Le développement des électrovannes qui sont un mariage de l'électronique et de l'hydraulique, a simplifié tous les systèmes de commande de fonction en substituant des fils électriques à de lourds systèmes de tringlerie ou de câbles.

3 — Progrès de la métallurgie

Les progrès réalisés dans l'élaboration d'alliages spéciaux ont permis l'évolution des techniques de concassage.

- naissance des broyeurs giratoires
- augmentation de la vitesse de rotation des concasseurs à percussion,
- développement des broyeurs à barre ou à boulets pour fabriquer des sables,
- augmentation de la dimension des concasseurs primaires.

Les alliages spéciaux servent également à confectionner toutes les pièces d'usure des engins de terrassement de foration.

Leur plus grande résistance diminue les temps d'immobilisation pour remplacement de ces pièces d'usure.

4 — Augmentation des puissances

L'augmentation de la puissance des engins est une donnée constante de leur évolution depuis 10 ans.

L'introduction des systèmes de suralimentation (les turbos) sur les moteurs diesel, y a largement contribué en améliorant en même temps leur rendement (économie d'énergie).

Il est certain que l'augmentation de la puissance des moteurs a permis l'augmentation de la puissance des équipements et donc de la productivité de ces engins.

Il sera naïf cependant de considérer que la sophistication du matériel ne revêt que des aspects positifs.

En effet, cette sophistication n'est pas toujours garante de fiabilité et les difficultés de dépannage sont le reflet du degré de sophistication.

Le bilan s'avère cependant positif et les deux grands critères de l'évolution du matériel durant la dernière décennie peuvent se résumer en 2 points :

- recherche du gain de productivité
- recherche des économies d'énergie.

III – CONSEQUENCE DE L'EVOLUTION TECHNIQUE DES TRAVAUX SUR L'EVOLUTION DE L'ENTREPRISE

Nous venons d'évoquer d'une part l'évolution des travaux confiés à l'entreprise et d'autre part l'évolution du matériel qu'elle doit employer pour réaliser ses travaux.

Un critère résume assez bien ces deux évolutions : la performance.

Qu'il s'agisse de compacité, de dureté, de propreté, de forme de résistance ou de délai d'exécution les normes sont de plus en plus performantes et pour les réaliser, l'entreprise doit disposer du matériel adéquat mais pour conduire, diriger, entretenir ou dépanner ce matériel, il lui faut des hommes, et ces hommes là ont dû également évoluer.

Les chauffeurs ou les conducteurs se sont bien adaptés dans la mesure où les engins gagnaient en facilité de conduite et en confort.

La maîtrise — chef d'équipe, chef de chantier — a dû assimiler la notion de rendement des engins.

Les conducteurs de travaux ont dû adapter leurs méthodes et leurs planning aux possibilités nouvelles du matériel.

L'évolution propre du matériel a obligé les mécaniciens à apprendre l'hydraulique.

La sophistication des engins a introduit une nouvelle notion tout à fait fondamentale : celle de l'entretien systématique. Ainsi à côté des équipes de dépannage sont nées des équipes d'entretien équipées d'un matériel spécifique et qui assurent chaque jour les tâches élémentaires recommandées par les constructeurs et tout à fait indispensable à la vie des engins.

Enfin l'évolution technique des travaux ayant conduit à une mécanisation presque systématique, les gestionnaires ont dû eux aussi intégrer la fonction « matériel » dans leurs méthodes. Et cela d'autant plus que le coût d'achat de ce matériel n'a cessé d'augmenter depuis 10 ans.

EVOLUTION DES COUTS DES TRAVAUX ROUTIERS ENTRE 1973 et 1982

Par MICHEL GERARD
Directeur de la Société

« LES GRANDS TRAVAUX ROUTIERS »

Etudier l'évolution du coût des travaux routiers revient à se pencher sur la répartition des charges par nature à l'intérieur du prix de revient global.

Les charges essentielles en matière de travaux routiers portent sur :

- La main d'œuvre et la maîtrise
- Le coût du matériel comprenant l'amortissement, l'entretien et la réparation de ce matériel,
- Le coût des matières consommables, c'est à dire les carburants plus les lubrifiants.

Ces charges représentent suivant le type du chantier entre 80 et 85% du prix de revient.

Les 15% — 20% manquant correspondent à la somme :

- des frais de Laboratoire
- de l'achat des explosifs si nécessaire
- de l'achat du petit matériel de chantier (pelles, pioches, tentes...)
- des frais d'extraction de matériaux
- des loyers payés à des particuliers pour installer sur leur terrain soit une station de concassage, soit un poste d'enrobage, soit le campement,
- des frais d'achat de l'eau d'arrosage lorsqu'elle provient de puits,
- des frais fixes du chantier pour rémunérer l'encadrement, les mécaniciens, les topographes...

L'analyse des postes principaux du prix de revient entre 1973 et 1982 fait apparaître les évolutions suivantes :

- Le coût de la main d'œuvre a été multiplié par 1,62
- Le coût des carburants suite aux différentes hausses du pétrole a été multiplié par 5,78
- Le coût du matériel comprenant la valeur d'achat et le coût des réparations pour une durée de vie de 10.000 heures a été multiplié par 4,2.

Si on rapporte les augmentations de chacun de ces paramètres aux pourcentages qu'ils représentent dans le prix de revient, on constate que ces augmentations auraient dû se concrétiser par une multiplication des prix de vente par un coefficient 4.

Pendant cette période 1973-1982 les prix de vente ont été réellement multipliés par 2,8 (liants exclus) ou par 3,6 (liants inclus) (1).

Au cours de cette même période le coût de la main d'œuvre, qui représentait en 1973 26% a chuté en 1982 à 13% du prix de vente hors liants (2).

En première analyse on peut conclure que les salaires ont augmenté moins vite que les carburants et le matériel.

Mais cet argument ne constitue pas à lui seul la véritable explication.

Le moindre renchérissement du coût des travaux routiers tient en fait à deux éléments très complémentaires :

- Un élément propre à l'organisation interne de l'entreprise,
- Un élément propre à la nature des travaux confiés à l'entreprise par l'Administration.

Considérons d'abord le second élément :

Les années 1970-1973 sont marquées par un changement important dans la nature et la consistance des travaux confiés à l'entreprise : l'Administration confie désormais des marchés clé en main.

L'entreprise doit tout faire : fabriquer ses matériaux, les faire agréer, les transporter, les mettre en œuvre.

Cette nouvelle politique de l'Administration conditionne complètement l'évolution des coûts des travaux routiers.

En effet la taille des chantiers permettant une organisation rationnelle et des cadences de travail élevées, l'Entreprise va s'équiper avec des moyens de production plus performants :

- les stations de concassage, qui débitaient 20 m³/heure en 1973, deviennent de petites usines débitant entre 60 et 100 m³/heure suivant le produit.

- Les postes d'enrobage sont passés d'une capacité de production de 50 T/heure en 1973 à 150 T/heure en 1982.

On peut même noter à ce sujet que les coûts de fabrication des enrobés très grevés par le séchage et le chauffage des matériaux (fuel), ont diminué grâce à l'adoption de la technique du tambour sèche-malaxeur (Drum-Mixer) qui permet l'enrobage d'un matériau contenant encore jusqu'à 2% d'eau.

- Le matériel de mise en œuvre devenu très performant grâce d'une part à des améliorations techniques (transmissions automatiques — généralisation de l'hydraulique...) et à une meilleure formation du personnel.

En contrepartie, la mise en œuvre de ce matériel est devenu très onéreuse, en raison des frais de transfert et de montage. A titre d'exemple le prix du kilomètre de porte-char utilisé pour le transport du matériel est voisin de 10 Dirhams.

Or ces frais sont fixes et identiques quel que soit le tonnage des matériaux à produire. Il en résulte que le prix de revient des travaux routiers est largement influencé par la taille du chantier.

La rentabilisation de ces moyens performants ne peut se faire économiquement que dans le cadre de grands chantiers.

Un surcoût doit être admis pour les chantiers de faible importance. Une planification rigoureuse des travaux est nécessaire pour profiter des économies d'échelle qui résultent d'un regroupement des travaux.

NOTES

- (1) Voir graphique sur l'évolution des coûts des travaux routiers entre 1973 et 1982.
- (2) Voir graphique sur l'évolution des éléments de prix de revient des travaux routiers entre 1973-1982.

EVOLUTION DES COÛTS DES TRAVAUX ROUTIERS ENTRE 1973 et 1982

N.B : Les calculs ont été effectués sur la base d'un chantier type PGR
(renforcement de la RP2 dans la subdivision de SOUK-EL-ARBA)

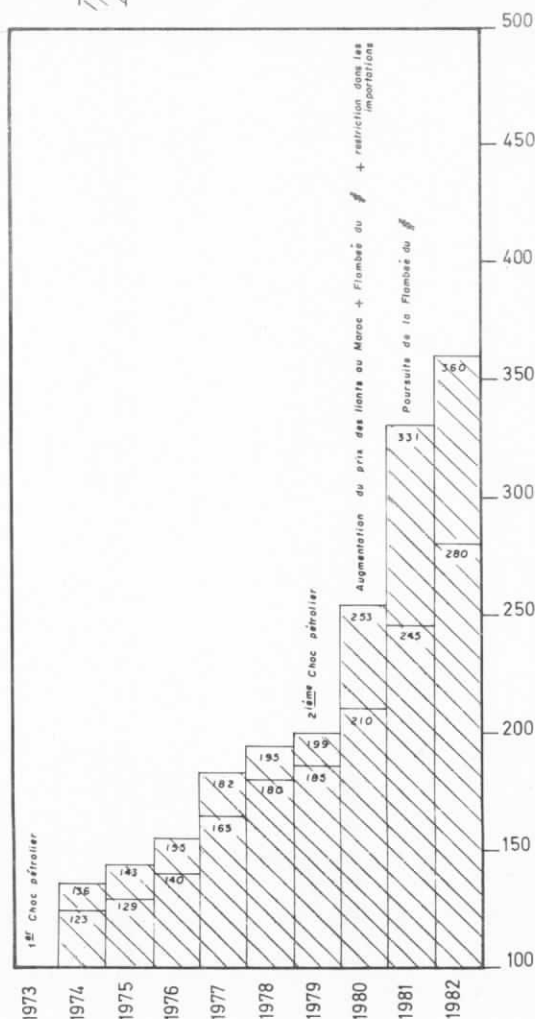
LEGENDE



COÛTS DES TRAVAUX HORS LIANTS



COÛTS DES TRAVAUX Y COMPRIS LIANTS



EVOLUTION DES ELEMENTS DE PRIX DE REVIENT DES TRAVAUX ROUTIERS ENTRE 1973 et 1982

Les calculs sont effectués sur l'exploitation d'un chantier type PGR
(renforcement RP2 dans la subdivision de SOUK-EL-ARBA)

N.B : L'entreprise a fabriqué elle-même la totalité des matériaux

LEGENDE



% DE LA MAIN D'ŒUVRE RAPPORTÉE AU PRIX DE VENTE HORS LIANTS
(Chantier)



% MATERIEL (Amortissement + entretien y compris main d'œuvre mécanique)
RAPPORTÉ AU PRIX DE VENTE HORS LIANTS



% CARBURANTS RAPPORTÉS AU PRIX DE VENTE HORS LIANTS

