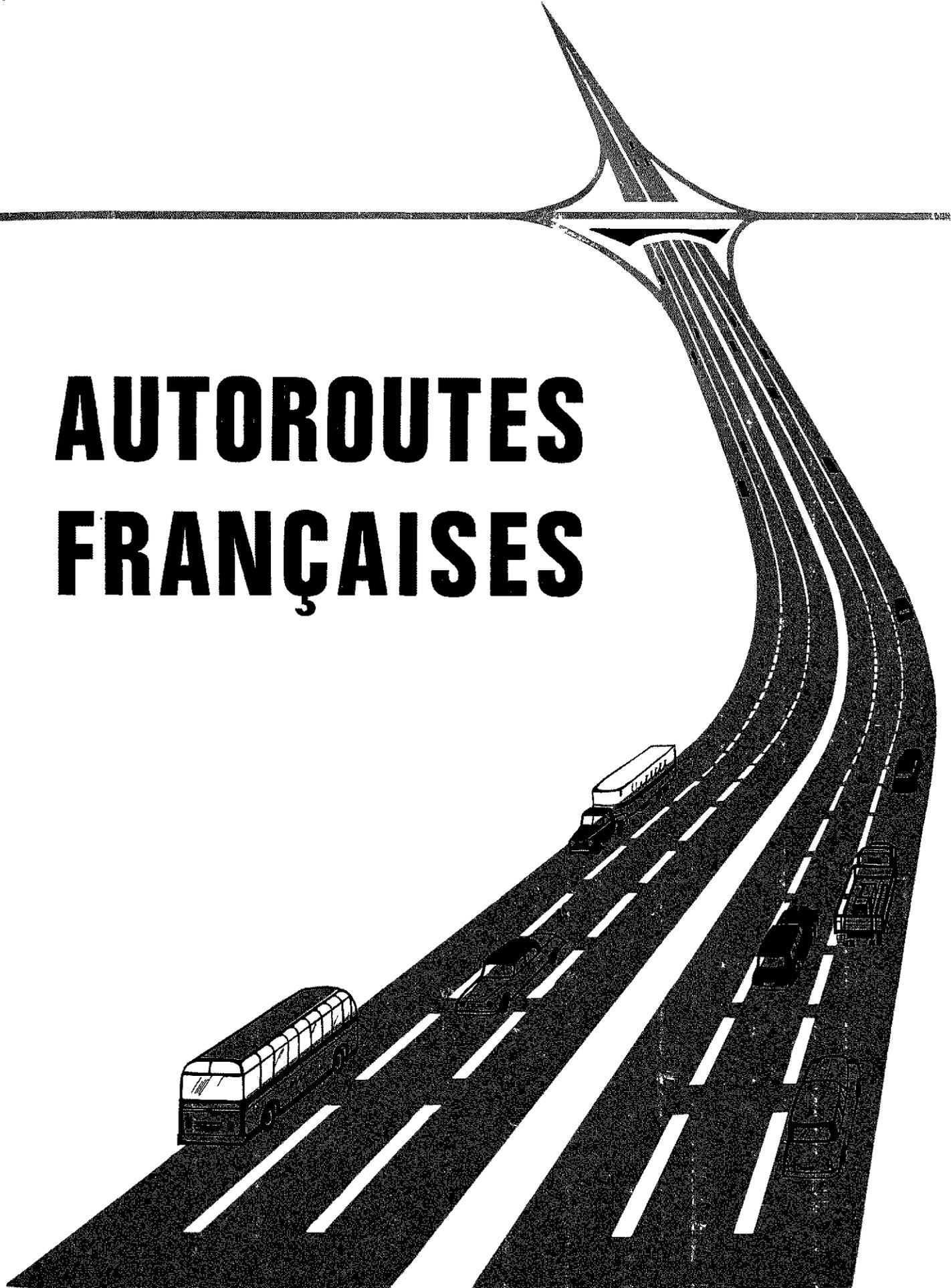


# AUTOROUTES FRANÇAISES





(PHOTO PRISE LE 20-4-66 et CERTIFIÉE SANS AUCUNE RETOUCHE par le Studio BERTIN à MANTES)

SIGNALISATION de L'AUTOROUTE de NORMANDIE, PRÈS DE CHAUFOUR, APRÈS 20 MOIS DE CIRCULATION.

PRISMO FRANCE, PROMOTEUR DE LA PEINTURE RÉFLECTORISÉE EN FRANCE, ÉQUIPÉE en MATÉRIEL LOURD, S'EST TROUVÉE TOUT NATURELLEMENT...

AU SERVICE DES AUTOROUTES

**PRISMO FRANCE**

53, Rue Jean-Bonal  
92 — LA GARENNE-COLOMBES

Tél. : 782-35-00

## AUTOROUTES FRANÇAISES, AN 6

- 49 AVANT-PROPOS  
de Monsieur EDGARD PISANI, Ministre de l'ÉQUIPEMENT.
- 51 PLANIFICATION ET FINANCEMENT DES AUTOROUTES.
- Intérêt économique des autoroutes.
  - Place des autoroutes dans les programmes routiers.
  - Coût constaté des autoroutes de liaison.
  - Le recours à l'emprunt concession et péages,
- 64 LIBÉRATION DES EMPRISES D'UNE AUTOROUTE.
- Législation des autoroutes.
  - Libération des emprises d'autoroutes de liaison.
- 67 ÉTUDES D'AUTOROUTES.
- Articulation générale.
  - Études préliminaires.
  - Élaboration d'un projet.
- 85 CINQ ANS DE RÉALISATIONS.
- La multiplication des grands chantiers.
  - Les réalisations et les cadences.
- 91 DEMAIN...
- Autoroutes et villes.
  - Autoroutes et aménagement du territoire
  - Pour conclure...

## **Deux questions**

*Pourquoi 72% des VIBROFONCEURS exportés par P.T.C. ont-ils été vendus aux États-Unis ces trois dernières années ?*

*Pourquoi 96 sur 100 des appareils de fonçage par vibration vendus aux États-Unis sont-ils des VIBROFONCEURS P.T.C.?*

## **Une seule réponse**

**Les entrepreneurs américains exigent du matériel qu'ils utilisent une qualité sans défaut et le rendement maximum.**

---

## **PROCÉDÉS TECHNIQUES DE CONSTRUCTION**

**9, place des Ternes · PARIS · 17 · Téléphone : 227-65-35**

**Adresse Télégraphique : MATIGAVENU — PARIS**

La France a entrepris depuis cinq ans la construction d'un réseau d'autoroutes adapté aux besoins d'une circulation en constante expansion : en face des détracteurs, des sceptiques, des pessimistes, l'Administration a su faire la preuve qu'elle était capable de mettre en œuvre les techniques d'étude les plus modernes et les plus efficaces, de même que les entreprises ont su s'équiper et utiliser les matériels les mieux adaptés à la production à cadence industrielle.

L'organisation mise en place permettrait sans grande difficulté, j'en suis convaincu, d'augmenter encore la cadence de construction, qui est déjà comparable à celle de nos partenaires européens.

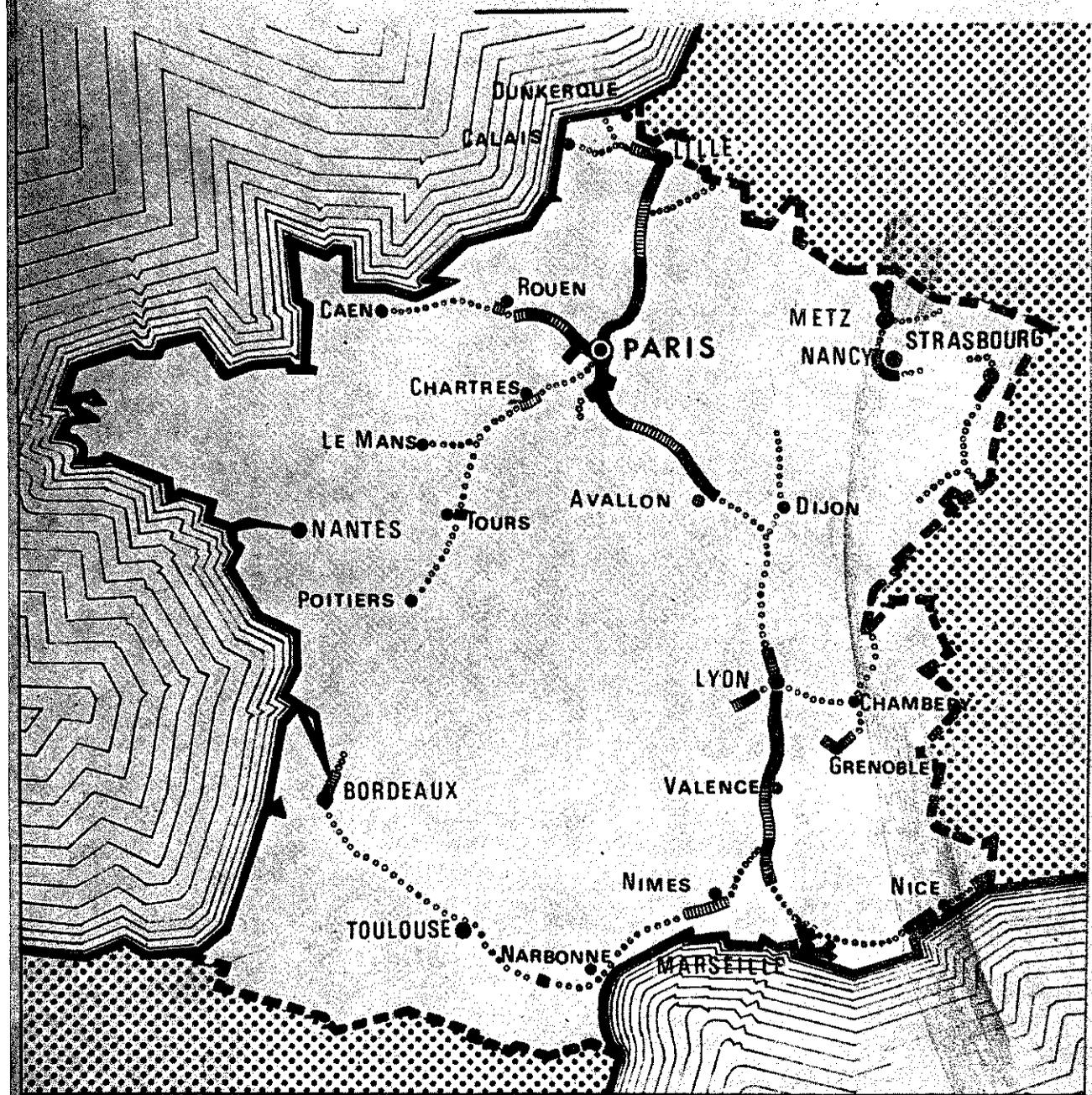
Mais ce serait grave illusion que de se contenter, en dressant le bilan de cette incontestable réussite, d'attendre avec confiance un avenir sans nuages. Ce que l'Administration a réussi à accomplir pour les autoroutes de rase campagne, il lui appartient de le réaliser pour les autoroutes urbaines : des longueurs plus réduites, et des dépenses comparables ne signifient nullement un effort identique en matière d'études ; il faut que les ingénieurs soient persuadés qu'on les jugera bientôt sur leur aptitude à concevoir, étudier et réaliser les voies dont dépendra pour une large part l'harmonie des cités de demain : le choix de l'emplacement de la route dans la ville, de la position de ses accès, de la structure du réseau de collecte, l'intégration plus ou moins efficace de parkings d'échange, la prise en compte des besoins des transports collectifs, la prise de conscience des relations étroites entre la structure du réseau de circulation et la solution du problème foncier constituent des éléments déterminants qui donnent au problème urbain une dimension et des prolongements dont il faut prendre la mesure. Si l'on ajoute l'extrême complication des problèmes purement techniques, on ne peut que mieux apprécier l'ampleur et le caractère passionnant, mais redoutable, de la tâche à laquelle nous devons désormais nous consacrer.



Edgard PISANI.

# LA CONSTRUCTION DES AUTOROUTES FRANÇAISES.

Etat d'avancement du réseau à la date du 31 Décembre 1965.



KILOMETRAGE		
en service (1.1.66)	ouvert à la circulation au 1.1. 1963	: 242
en chantier (1.1.66)	mis en service pendant l'année 1963	: 107
prévu au Plan Directeur de 1960	" " " " " " " " 1964	: 136
	" " " " " " " " 1965	: 173
	ouvert à la circulation au 1.1. 1966	: 658 km

ECHELLE  
0 50 100 km

FIGURE 2. — Développement du réseau français d'autoroutes de liaison : l'axe Lille-Paris-Lyon-Marseille est déjà en service à 40%. Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 171

# Planification et financement des autoroutes

## Intérêt économique des autoroutes

Voie spécialisée et réservée à la circulation automobile — l'autoroute procure des avantages :

- individuels à chacun de ses usagers (temps gagné et fatigue réduite notamment),
- collectifs à l'ensemble des habitants d'un pays (sécurité incorporée, aménagement du territoire, tourisme accru).

### Avantages individuels procurés par l'autoroute.

Un statut juridique spécial (loi du 18 avril 1955) réserve exclusivement l'autoroute à la circulation mécanisée, en la libérant de tout accès direct des riverains ainsi que de toute intersection à niveau avec d'autres circulations.

Conforme aux conceptions techniques les plus récentes, l'autoroute offre une géométrie adaptée à la dynamique et aux trajectoires des véhicules modernes et chacun de ses ouvrages est construit et entretenu dans cette perspective.

En outre, son exploitation met en œuvre un service d'entretien de qualité, notamment en hiver, une surveillance continue assortie d'une intervention rapide au moindre incident, ce qui améliore encore les conditions de circulation qu'elle offre à ses usagers.



Par rapport à la meilleure des routes ordinaires, l'autoroute procure donc à chaque usager des avantages mesurables :

- gain de temps pour un parcours donné (30 à 40% de réduction à longueur égale) ;
- amélioration de la sécurité, surtout à la vitesse qu'elle autorise (3 fois moins d'accidents) ;
- augmentation du confort de conduite (le comportement des usagers montre qu'ils y sont sensibles et y attachent une valeur élevée) ;
- subsidiairement : réduction des dépenses de fonctionnement (consommation de carburant, pneumatiques, etc... entretien du véhicule).

Ces dernières économies sont masquées en pratique par l'élévation de vitesse permise, en toute sécurité, par l'autoroute : on peut dire que les usagers échangent ces gains contre une réduction du temps de parcours, au moins pour les autoroutes de liaison. Mais en ville, sur autoroute urbaine doublant un itinéraire ordinaire saturé, ces gains de fonctionnement reprennent leur place, qui est importante.



Comme chaque usager peut jouir de ces divers avantages qui ne décroissent que lentement quand la fréquentation croît beaucoup (ce qui n'est pas le cas sur route ordinaire), le produit du bénéfice individuel par le grand nombre d'usagers qui peuvent le faire conduit à un *avantage cumulé qui traduit l'adaptation de l'autoroute aux débits élevés.*

Ainsi s'explique son attrait sur l'usager dont le comportement démontre qu'il apprécie ces avantages.

### **Avantages de l'autoroute pour la collectivité.**

*L'autoroute réduit l'inconvénient de la distance.* Elle permet donc de concevoir des *villes beaucoup plus étendues*, élargissant ainsi le domaine offert à l'urbanisation.

Le développement des grandes villes ne se conçoit plus aujourd'hui qu'en combinant un réseau de transports en commun (métro, chemin de fer de banlieue) et un réseau de voies rapides urbaines (autoroutes ou routes express, susceptibles d'ailleurs d'accueillir des autobus).

*L'autoroute donnera donc aux villes son armature de circulation* : elle les structurera demain comme elle commence à structurer le territoire national : ainsi se dessine le réseau de voies essentielles adaptées aux circulations croissantes que nous observons.

Réponse au trafic, l'autoroute attire aussi la circulation et développe un *trafic induit* (augmentation très rapide de 30% environ du trafic total sur la liaison).

Elle doit nous aider à réaliser des ensembles de villes complémentaires, bien reliées entre elles, donc à créer les conditions d'un développement plus équilibré des diverses régions du pays.

Sous l'angle du *tourisme* qu'elle développe (les autoroutes italiennes l'ont montré), enfin son rôle n'est pas négligeable : c'est ce qu'on attend aussi de nos autoroutes du Midi (A 7, A 8 et A 9).

Tous ces avantages collectifs peuvent se comptabiliser et l'ont été : ils entrent pour une part importante dans la planification de nos autoroutes, à côté des avantages individuels, sensibles à chacun et qui déterminent le comportement de l'usager.

## **Place des autoroutes dans les programmes routiers**

### **L'autoroute, équipement à planifier.**

Équipement coûteux (3 à 4 millions de francs par kilomètre en moyenne en rase campagne, 3 à 12 fois plus dans les zones urbaines difficiles), l'autoroute n'est justifiée économiquement qu'au-dessus de certains volumes de circulation :

grandes liaisons intérieures à une zone bâtie, pour les autoroutes urbaines, grandes liaisons entre villes pour les autoroutes de rase campagne.

De plus, faute de tout pouvoir entreprendre à la fois, il faut les construire selon un plan préétabli tirant le meilleur parti des ressources disponibles, en répondant aux besoins selon leur hiérarchie.

### Le premier programme.

Notre premier Plan Directeur du Réseau Routier National, présentement réalisé au cinquième, a été établi en 1959-1960 : il envisageait 3.600 kilomètres d'autoroutes et a servi de base à deux Plans : le IV<sup>e</sup> (1962-1965) et le V<sup>e</sup> (1966-1970).

Mais, dès à présent, s'impose une mise à jour par compléments, car :

1°) *La circulation a crû plus et plus vite* qu'admis par ce premier Plan Directeur parti d'hypothèses des plus prudentes : 64% effectivement en 5 ans (entre 1960 et 1965) au lieu des 40% pris en compte.

2°) *Cette croissance a toutes chances de se poursuivre* à un rythme au moins aussi rapide : à l'horizon de 1985, il faut raisonnablement s'attendre à ce que ce trafic ait plus que quadruplé en moyenne par rapport à 1960.

Un exemple concret peut illustrer cette croissance : en 1985, si l'autoroute A 6 Paris-Lyon n'était pas en service, il passerait sur la Nationale 5 entre Fontainebleau et Moret-sur-Loing, autant de véhicules qu'il en passait en 1960 sur la Nationale 1, entre Paris et St-Denis. De plus, il y aura des sections de routes, notamment aux abords des villes, qui connaîtront un accroissement supérieur au quadruplement moyen, valable surtout en rase campagne.

3°) *La doctrine de l'aménagement du territoire a été précisée* (définition des métropoles d'équilibre).

4°) *Les moyens d'études des experts routiers ont été améliorés* en quantité et en qualité : on peut prévoir mieux et à plus long terme, des choix d'aménagements plus élaborés.

✱

### Le programme à l'étude.

Le nouveau Plan Directeur du Réseau Routier National pour la période 1965-1985 comportera inévitablement plus d'autoroutes. Combien en plus ? Cela dépend des hypothèses tant sur le financement possible que sur le développement du recours au péage.

— Dans le cas le moins favorable pour les usagers, on prévoit qu'en 1985, il faudrait avoir en service 7.000 kilomètres d'autoroutes de liaison (300 km/an pendant 20 ans) et environ 1.500 kilomètres d'autoroutes urbaines et 1.000 kilomètres de routes express.

— Le cas le plus optimiste conduit au contraire à porter à 12.000, 2.500 et 1.500 km respectivement, les longueurs précédentes, si on suppose que le taux d'actualisation pour les travaux routiers a la valeur « normale » de 7% considérée dans d'autres secteurs. Or, présentement, ces investissements sont pénalisés, car ils doivent faire la preuve d'une rentabilité immédiate supérieure.

✱

## Compléments à ce réseau autoroutier.

La trame autoroutière précédente n'est qu'un élément, certainement essentiel, mais non unique, de l'équipement routier dont la France a besoin. A côté de cette charpente, il subsiste une place pour d'autres aménagements, soit à titre transitoire, en attendant l'autoroute, soit à titre définitif pour les liaisons qui n'atteindront pas les seuils de trafic justifiant une autoroute.

C'est ainsi que le Plan à l'étude doit statuer sur 30.000 kilomètres de routes nationales (sur 80.000) qui d'ici 1985 connaîtront les problèmes de capacité. La moitié environ serait à aménager en autoroutes ou en routes à quatre voies.

Sur ces dernières, beaucoup d'idées fausses ont été colportées et ces routes ne sont pas le substitut économique à l'autoroute qu'on y voit d'ordinaire. Le Ministre des Travaux Publics l'a précisé lui-même, à la Tribune de l'Assemblée Nationale en 1965 :

« La route à quatre voies n'apparaît en rase campagne comme une solution séduisante que si on peut la créer intégralement par élargissement d'une route ordinaire existante. Son coût n'est alors que le quart de celui d'une autoroute de liaison.

« Malheureusement ce n'est que rarement le cas et si l'on ne peut conserver que 60% du tracé ancien, ordre de grandeur fréquent, son coût passe à 40% de celui de l'autoroute. A la limite, la route à quatre voies entièrement neuve coûte presque aussi cher que l'autoroute sans en avoir les avantages.

« Cette première limitation technique (construction économique) se double d'une seconde, concernant le trafic qu'elle peut écouler : une valeur journalière moyenne de 12.000 v/j (en rase campagne) constitue un plafond. S'il est dépassé, toutes les caractéristiques qui différencient la route à 4 voies de l'autoroute deviennent simultanément inacceptables : les croisements à niveau avec les autres routes limitent le débit et compromettent la sécurité. Aux heures de pointe, la traversée devient presque impossible et la route à quatre voies constitue une coupure sérieuse dans la région. De plus tous ses autres usages, sous la pression du courant principal qui la parcourt, deviennent dangereux et gênants : manœuvres des riverains, cheminement des cycles et des piétons... en même temps que le nombre des collisions frontales recommence à croître puisqu'aucune séparation de sens de circulation n'y est matérialisée physiquement... »

Ainsi la route à quatre voies n'a-t-elle qu'un domaine d'emploi bien défini : elle ne convient qu'à des trafics modérés et destinés à le rester longtemps.

Comme elle ne pourra jamais devenir autoroute, la route à quatre voies ne doit donc être prévue qu'avec discernement et son projet suppose en particulier une connaissance détaillée du trafic et de son évolution à terme.

\*\*

D'autres aménagements compléteront ainsi les autoroutes :

- routes express (sans riverains et à chaussées séparées)
- routes à quatre voies, dûment justifiées.
- routes à deux ou trois voies calibrées.
- itinéraires hors gel (chaussées renforcées).

Enfin, il faudra faire face à un entretien accru d'une partie du réseau, d'une part, pour réparer des ans l'inévitable outrage ; d'autre part, pour assurer aux usagers de l'autoroute des « itinéraires de distribution » qui ménagent une transition progressive.

On voit ainsi se dessiner un programme cohérent dont les divers éléments s'articulent entre eux tant sur le plan technique que sur le plan économique strict, ou large — lorsqu'on considère dans son ensemble, l'aménagement rationnel du Territoire.

## Ce que coûte une autoroute de liaison

### Variabilité du prix du kilomètre.

Dire ce que coûte une autoroute de liaison n'est guère aisé car, pour sa réalisation, un kilomètre peut faire appel à un large éventail d'ouvrages, des faibles remblais (cas idéalement économique) aux grandes tranchées, des murs de soutènement aux perrés de défense contre un fleuve, des tunnels aux viaducs, etc... Quant aux autoroutes urbaines, elles coûtent de 3 à 12 fois plus cher que les autoroutes de rase campagne.

Il n'est donc pas facile de donner la recette « moyenne » d'un kilomètre d'autoroute, sans autre précision, et partant, son prix.

Il est possible de cerner cette difficulté en considérant cent kilomètres d'un seul tenant, de façon à faire jouer une certaine compensation statistique dans la consistance des travaux.

Il restera toujours à définir la composition moyenne du cas banal, ou, à défaut, de quelques cas types (plaine, colline, montagne). L'analyse des quelques 500 kilomètres livrés en France au trafic entre 1960 et 1966 nous a permis de dégrossir ce « portrait-robot » de l'autoroute de liaison française moyenne, en même temps que d'en établir le *coût constaté, tous comptes soldés*. Enfin, alors qu'il faut en moyenne 3 ans pour construire une autoroute de rase campagne, nous avons réévalué ce coût à la date du 1<sup>er</sup> janvier 1966.

Cette réévaluation est d'ailleurs souvent omise dans la comparaison, tant à l'intérieur d'un même pays (tranches successives d'un programme national par exemple) que pour les réalisations de plusieurs pays.

Les chiffres que nous donnons ci-après s'appuient donc sur l'expérience française des cinq années de construction d'autoroutes de liaison qui s'achèvent et sont ramenés aux conditions économiques d'aujourd'hui.

Malgré cette double et essentielle précaution, on peut craindre que ces chiffres soient mal compris ou mal interprétés, alors qu'ils montrent que les travaux français ont fait de grands progrès en peu d'années, à la faveur de nos premières réalisations à l'échelle industrielle.

En effet, le coût d'une section d'autoroute de liaison dépend notamment :

- de la *topographie* traversée.
- des *caractéristiques techniques* adoptées (largeur de plate-forme entre autres).
- de la *densité de peuplement* (voies à rétablir).
- des *échanges à assurer* (nombre et importance des échangeurs à prévoir et des bretelles de raccordement à construire).

- de la *nature des sols* rencontrés (sable de Fontainebleau, craie de Bourgogne, limons de Picardie et de Normandie, graviers du Rhône, schistes de la Côte d'Azur...).
- de la *pluviosité* moyenne ou exceptionnelle (pour le drainage d'une part, l'exécution des chantiers d'autre part).
- etc...

Nous ne mentionnons que pour mémoire la taille des lots de travaux (qui n'a cessé de grandir en France pendant ces cinq années), les conditions sociales et économiques du pays, l'attribution des crédits (volume, dates de mise à disposition, etc...) et la fixation des délais de construction et de mise en service (certaines sections urgentes ont été construites en 20 mois). Enfin, nous supposons qu'aucun ouvrage exceptionnel (tunnel, grand viaduc) ne vient grever le coût de la section considérée.

### Coûts constatés en France

Pour construire en France, aux conditions économiques du début de 1966, un kilomètre d'autoroute de liaison « courant », c'est-à-dire dans un contexte moyen, sans ouvrage exceptionnel (ni tunnels, ni viaducs nombreux, ni terrassements anormaux en volume ou en nature), on peut dire, au terme de six années de dépenses constatées portant sur plus de 500 kilomètres livrés au trafic, qu'il faut compter de 3,9 à 4,35 millions de francs, selon qu'il s'agit d'une plate-forme de 27 m ou d'une plate-forme de 34 m de largeur, portant deux chaussées de 7 m de largeur.

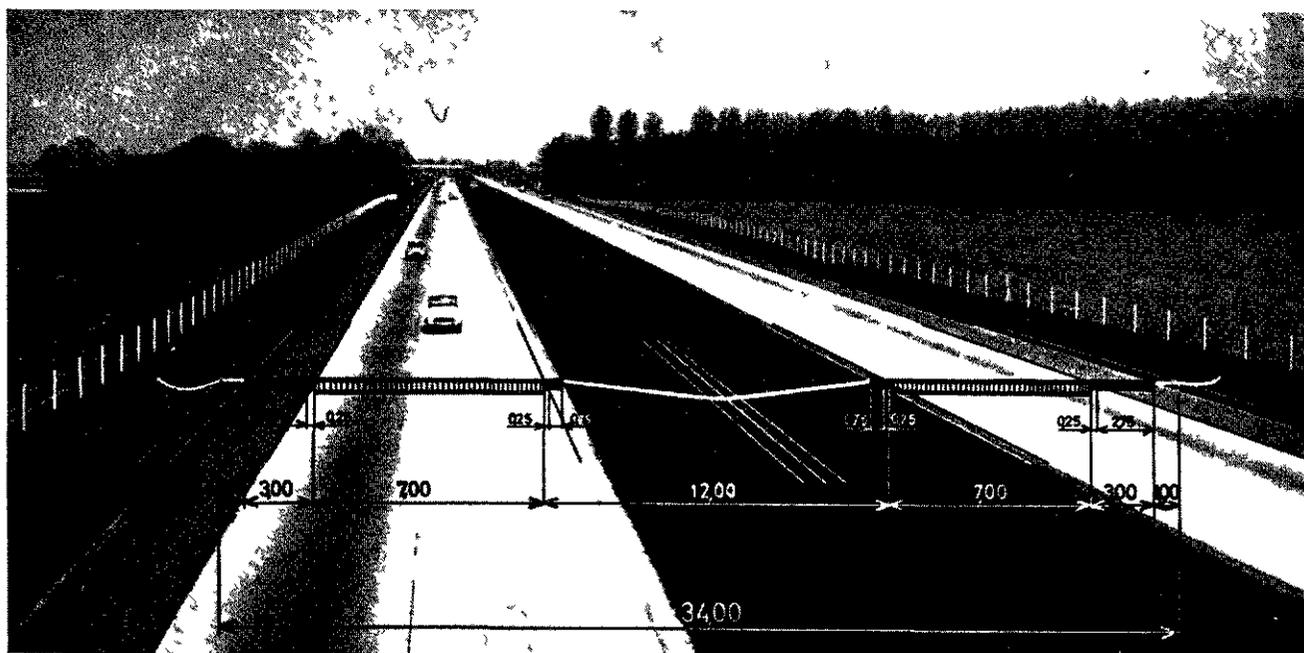


FIGURE 3. — Profil en travers type d'autoroute de liaison récente : le terre-plein de 12 m pourra être réduit ultérieurement à 5 m pour élargir de 7 à 10,50 m chacune des deux chaussées.

Cliché photothèque S.S.A.R. n° 115-20

La décomposition de cette dépense en pourcentage et en coût au kilomètre est grosso-modo la suivante :

#### COUT KILOMETRIQUE MOYEN D'AUTOROUTE DE LIAISON

— Etude, Préparation et Direction des Travaux . . . .	7 à 8%	(0,3 million de F)
— Charge foncière . . . . .	7%	(0,3 million de F)
— Terrassements généraux et drainage . . . . .	32%	(1,3 million de F)
— Ouvrages d'Art . . . . .	15%	(0,6 million de F)
— Chaussées . . . . .	28%	(1,15 million de F)
— Equipements divers et finitions . . . . .	8 à 9%	(0,4 million de F)

On est frappé immédiatement par le fait que les terrassements et les chaussées représentent chacun un tiers de la dépense, et que le dernier tiers se partage presque par moitié entre les ouvrages d'art d'un côté, la préparation des travaux (y compris l'achat des terrains) et leur finition d'autre part.

Achats de terrain et finitions exclues, le gros des travaux et des études représente ainsi 85% de la dépense.

Ces indications moyennes doivent être tempérées par l'indication d'une dispersion car tous les kilomètres, s'ils sont semblables pour l'usager, ne sont pas identiques pour le constructeur.

Sur la période 1960-1965, la dispersion finale sur le coût constaté au kilomètre tous comptes soldés, a ainsi été du simple au triple : certains kilomètres ont à peine coûté 2,4 millions de Francs et d'autres ont coûté près de 7 millions de Francs. Les principales dispersions affectaient d'ailleurs les plus gros postes : terrassements, ouvrages d'art et chaussées.

#### Comparaison avec l'étranger

Pour situer ce niveau de prix dans un contexte européen voire international, nous ne pouvons mieux faire que de nous livrer à une comparaison souvent faite entre les autoroutes françaises et les autoroutes allemandes et italiennes.

Il est vrai qu'en général cette comparaison porte sur le kilométrage plus fréquemment que sur le prix (1). Voyons donc les coûts constatés pour des autoroutes récemment mises en service, tous comptes soldés, et pour cela laissons parler un représentant qualifié de chacun des pays en cause.

a) *Allemagne* : L'Inspecteur Général TISCHER, Ministerialrat du Bundes-Verkehrs-Ministerium, s'exprime ainsi sur les autoroutes allemandes (2) :

« En règle générale, en zone montagneuse, une autoroute coûte deux fois plus cher qu'en plaine, soit respectivement 6 et 3 millions de Deutsch Mark au kilomètre (en millions de francs, respectivement 3,75 et 7,5 millions de F.) »

Il s'agit, selon la norme allemande, d'une plate-forme de 30 m portant deux chaussées de 7,50 m et la suite de l'article donne une ventilation de la dépense

---

(1) Rappelons qu'à la fin de 1965, on trouvait en service :  
3.378 kilomètres en Allemagne Fédérale (et 700 en construction)  
1.621 kilomètres en Italie (et 921 en construction).

Quant aux Etats-Unis, ils avaient en service 31.208 kilomètres d'autoroutes, à la date du 1<sup>er</sup> juillet 1965, et 9.870 kilomètres étaient en construction.

(2) Strasse und Autobahn - Mai 1964.

poste par poste qui fait tout à fait écho à celle que nous avons donnée ci-dessus puisqu'on trouve :

terrassements : 30% en Allemagne (France : 25%)  
ouvrages d'art : 17% en Allemagne (France : 15%)  
chaussées : 34% en Allemagne (France : 28%)  
etc...

b) *Italie* : Écoutons maintenant une des voix italiennes les plus qualifiées pour parler d'autoroutes : celle de l'Ingénieur Docteur F. COVA, le père de l'Autostrade del Sole (Milan Bologne Florence Rome Naples).

Donnant une conférence à Paris, devant la Société des Ingénieurs Civils de France, il déclarait le 28 janvier 1965 :

« En ce qui concerne le prix de revient au kilomètre, compte tenu des augmentations enregistrées au cours de ces dernières années (donc révision comprise), nous arrivons en Italie à une moyenne de :

« 300 à 400 millions de lire (2,4 à 3,2 millions de francs) en plaine.

« 400 à 600 millions de lire (3,2 à 4,8 millions de francs) en région vallonnée (collines)

« 800 à 1500 millions de lire (6,4 à 12 millions de francs) en montagne, lorsque les ouvrages d'art sont nombreux (tunnels et viaducs) ».

Il n'est pas inutile de préciser que, selon la norme italienne, l'autoroute n'a qu'une plate-forme de 24 m de largeur portant deux chaussées de 7 m, que ses chaussées sont très légères (au point que certaines doivent déjà être refaites) que de nombreux talus ont déjà glissé ; que des ouvrages complémentaires de drainage ont dû parfois être réalisés après mise en service de certaines sections, enfin que les ouvrages d'art sont calculés pour des surcharges plus faibles (on sait que sur ce point, la France a un record incontesté puisque nous considérons les plus lourdes surcharges du monde pour dimensionner nos ponts et nos chaussées)...

## Conclusion.

Faute de pouvoir nous livrer à des comparaisons qui devraient entrer dans de nombreux détails techniques, nous voyons toutefois que le prix moyen allemand et le prix moyen italien, toutes corrections de géométrie faites, nous permettent de dégager deux conclusions certaines :

1) *Dans les pays européens, se dessine une évolution des conceptions vers de meilleures caractéristiques et une qualité accrue, en un mot vers un nouveau style d'autoroutes. Il en est résulté un relèvement général et notable du coût des autoroutes dans tous les pays, malgré l'abaissement des prix unitaires apporté par un progrès technique très remarquable, une meilleure organisation des maîtres d'œuvre et une productivité accrue des entreprises. Il ne saurait être question de remettre en cause cette évolution technique, qui permet à l'Europe de livrer aujourd'hui au trafic à raison de 700 km par an, des autoroutes plus modernes, plus agréables, plus sûres et plus conformes à ce qu'attendent et exigent les usagers.*

2) *En France, pour cette qualité européenne, nous ne sommes pas plus chers et même nous le sommes moins, après cinq ans à peine de réalisations à grande échelle, que nos prédécesseurs dans la carrière. La seule exception est l'Italie, et il n'y a pas de comparaison valable si on ne tient pas compte des importantes différences qualitatives et quantitatives que recouvrent les mots autostrade et autoroute pour un même kilomètre. Une première correction doit porter sur la largeur. Une seconde*

correction doit tenir compte des conditions techniques « allégées » en Italie, une troisième, des conditions économiques, aggravées au contraire depuis deux ou trois ans.

Peut-être trouvera-t-on plus loin, dans les exposés concernant nos méthodes d'études largement automatisées et la conduite de nos chantiers, quelques éclaircissements à ces coûts constatés : nos prix inférieurs ne seraient alors que l'expression d'une meilleure organisation et d'une articulation plus industrielle des tâches, ce que nous laissent présumer les nombreuses visites d'italiens et d'allemands que nous recevons.

## Le recours à l'emprunt : concessions et péages (1)

### Sociétés Concessionnaires.

Dans le cadre de la loi du 18 avril 1955 portant statut des autoroutes, l'Etat peut concéder la construction et l'exploitation des autoroutes.

C'est ce qu'a fait dès 1956 le Gouvernement, afin d'accélérer la réalisation du réseau d'autoroutes de liaison en complétant le financement public (30% environ) par le recours à des emprunts, qui sont, selon l'expression consacrée, « gagés par le péage ».

Le tableau I ci-dessous, passe en revue les cinq sociétés d'économie mixte créées à cette fin et qui ont reçu uniformément concession pour une durée de 35 ans, sur des sections d'autoroutes de longueur inégale (et dont certaines font déjà l'objet d'extensions de la longueur concédée).

TABLEAU I - LES CINQ SOCIÉTÉS D'AUTOROUTES CONCÉDÉES

Société concessionnaire		AUTOROUTE DE LIAISON CONCÉDÉE		
SIGLE	Date de création	Nom de l'Autoroute	Décrets de concession	Longueur concédée (km)
ESCOTA	17-1-1956	A 8 (ESTEREL COTE D'AZUR)	21-5-1957	48
SAVR	26-5-1957	A 7 VALLÉE du RHONE (Vienne-Valence) (Valence-Berre) A 9 NIMES MONTPELLIER	13-3-1961 9-12-1964 21-3-1966	71 + 181 48 } 300
SAPL	28-9-1961	A 6 PARIS LYON (St-Germain-Avallon)	19-9-1963	158
SAPN	4-4-1963	A 13 PARIS NORMANDIE (Mantes-Heudebouville)	1-8-1963	69
SANF	9-4-1963	A 1 NORD DE LA FRANCE (Senlis-Fresnes) et (Roissy-Senlis)	5-11-1963 9-12-1964	132 + 23 } 155

Les cinq sociétés sont composées de façon semblable :

- collectivités locales, toujours majoritaires (départements traversés et quelques communes) ;
- organismes économiques (chambres de Commerce et d'Agriculture) ;

(1) Cette partie a été rédigée avec l'aide d'éléments fournis par les Sociétés Concessionnaires.

- Caisse des Dépôts et Consignations et Société Centrale pour l'Équipement du Territoire (S.C.E.T.) ;
- personnalités diverses.

Sous le contrôle technique du Service Spécial des Autoroutes, elles confient les études et les travaux aux Services territoriaux des Ponts et Chaussées. Quant à la S.C.E.T., elle assure l'Administration Générale sous l'autorité des Présidents, ce qui évite aux sociétés concessionnaires le recrutement onéreux de personnel administratif et financier.

## Financement.

Première société concessionnaire, l'ESCOTA a connu un régime spécifique. Avec un capital initial de 15 millions de Francs, son financement a été assuré :

- pour 28% par le F.S.I.R. (avance remboursable) ;
- pour 72% par un prêt de la Caisse des Dépôts et Consignations, à 30 ans et 5 1/2% d'intérêt, à annuités constantes (6,88%) jouissant par ailleurs de la garantie des deux départements traversés.

Ce régime n'a pas été reconduit pour les quatre autres sociétés qui, ont d'une part un faible capital (1,5 ou 0,5 million de Francs selon les sociétés) et, d'autre part un financement assuré :

- pour 30% environ par le F.S.I.R. ;
- pour le reste, par emprunt obligataire auprès de la Caisse Nationale des Autoroutes, à 20 ans et 5% d'intérêt.

Les frais divers portent l'annuité moyenne à 9,25% et l'emprunt présente de plus l'inconvénient d'annuités dégressives, dont les premières sont particulièrement lourdes.

Établissement public créé en juin 1963, présidé par le Directeur des Routes et de la Circulation Routière et géré par la Caisse des Dépôts et Consignations, la Caisse Nationale des Autoroutes a déjà placé dans le public quatre emprunts :

- 250 millions en juillet 1963
- 300 millions en février 1964
- 350 millions en février 1965
- 400 millions en mai 1966.

## Recettes et évolution du trafic.

Les redevances qu'on attend des stations-service et restaurants seront toujours modestes et c'est le péage qui procure la quasi-totalité des recettes, à un taux moyen d'environ 6 à 7 centimes par kilomètre pour un véhicule de tourisme.

Il est perçu soit par guichets à machines automatiques barrant la chaussée principale (ce système dit de l'« autoroute ouverte » où les échangeurs sont d'accès libre, est réservé aux faibles longueurs car il faut arrêter tous les usagers à chaque barrière en pleine voie), soit par contrôle d'une carte perforée remise à l'usager à l'entrée et rendue par celui-ci à la sortie (titre de transit). Ce second système, qui se prête bien à l'exploitation électronique, est celui de l'« autoroute fermée » car les entrées et sorties d'échangeurs sont munies d'un poste de contrôle.

De plus, des modalités d'abonnement sont envisagées, notamment pour les véhicules utilitaires, qui ne viennent à l'autoroute à péage qu'avec réticence.

Pour l'année 1965, les résultats déjà connus sont rassemblés au tableau 2.

TABLEAU 2 - RESULTATS DE L'EXERCICE 1965

Société	AUTOROUTE	Longueur exploitée (km)	Nombre de véhicules admis en 1965	Trafic moyen journalier	Recettes brutes (millions de Frs)
ESCOTA	A 8 FREJUS NICE	48	$5,45 \times 10^6$	10.300 v/j	19,2
S A V R	A 7 VIENNE VALENCE	71	$3,1 \times 10^6$	8.400 v/j	9,5
S A P L	A 6 St-Germain Nemours	29	$1,8 \times 10^6$	5.050 v/j	3,5
	A 6 Appoigny Athie	56	$1,8 \times 10^6$	4.900 v/j	3,8
S A P N	A 13 Mantes Chauffour	18	$4,15 \times 10^6$	11.300 v/j	4,5
S A N F	A 1 ROISSY SENLIS	23	$2,6 \times 10^6$	7.000 v/j	3,5

Pour la seule des autoroutes à péages ayant déjà quatre années pleines d'exploitation, l'ESCOTA (A 8) on trouve des augmentations de trafic de 23,4% entre 1962 et 1963, 17,5% entre 1963 et 1964 et 14,3% entre 1964 et 1965 et d'ores et déjà la moyenne journalière de 10.000 v/j est atteinte.

Cette autoroute a naturellement en propre des atouts tout à fait remarquables : pas d'itinéraire concurrent, région touristique en forte expansion urbaine (véritable ville linéaire), emprunt auprès de la Caisse des Dépôts, etc... D'ores et déjà elle a atteint son équilibre financier et commence à constituer des provisions (parachèvement, réparations et, le cas échéant, compensation de la section très coûteuse Roquebrune-Menton en cours de concession).

Son exploitation a toutefois montré que les frais de perception des péages sont de l'ordre de 10% de la recette, auxquels s'ajoutait 2 à 3% environ pour l'amortissement des installations de péage.

### Equilibre financier.

L'évolution sur les sections concédées plus récemment mises en service manifeste pour l'instant une augmentation de fréquentation de 14 à 40%, d'une année sur l'autre, selon les sections. L'influence du raccordement à des sections adjacentes, allongeant brusquement le trajet moyen et accroissant notablement l'avantage offert par l'autoroute, est évidemment sensible.

Les difficultés financières seront certaines pendant quelques années, lors des remboursements, pratiqués tous les quatre ans, des emprunts auprès de la Caisse Nationale des Autoroutes et, pour couvrir le déficit d'exploitation des Sociétés d'autoroutes, il conviendra très probablement de recourir à des avances du F.S.I.R. comme le prévoit la convention de concession.

Même sur leurs sections à trafic le plus faible, il apparaît toutefois que les Sociétés obtiendront leur équilibre financier au sens le plus large du terme — permettant amortissements et provisions — 7 à 8 ans environ après l'ouverture à la

circulation, soit plus de 20 ans avant l'expiration des concessions. Elles auront ainsi largement le temps de rembourser le déficit des premiers exercices tout en assumant la totalité de leurs charges.

Dans les conditions actuelles de subventions et de prêts, cet équilibre sur une section donnée correspond à une fréquentation d'environ 12.000 véhicules par jour en moyenne annuelle.

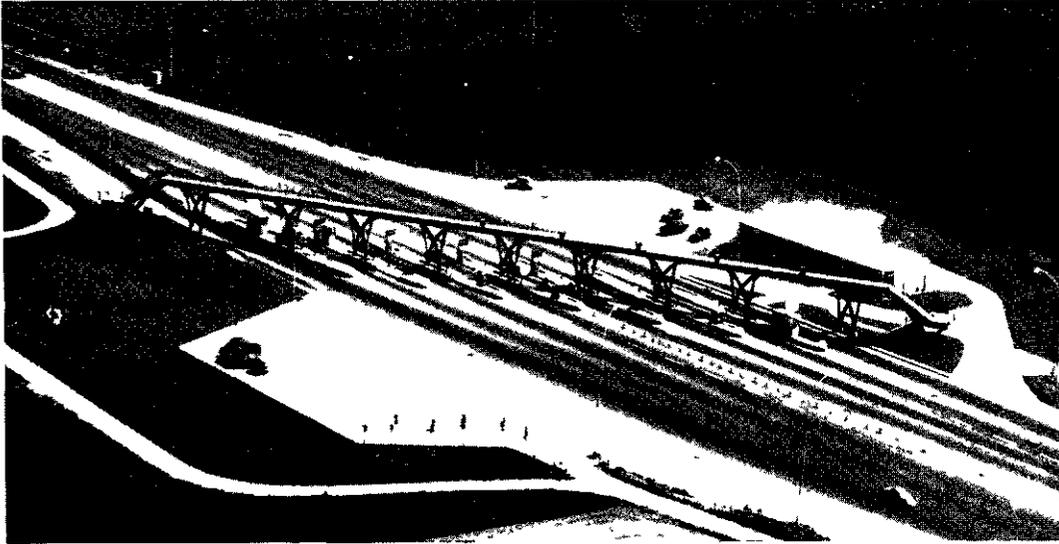


FIGURE 4. — Autoroute à péage exploitée en système ouvert : barrière de guichets en pleine voie (Autoroute de NORMANDIE, barrière de BUCHELAY).

Cliché : J.F. BERTIN, 78 - Mantes.



FIGURE 5. — Autoroute à péage exploitée en système fermé : chaque échangeur est barré par un poste de péage. Ici, un échangeur de type trompette en construction ; on voit se dessiner ses bretelles et la plateforme de péage.

Cliché : vue aérienne DURANDAUD.

## Service à l'usager.

Il convient de souligner l'importance, conformément aux soucis constants exprimés par le Ministère de l'Équipement, que les Sociétés concessionnaires attachent à la qualité de l'exploitation, mission qui sera essentiellement la leur, une fois les travaux terminés.

Elles entendent se mettre au service des automobilistes en assurant avant tout leur sécurité, grâce à un entretien et un service d'hiver aussi parfaits que possible, ainsi que par un réseau d'interventions d'urgence en cas d'accidents : téléphone de secours, équipes de permanence, ambulances et dépanneuses conventionnées, assistance routière...

Mais elles ne négligent pas pour autant leur agrément et leur confort, qui seront procurés par les haltes simples, les aires de repos, les stations-service, les restaurants, puis les motels si le besoin s'en fait sentir ; elles estiment en effet que ces services constituent, avec la rapidité du parcours, la juste contrepartie du péage.

Sur une autoroute concédée, en effet, qu'il ne peut quitter que par des sorties relativement rares et contrôlées, l'automobiliste, qui est un client, perd en grande partie son indépendance ; sa prise en charge doit être assurée dès qu'il y pénètre et ces notions de service et d'accueil devront être — et seront — en permanence présentes à l'esprit des exploitants.

# La libération des emprises d'une autoroute

## Législation des autoroutes

Voie techniquement spécialisée, l'autoroute possède un régime juridique qui lui est propre : le statut des Autoroutes, défini par la loi du 18 avril 1955.

Texte novateur, cette loi donne tout d'abord une définition technique de son domaine d'application : « L'autoroute est une voie routière à destination spéciale, sans croisements, accessible seulement en des points aménagés à cet effet et réservée aux véhicules à propulsion mécanique ».

De plus, elle pose un principe absolu : l'interdiction d'accès depuis les propriétés limitrophes, disposition qui modifie sur ce point le droit de propriété et d'usage des sols.

Enfin, elle envisage deux modalités de construction de cette voie publique : soit directement par l'Etat, selon l'habitude activité des Services du Ministère de l'Equipement, soit par Société d'économie mixte interposée. Une concession de construction et d'exploitation est donc possible, autorisant à la fois le recours à l'emprunt et la perception d'un péage.

Dotée de tous ces attributs, l'autoroute apparaît donc comme une entité autonome caractérisée par des conditions techniques, juridiques et financières propres. Elle constitue la réponse à la situation créée par l'accroissement rapide de la circulation automobile et la loi fondamentale de 1955 constitue un progrès considérable en la matière.

## Libération des emprises d'autoroutes de liaison

Pour disposer des emprises nécessaires, la puissance publique recourt à la déclaration d'utilité publique bien connue, étayée en ville par les plans d'urbanisme.

La libération des emprises connaît trois ordres de difficultés : juridiques, administratives et financières.

L'accélération du programme d'autoroutes de liaison au cours du IV<sup>e</sup> plan (1962-1965) a conduit à s'y attaquer avec des moyens nouveaux et même des dispositions exceptionnelles.

## Procédures d'urgence et d'extrême urgence.

Dès le 20 décembre 1961 l'urgence était étendue aux autoroutes déclarées d'utilité publique et dès le 4 août 1962 (à titre provisoire jusqu'en 1968) l'extrême urgence, telle qu'elle existait pour les travaux de défense nationale.

Procédure énergique, l'extrême urgence permet la prise de possession dans les 24 heures, sans intervention des Juges, sur notification des Préfets, après avis favorable du Conseil d'Etat qui en contrôle très strictement l'emploi exceptionnel.

On peut ainsi faire sauter les bouchons dus à des récalcitrants isolés (95% des expropriations se traitent aujourd'hui à l'amiable) ou à des situations juridiques mal définies (ayant-droits introuvables en particulier)

L'usage de ces procédures reste toutefois modéré (le Conseil d'Etat n'en accepte pas l'application sur de longues sections) et la procédure ordinaire, même accélérée par l'urgence, demande encore un délai de 12 à 18 mois.

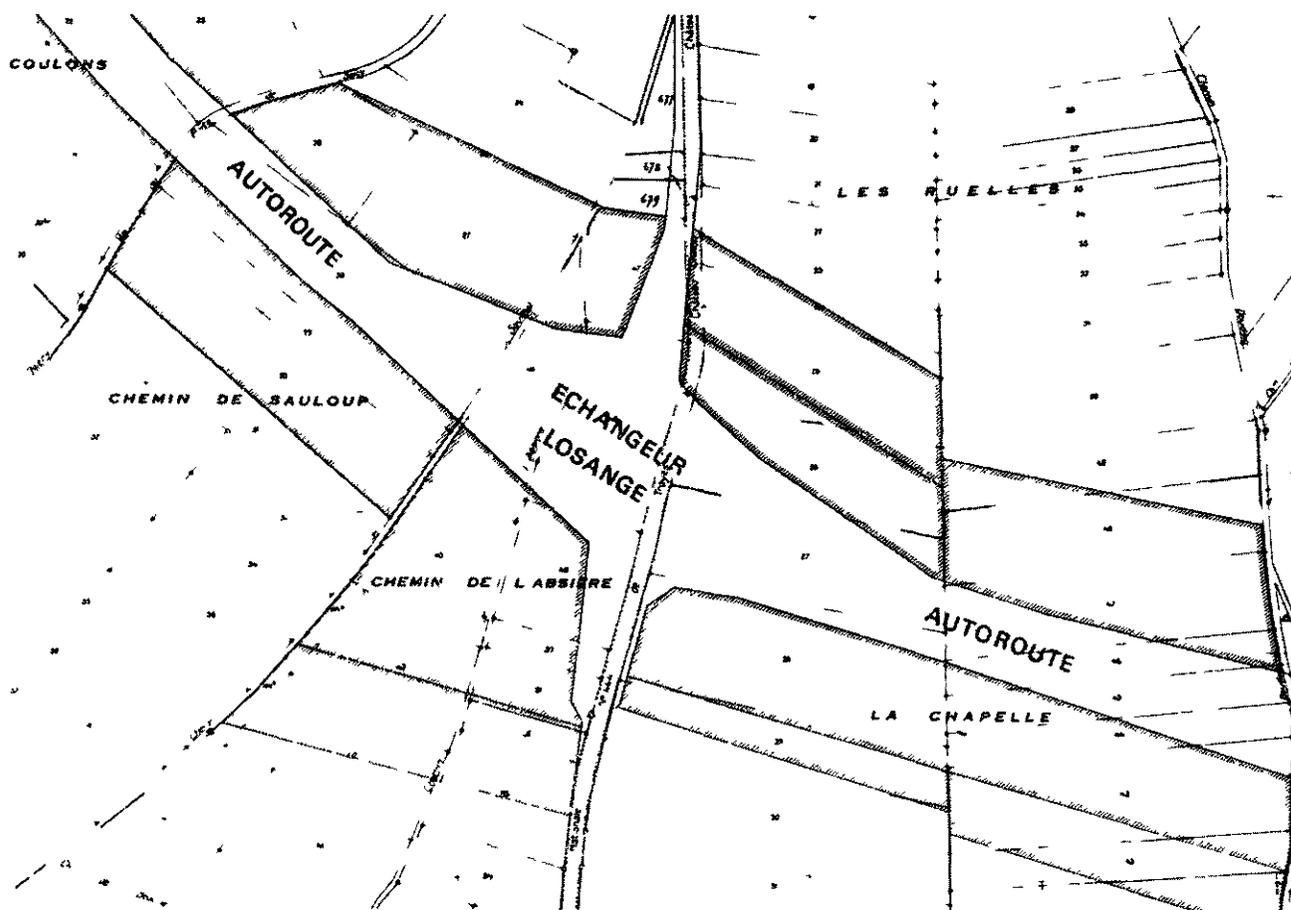


FIGURE 6 — Libération des emprises d'une autoroute. L'acquisition des terrains nécessaires à l'autoroute (ici dans l'Yonne, près de Niry) est combinée avec un remembrement (remodelage des propriétés voisines). Contrairement à ce que donne à penser cet extrait de plan parcellaire, très exceptionnel, la propriété foncière en France est en général beaucoup plus morcelée : 10 à 170 parcelles au kilomètre d'autoroute en moyenne.

Cliche Photothèque S S 4 R n° 180-32

## **Remembrement concomitant.**

La loi-cadre d'orientation agricole, du 8 août 1962 (en son article 10) et son décret d'application du 10 août 1963 permettent d'opérer en même temps la libération des emprises et le remodelage des parcelles voisines (remembrement) si la perturbation apportée par l'autoroute est notable et si les intéressés le souhaitent.

Le monde agricole bénéficie ainsi d'une garantie importante qui a beaucoup réduit sa méfiance vis-à-vis des expropriations envisagées. En effet, on opère un prélèvement non plus limité aux emprises du tracé autoroutier mais étendu à tout le périmètre remembré : l'ensemble des propriétés supporte ainsi plus équitablement les sacrifices fonciers et partage les avantages du remodelage .

Pour le maître d'œuvre, cette formule permet une prise de possession anticipée puisque par simple arrêté préfectoral, l'occupation immédiate des emprises peut être autorisée avant tout transfert de propriété : celui-ci n'est effectif qu'à la clôture des opérations de remembrement.

## **Moyens employés.**

L'évolution des textes a été accompagnée par celle des rouages administratifs chargés de les mettre en œuvre. La plupart des brigades du Service Central des Domaines se sont attachées aux opérations foncières dans le cadre d'un protocole intervenu le 1<sup>er</sup> décembre 1962 entre la Direction des Routes et la Direction Générale des Impôts.

Du personnel complémentaire a dû être recruté par les Services des Ponts et Chaussées, mais aussi des missions particulières (recherches de propriétaires, négociations amiables) ont été confiées soit aux Sociétés Concessionnaires soit à des sociétés spécialisées, notamment la société TRAPIL qui, pour la construction des oléoducs, avait l'expérience d'opérations linéaires très comparables et possédait le Service Foncier correspondant.

## **Quelques résultats.**

On a pu ainsi « mettre en portefeuilles » en cinq ans, plus de 1.500 kilomètres d'autoroutes de liaison déclarées d'utilité publique, les acquisitions de terrain se faisant ainsi à un rythme adapté au problème: pour les seules années 1965 et 1966, les déclarations d'utilité publique totalisent plus de 550 kilomètres.

Malgré l'accélération des formalités pour libérer les emprises, il subsiste néanmoins un problème pour fixer le prix des terrains et un fossé se creuse entre la rase campagne où les conditions se sont stabilisées et les zones bâties où l'équilibre n'est malheureusement pas encore en vue.

# Études d'autoroutes

## Articulation générale des Etudes

Le programme d'autoroutes défini en 1960 par le Plan Directeur du Réseau Routier National, et dont la réalisation a été entreprise dès 1961, concerne au total 3.600 kilomètres d'autoroutes intéressant 47 départements et environ 90 arrondissements.

*L'étude des projets et la conduite des travaux sont essentiellement affaire des Services Ordinaires des Ponts et Chaussées qui disposent pour ce faire, et sur le plan technique, des données technologiques de toute sorte et de l'assistance d'un échelon technique central, en l'espèce le Service Spécial des Autoroutes et ses Agences Régionales — ce, indépendamment des aides spécialisées que peuvent leur apporter, dans leurs domaines respectifs les autres Services Centraux spécialisés, tels que le Service des Etudes et Recherches sur la Circulation Routière, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, le Service Central d'Etudes Techniques, etc... — et indépendamment par ailleurs de la contribution apportée par les Sociétés d'Autouroutes en matière d'installations annexes le long des autoroutes concédées — le tout sous la conduite d'un commandement unique qui est en définitive celui du Ministre par son Directeur des Routes.*

\*\*

Pour économiser les hommes, former les équipes et faire face à la cadence accélérée résultant de la mise en régime de la « machine à faire les autoroutes », un effet démultiplicateur a été recherché et obtenu par une heureuse symbiose entre exécution et conception, entre Services Ordinaires et Service Spécial des Autoroutes.

La voie française n'eut pas l'originalité de découvrir tout ce qu'une autoroute a de répétitif — donc de programmable et de mécanisable, mais elle eut le mérite de trouver à cette répétitivité un support technique inédit : le dossier-pilote, véhicule et moyen des études et projets-types.

Œuvre collective, le dossier-pilote fait charnière entre l'échelon central qui l'élabore à l'abri des péripéties du combat, et l'échelon local qui l'applique dans le feu de l'action. Fixant un langage commun, il rapproche la conception et l'exécution, facilite les contrôles, raccourcit la chaîne qui va de la norme au cas concret, collecte, achemine et distille l'expérience. Il multiplie les applications en divisant les tâches et coordonnant les responsabilités.

Après sa période d'observation « à la main », dégageant les principes et les précautions, l'essentiel et l'accessoire, son expérience accumulée peut être mise en forme pour l'automatisation sur machine électronique. Ainsi fit-on coup triple : démarrer, apprendre et mécaniser.

Notre « machine à faire des projets d'autoroutes » repose déjà sur une soixantaine d'études-types et de dossiers-pilotes, dont le lot pèse environ cent kilos. En quatre ans, une vingtaine de tonnes de ces documents a été diffusée (plus de 300 destinataires).

Ces dossiers-pilotes couvrent à peu près complètement l'éventail courant des techniques que met en œuvre une autoroute : des tracés aux ouvrages d'art, des échangeurs aux haltes, des drainages au téléphone, des clôtures à la signalisation, de l'éclairage aux plantations paysagères, du « chemin critique » des chantiers à l'élaboration des devis et estimations...

À partir de ces catalogues conceptuels et de ces panoplies d'éléments, l'Ingénieur procède à des choix raisonnés qui amorcent les projets et toute la méthode vise à assurer un déroulement aussi rapide, aussi complet et aussi exact que possible aux diverses phases de l'élaboration d'un projet définitif, en procurant le maximum d'économies en hommes, délais, dépenses et matériaux pour les futurs ouvrages.

\*\*

Chemin faisant, cette méthode d'étude que guident les documents-types et que soutiennent les calculs électroniques, a dilaté le problème et donné à la construction des autoroutes sa véritable mesure, qui est industrielle.

Sans ces deux mamelles de nos projets d'aujourd'hui que sont la normalisation et l'automatisation, on peut dire que nos autoroutes ne seraient pas ce qu'elles sont, ou n'auraient pu être conçues et étudiées avec les moyens, en fait limités, qui ont pu leur être affectés.

Au support technique de cette nouvelle méthode d'étude — le dossier-pilote et le calcul automatique — s'est d'ailleurs ajouté un support administratif nouveau, charnière lui aussi entre les deux pôles de la doctrine et de l'action. C'est l'Agence Régionale, intermédiaire entre l'échelon central de contrôle et de conception et l'échelon local d'action et de réalisation.

Articulant les impératifs nationaux et les contraintes locales, cet organe relais assure la démultiplication de notre méthode et peut fournir à la fois un appoint de doctrine à l'échelon central et un appoint de moyens à l'échelon départemental. En régionalisant les normes, les concepts et les procédés, l'Agence devient une source nouvelle d'économies en hommes, temps, matière, argent.

\*\*

Les programmes électroniques eux-mêmes se mettent à l'unisson et l'échelon régional rapproche l'ordinateur de ses usagers.

Certes, il reste que l'échelon central peut seul élaborer et gérer les gros programmes qui exigent les plus puissantes machines, d'ailleurs toutes installées en Région Parisienne, et c'est bien ce qu'il fait pour les 13 programmes d'ouvrages d'art et les 7 programmes de tracés susceptibles d'enchaînement continu qu'il exploite en 1966.

Mais les échelons régionaux permettent la mise en place, présentement en cours, de petits ordinateurs, dont ils ont un double usage : d'abord, pour de petits programmes obtenus en tronçonnant les gros, ensuite pour travailler en association avec la grosse unité centrale.

C'est ici le télé-traitement (teleprocessing) dont on a pu dire qu'il marque une époque où les ordinateurs se téléphonent entre eux. Pour nous, il permet de calculer à Paris dans la nuit, des tracés qui seront entièrement dessinés le len-

demain à Macon ou en Aix. Pour les projets « graphiques » de tracé, l'ordinateur régional assouplit donc les possibilités de dialogue entre l'homme et la machine.

Nous retrouvons dans ces nouvelles structures et cette nouvelle articulation des études, la marque de notre temps : il y a eu tout naturellement concentration et regroupement des moyens dans des centres hautement spécialisés. Au cœur, à la taille d'une nation, les grosses machines et les grands programmes de calcul plaçant la France en avant-garde mondiale. Autour, une couronne d'électrons satellites assurent les échanges d'énergie et d'information avec l'environnement, et démultiplient les projets.

Cette structure étagée explique à la fois la productivité atteinte et les cadences soutenues : 500 ponts construits en quatre ans, plus de 2.000 kilomètres de tracés définis, plus de 2 milliards de francs de travaux menés à bon terme.

## Etudes préliminaires

### Etudes de circulation.

#### Les deux objets de l'étude préliminaire de circulation

Pour explorer l'éventualité de construire une autoroute qui assurera une liaison, il faut analyser la nature et l'importance de la circulation susceptible de l'emprunter.

Un premier dégrossissage du problème permet de recenser, d'une part, les itinéraires existants qu'elle va concurrencer ou affecter, et d'autre part, grosso-modo, les quelques tracés qu'il serait souhaitable ou possible de lui donner, avec une certaine vraisemblance (en tenant sommairement compte des conditions présumées de construction).

La *première étape* de l'étude de circulation doit alors permettre de choisir aussi bien le tracé à retenir que la date économiquement optimale de sa mise en service.

Ce tracé et cette date choisis, la *seconde étape* consiste à dimensionner le projet, c'est-à-dire à choisir son type de plate-forme, la position et les caractéristiques de ses échangeurs, les aménagements des routes raccordées.

Sans qu'elles soient toujours absolument successives et indépendantes, ces deux étapes sont la règle en rase campagne. En ville, où les contraintes géométriques commandent le tracé, la seconde conditionne la consistance même du projet technique et la première étape est alors consacrée à l'étude de la répartition entre moyens de transports concurrents et à celle de la hiérarchie des voies (classification fonctionnelle).

Ces études sont coordonnées, organisées et animées par le Service des Etudes et Recherches sur la Circulation Routière (S.E.R.C.) qui possède un établissement central à ARCUEIL et divers prolongements régionaux.

\* \* \*

#### Les trois techniques de base

Ces études font appel aux *comptages, enquêtes et modèles* de trafic.

Les *comptages* soit systématiques (des campagnes périodiques de comptages auscultent tout le réseau national) soit spécifiques donnent les premières indications sur la nécessité de construire une autoroute et sur la circulation qui l'emprunterait. Mais c'est une étude globale qui ne renseigne pas sur la structure des besoins à satisfaire et n'indique que leur volume d'ensemble.

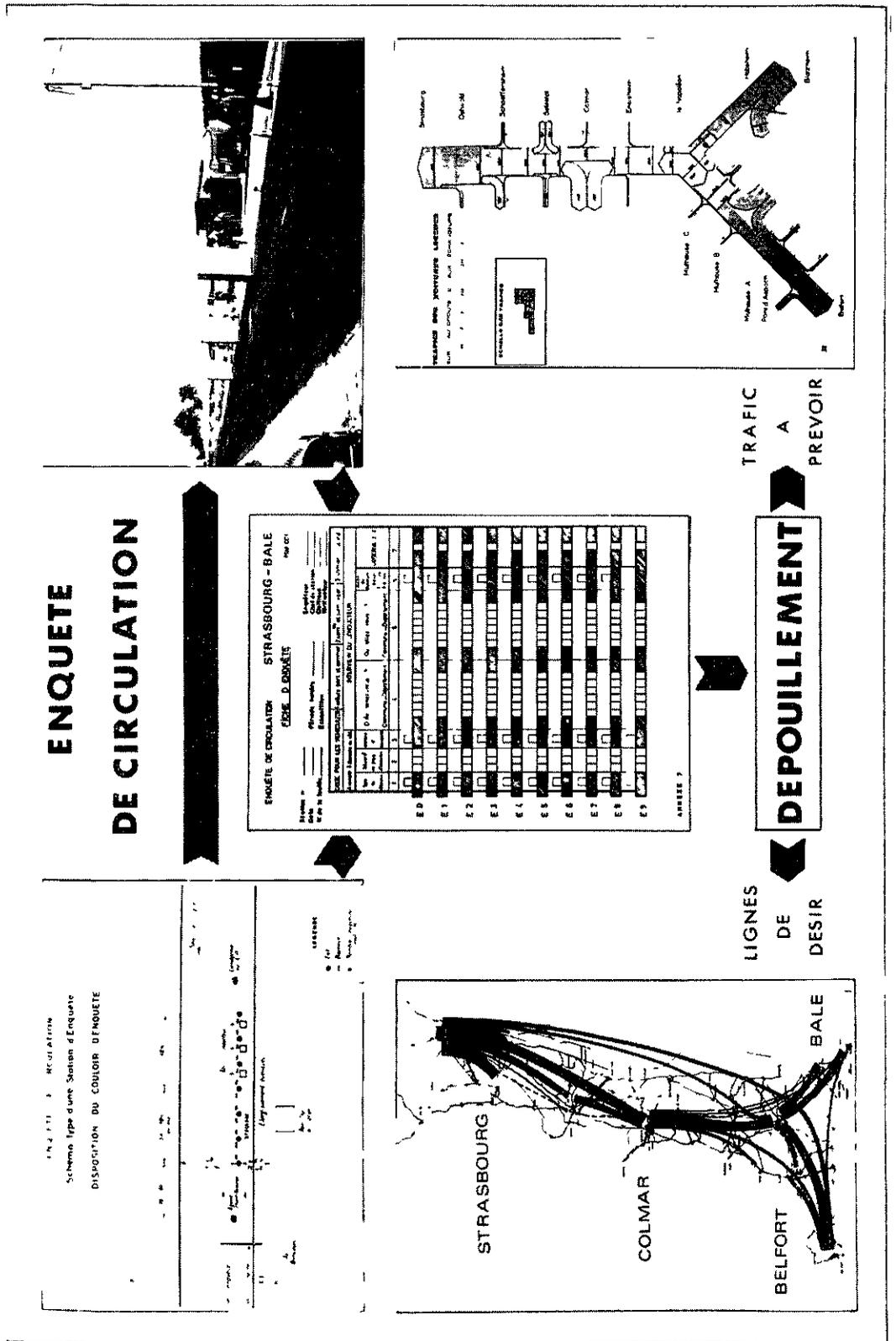


FIGURE 7. — Etudes et Recherches sur la circulation routière : l'enquête origine destination permet l'analyse du trafic en nature, intensité et tendance (désirs) pour en prévoir l'évolution (on donne en exemple le cas de l'autoroute d'Alsace).

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 180-6

Les *enquêtes*, au contraire, visent à analyser la circulation, c'est-à-dire à différencier ses divers courants selon leur origine et leur destination (d'où le nom d'enquêtes O-D : origine - destination). Malheureusement, si elles sont précises, ces enquêtes sont longues, lourdes et coûteuses car il faut multiplier les points de contrôle qui ceinturent la zone (cordon) et en lesquels on arrête et questionne les usagers.

C'est pourquoi, assez souvent, on complète ces sondages sur le terrain par une représentation mathématique approchée des phénomènes de circulation. Ce sont les « *modèles de trafic* » assimilables aux techniques de simulation dans d'autres domaines. On essaie de donner aux lois de génération du trafic des expressions simples dont on ajuste empiriquement les coefficients. La représentation la plus courante est le modèle gravitaire (ou monôme) qui exprime l'intensité du courant de circulation régnant entre les centres de population P 1 et P 2 distants de d par une formule de type Newtonien :

$$K \frac{(P^1 P^2)^{\alpha}}{d^{\beta}}$$

La méthode consiste à reconstituer tous les trafics en se calant soit sur des comptages, soit sur des enquêtes simplifiées (plus légères que les enquêtes normales, car le nombre de points est réduit).

Le plus fréquemment, l'étude d'un problème concret combine les trois méthodes qui fournissent chacune avec des délais différents, des résultats qui s'éclairent mutuellement.

✽

#### Les prévisions de trafic

Quelle que soit la technique employée, lorsqu'on possède à *une date donnée* des indications sur l'importance des divers courants de circulation, il reste à passer à la *prévision*, c'est-à-dire au calcul d'un trafic futur, ou encore à son *extrapolation*.

On procède aussi en deux étapes :

- tout d'abord *on affecte le trafic* aux divers itinéraires concurrents entre lesquels il peut avoir le choix et donc se partager. Cette affectation dépend des avantages offerts par chaque itinéraire, du coût de transport, de la nature des divers courants, etc...
- ensuite, *on détermine son évolution au cours du temps*. Il ne s'agit plus ici d'appliquer un taux moyen de croissance valable pour l'ensemble des routes ou de certaines sortes de routes : ce taux de croissance sert surtout à la planification économique générale des travaux routiers.

Il s'agit, nature par nature, de prédire l'évolution de chaque courant de circulation (laquelle dépend en particulier de l'évolution de ses zones d'origine et de destination, facteur parfois négligé), d'évaluer le trafic induit que suscite le nouvel aménagement, de conjuguer toutes les causes de variation (y compris par exemple l'effet inhibiteur d'un péage éventuel).

Ce faisceau d'hypothèses donne une loi de croissance et l'on peut être amené à en considérer plusieurs (par exemple avec ou sans péage).

✽

#### L'utilité économique de la liaison envisagée

On rassemble ainsi :

- d'une part une estimation sommaire du coût d'établissement du futur itinéraire et du coût de transport pour le véhicule qui l'empruntera (coût qui peut dépendre du niveau de circulation).

— d'autre part, une prévision de la circulation qui y viendra, parfois dans diverses hypothèses, à diverses dates.

Tous ces éléments permettent d'établir des *bilans économiques actualisés*, dans lesquels prennent place d'un côté, les coûts d'investissements, et de l'autre, les avantages procurés par l'aménagement.

Ces bilans sont l'instrument des choix à faire, tant sur le tracé à adopter que sur sa date de mise en service, voire son régime d'exploitation.

En particulier, dans les aménagements concurrents, l'instauration d'un péage déplace certains trafics (évasion devant le péage) et oblige donc à de multiples comparaisons itératives, dont d'ailleurs un sous-produit est de déterminer des niveaux de péage correspondant à divers usages possibles.

\*\*

### Les déplacements urbains et les voies rapides

Le schéma de base reste le même pour étudier la circulation urbaine, mais le recueil des informations et leur exploitation sont beaucoup plus complexes.

Les coefficients de génération de trafic, zone par zone, sont liés aux modes d'utilisation des sols, qui peuvent également varier au cours du temps et de plus, divers modes de transports entrent en concurrence : les études s'intègrent alors naturellement dans celles des schémas de structures et de transports, puisqu'il ne s'agit plus seulement de comparer des trajets mais divers moyens ou diverses combinaisons de moyens de transport pour les réaliser.

Pareilles études font appel à plusieurs disciplines : sociologie (motifs de déplacement), économie (coût monétaire et coût généralisé des déplacements), géographie (implantation des activités à relier), urbanisme (équipements de la ville), etc... et doivent donc être « intégrées » ou « pluri-disciplinaires ».

Elles n'en sont qu'à leur début presque partout dans le monde, sauf, peut-être, dans certains pays avancés (Suède, Etats-Unis, Royaume-Uni).

Il est juste de dire que, derrière certains aspects mesurables et techniques de ces études, se cache, en définitive, une certaine conception de la vie sociale et de l'organisation de nos activités, économiques, humaines et — au sens littéral — politiques.

## Mise en place d'un tracé.

### Compromis à rechercher

Lorsque l'étude de circulation et la comparaison des bilans économiques actualisés ont établi quel était le tracé le plus avantageux et indiqué le dimensionnement à adopter (type de plate-forme à construire), il reste à placer ce tracé sur le terrain, c'est-à-dire à passer d'une échelle de l'ordre du 1/100.000 ou 1/200.000 à une échelle qui est du 1/5.000 ou 1/2.000.

Les impératifs à respecter sont relativement simples mais difficiles à concilier :  
— d'abord *relier aussi directement* que possible les deux extrémités tout en réalisant *la plus faible dénivelée cumulée possible* : on doit non seulement aller droit au but, mais éviter de faire monter ou descendre sans cesse les dizaines de milliers d'usagers quotidiens futurs, et notamment les poids lourds ;

- ensuite *éviter* toutes les *zones interdites* : agglomérations, installations inamovibles, etc... et passer par les *points de passage obligé* ;
- rechercher les *meilleures conditions de sol* : contourner les sols douteux ou mauvais, le rocher massif, etc...
- placer au mieux les *échangeurs de trafic*, qui, pour être commodes et visibles des usagers doivent être si possible en passage supérieur : dans une zone un peu vallonnée, le choix judicieux de l'emplacement d'un échangeur peut commander le tracé sur cinq à dix kilomètres ;
- tirer le *meilleur parti de la topographie* : éviter les flancs de côteaux (les talus sont difficiles à faire et à conserver), se faufiler dans les thalwegs, aborder à angle droit les vallées encaissées pour minimiser les ouvrages, etc...
- au passage, rechercher la *manière la plus économique de rétablir les communications* : éviter d'aborder les routes majeures ou les voies ferrées sous un angle trop faible, rechercher de bonnes conditions pour l'ouvrage et le franchissement à réaliser, etc...
- *placer* sur l'axe en plan ainsi obtenu par approximations successives, le *profil en long* qui donnera une compensation convenable des terrassements ;
- *ménager des vues agréables* à l'automobiliste et ne pas trop marquer le paysage par des « coups de sabre » ou des levées de terre peu discrètes, en s'efforçant de « fondre l'autoroute dans le site traversé » et de lui donner un tracé souple qui évitera la monotonie.

On part ainsi d'une polygonale idéale et brutale qu'on nuance progressivement.

\*\*

#### Reconnaissance géotechnique

Dans la mise en place d'un tracé d'autoroutes la reconnaissance géotechnique joue aujourd'hui un rôle essentiel, qu'on soit en ville ou en rase campagne. En effet, on cherche à passer sur des sols libres d'occupation et ceux-ci le sont souvent parce que nos prédécesseurs avaient évité d'y bâtir : leur technique ne pouvait utiliser ces sols douteux. La nôtre doit y parvenir. Plus de connaissances, plus d'études, plus de moyens y sont nécessaires.

A partir d'une reconnaissance générale qui n'est souvent qu'un collationnement soigneux des données géologiques existantes, on passe à des investigations de plus en plus spécifiques, notamment sur les propriétés mécaniques des sols, afin de déboucher sur un avant-projet détaillé qui définit les moyens d'en tirer parti.

Du moins coûteux au plus coûteux, les moyens de reconnaissance vont de la lecture de la carte géologique aux essais de laboratoire sur carottes intactes, en passant par des sondages, des essais in-situ, des campagnes de résistivité, sismicité, piézométrie, gammagraphie, tassométrie, etc...

Consacrant dès à présent plus de la moitié de leur activité aux autoroutes, les Laboratoires des Ponts et Chaussées (1 central et 17 régionaux) disposent d'une centaine de géologues et géotechniciens pour encadrer ces études, dont la majeure partie est confiée à des Entreprises spécialisées ou à des Universités. Formés en équipes, les effectifs qui s'occupent aujourd'hui de géotechnique autoroutière en France atteignent un millier de personnes.

Une normalisation et une rationalisation des études ont été mises en œuvre, notamment en classant les sols d'une manière utilisable simultanément pour

les terrassements, les chaussées et les fondations d'ouvrages d'art : dans ce dernier cas, un dossier-pilote original tripartite a été élaboré et concerne les fondations sur semelles.

Les informations géotechniques recueillies et codifiées seront d'ailleurs bientôt centralisées et dépouillées statistiquement sur machines électroniques, de telle sorte que les sols français seront de mieux en mieux connus.

L'avenir laisse donc augurer d'un allègement des campagnes de reconnaissance qui réduira leur coût en accroissant leur précision. Quant au présent, il a déjà à son actif de nombreux résultats positifs : stabilité de grands talus, grands remblais sur sols compressibles, tranchées dans des nappes captives, maîtrise des tassements, drainages efficaces, etc...

\*\*

### Automatisation du projet

Hier apanage de projecteurs expérimentés qui « sentaient » les bons tracés, l'ajustement progressif du tracé aux multiples contraintes rencontrées est aujourd'hui mécanisé grâce à l'emploi de programmes électroniques.

Dans leur état présent, ces programmes délivrent l'homme de calcul fastidieux et lui donnent rapidement des résultats précis qui lui permettent d'apprécier les conséquences des choix qu'il a faits et sur lesquels la machine n'a d'autre rôle que de procéder à des décomptes.

Ce stade a déjà en lui son intérêt puisqu'il a permis de définir les tracés à la cadence de construction décidée (dès 1964 400 kilomètres étaient ainsi calculés, et en 1965 plus de 1.000 kilomètres), tout en nous procurant de grandes économies d'hommes, de temps et d'argent.

Mais ce stade avait une autre justification : il prépare demain, c'est-à-dire une ère nouvelle où ce sera la machine électronique elle-même qui fera les choix, et non plus l'homme au vu de ses calculs. Les programmes rechercheront alors automatiquement le tracé le meilleur : ils feront du tracé électronique en géométrie optimisée.

On trouvera plus loin un aperçu de cette imminente révolution dans nos méthodes, qui nous procurera un tiers hier impensable : faire *vite, bien* et pour *pas cher* le meilleur projet possible.

### Elaboration d'un projet

Nous savons déjà comment se programme, se décide et se dégrossit une autoroute et nous connaissons le cadre administratif des diverses interventions qui vont concourir à sa réalisation.

Voyons maintenant comment est conduite son étude détaillée, par quelles méthodes s'établit son projet, et quel rôle récent et puissant y jouent aujourd'hui les machines électroniques.

Celles-ci n'auront pas pour nous que l'avantage communément reconnu de la vitesse et de la substitution avantageuse aux hommes. Elles assurent aussi un véritable *contrôle incorporé*.

En effet, non seulement elles économisent l'homme qui aurait fait le calcul, mais aussi celui qui l'aurait contrôlé : leurs résultats sont plus *rapides* et plus *précis*, mais ils sont aussi plus *sûrs*, car l'obéissance aveugle de la machine au programme nous garantit le respect des règlements qu'on y aura incorporés.

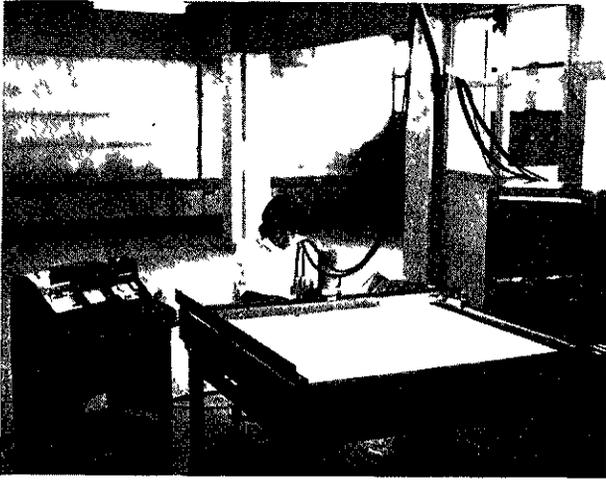


FIGURE 8. — *Lectrice de courbes et semis de points.* Cette machine transforme une carte ordinaire en un paquet de cartes perforées assimilables par l'ordinateur, qui représentent numériquement le terrain par un « semis de points » donné en X Y et Z. L'opératrice lit la carte à la loupe et fait perforer une carte IBM par point, à raison de 2.000 par jour. Cette « traduction » permet donc aux ordinateurs de lire les cartes géographiques.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 1012-4

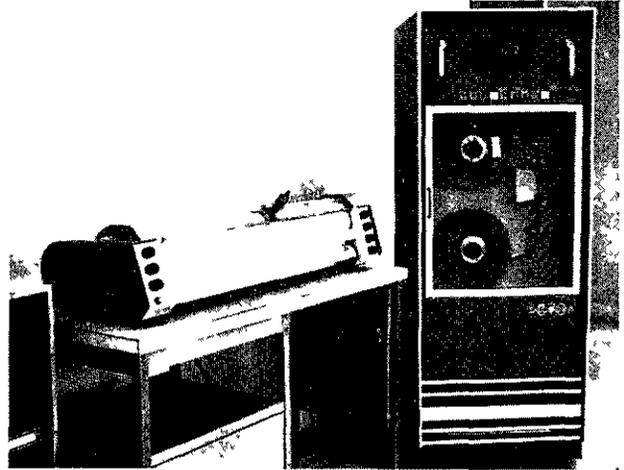


FIGURE 9. — *Machine automatique à dessiner.* C'est un magnétophone qui dessine. A droite l'armoire de lecture des bandes magnétiques produites par l'ordinateur central à l'aide de nos grands programmes de tracés. A gauche la tracense (un chariot mobile sur des rails face à un tambour déroulant le papier), qui exécute à raison de 300 mouvements de 1/10 de mm par seconde, tous les dessins désirés : axe en plan, profil en long, profil en travers, perspectives... Une telle machine remplace 25 dessinateurs. Sa nouvelle version, en cours de mise en service, en remplacera beaucoup plus encore.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 122-40

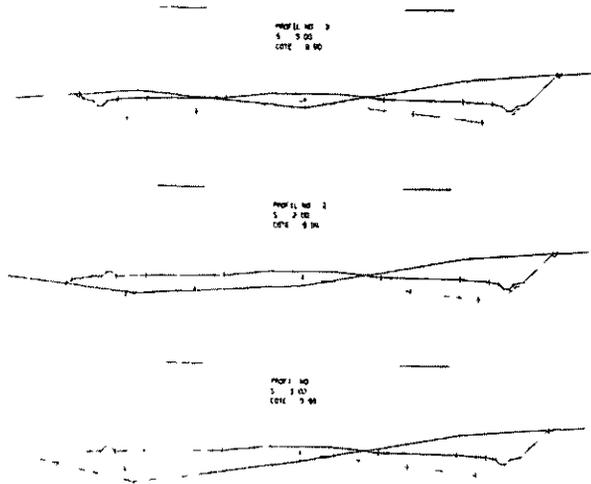


FIGURE 10. — *Une des productions de la machine à dessiner :* les profils en travers (assiette, plate-forme, profil final), sont débités à la cadence de 50 à l'heure.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 144-34.

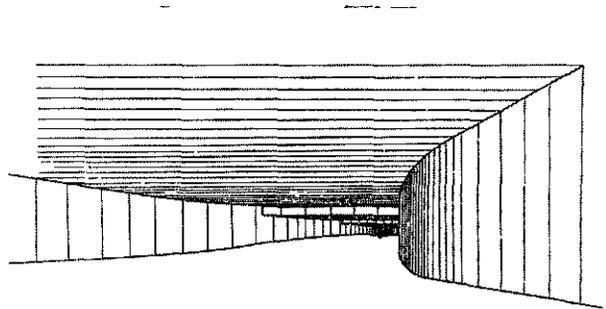


FIGURE 11. — *Une autre production de la dessinatrice automatique :* une perspective. Les traits principaux sont seuls dessinés par la machine (en moins de 5 minutes) et un dessinateur humain vient effacer les parties cachées et, le cas échéant « habiller » de hachures la perspective (en moins d'un quart d'heure). C'est ici le cas pour une bifurcation de l'autoroute souterraine de la Défense (A 14) et la succession des vues ainsi obtenues a été filmée en dessin animé pour connaître d'avance les sensations du futur usager.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 158-9.

Dans notre articulation administrative et technique, il y a là un énorme avantage puisqu'on a fait l'économie non seulement des projeteurs qu'on n'avait qu'en petit nombre, mais aussi des contrôleurs, qui se seraient épuisés dans des dialogues toujours recommencés.

Nous retrouverons constamment ce caractère du calcul électronique, qui s'autocontrôle pas à pas et ne peut délivrer que des résultats exacts ou s'interrompre en dénonçant l'irrégularité. En transformant nos rares projeteurs en programmeurs, attelés à la rédaction et à la mise au point méticuleuse de programmes automatiques de grande taille, nous avons ainsi fait coup double et raccourci la chaîne du contrôle qui va de la conception à la réception. C'est une originalité reconvenue de nos programmes que de pouvoir tenir, à notre choix, ce double rôle, de projeteur et de vérificateur, et d'appuyer nos études à la fois sur la normalisation et sur l'automatisation qui, d'office, l'assure.

### Calcul et dessin automatiques des tracés.

L'enchaînement continu et automatique du tracé permet de couvrir désormais toutes les opérations qui vont du lever aérien stéréophotogrammétrique aux dessins d'exécution des terrassements de la voie future, et même au film d'anticipation par lequel on peut, en animant des perspectives établies automatiquement, connaître d'avance les sensations du futur usager.

La principale économie pour les effectifs d'études porte ici sur les dessinateurs et assistants techniques : nous n'aurions jamais eu l'armée nécessaire aux calculs et dessins traditionnels à produire à la cadence demandée. Les interventions humaines sont réduites à très peu car d'une part, le terrain naturel est « mis en conserve » dans l'ordinateur sous forme de semis de points, et d'autre part, la machine se charge de toutes les opérations laborieuses et fastidieuses.

Le *semis de points* c'est l'image du terrain mise en mémoire dans la machine sous forme de cartes perforées lui indiquant les coordonnées X, Y, Z de points quelconques, convenablement distribués. Dans ce paquet de points en désordre, quand la machine désire connaître la cote Z d'un point de coordonnées en plan X Y connues, elle l'interpole en sélectionnant automatiquement les points voisins qu'elle trie dans le semis de points, puis en ajustant sur eux, la surface du second degré qui représentera au mieux la surface du sol (ajustement par moindres carrés des écarts en Z). Elle perce alors cette quadrique par la verticale X Y et obtient ainsi la cote Z à une précision suffisante en pratique... et elle opère ces interpolations à raison de 900 *points à la minute*. On se trouve ainsi délivré du carcan d'un tracé préalable suivant lequel, traditionnellement, on levait des profils en travers du terrain. On peut donc procéder à toute variante souhaitable puisque le terrain naturel mis en mémoire est connu et connaissable d'une manière indépendante du projet à étudier.

Sur cette base, *l'homme et la machine* peuvent nouer un *fructueux dialogue* : l'homme fait des choix sommaires, et la machine en déduit toutes les conséquences numériques fastidieuses à établir (calcul d'axe, cubatures, perspectives, etc...). L'homme les juge et retouche ses choix. On arrive ainsi très vite à un projet convenable et défini avec précision. Par exemple, la machine introduit automatiquement des clothoïdes de raccordement entre alignements et cercles...

Mais demain, la machine ira plus loin : c'est elle-même qui rectifiera les choix et, délivrée de la *géométrie imposée* que l'homme lui fait aujourd'hui étudier en détail, elle opérera bientôt en *géométrie optimisée* : endoctrinée sur toutes les contraintes et conditions à respecter dans une bande d'espace, elle recherchera alors toute seule le meilleur tracé possible compatible avec toutes ces obligations. Ce stade d'optimisation s'étendra du mouvement des terres au coût d'établissement et même au bilan généralisé du projet, tenant compte de son utilité économique.

Dès aujourd'hui pourtant, la moisson de ce véritable « laminoir continu » à débiter des tracés est pour le moins impressionnante car non seulement les *calculs* sont automatiques, *mais aussi les dessins* qui leur font suite. A la cadence de 8 kilomètres par jour, nous sommes dès à présent en mesure d'étudier et dessiner complètement un tracé : tracé d'axe, profils en long du terrain et du projet, profils en travers à raison de 30 au kilomètre, voire plus, perspectives à raison de 10 au kilomètre, voire plus, canevas des points à implanter, cubatures, avant-métré, et demain mouvement des terres, etc...

En 1964 quelque 400 kilomètres ont ainsi été traités, et on a dépassé 1.000 en 1965. La cadence journalière depuis le début de 1966 excède 5 kilomètres par jour et de nouvelles machines, mises en place dans nos Agences Régionales, vont permettre de la tripler.

Il faut mentionner spécialement la production systématique et automatique de perspectives, car elle permet de contrôler l'aspect que la future voie offrira à ses usagers. On peut ainsi éliminer bien des défauts qui, pour l'instant, sont décelés par l'œil humain examinant les perspectives (ou le film obtenu en les animant), mais demain, cet échenillage sera lui-même automatique car un programme électronique spécial l'assurera dès le calcul.

Toutes ces méthodes concourent à la qualité du tracé de nos nouvelles autoroutes, qualité dont la réputation a maintenant largement franchi nos frontières, comme on peut en juger par l'affluence de spécialistes étrangers qui viennent se renseigner sur notre méthode du semis de points et sur les perspectives qu'elle nous offre tant pour l'automatisation des projets que pour leur optimisation.

Il semble bien que cette voie nouvelle que nous avons été les premiers à ouvrir avec cette ampleur et cette efficacité, est celle qui peut conduire à la solution radicale et complète du problème central de toute activité routière : celui du coût global d'une route ou d'une autoroute projetée.

Un avantage de circonstance s'attache à l'utilisation systématique d'un tel outil de projet, car nous avons fait refaire par nos machines des projets faits de main d'homme, et nous avons constaté que le traitement électronique pouvait améliorer de tels tracés et économiser quelques points sur le coût d'établissement.

### **Calcul électronique des ouvrages d'art.**

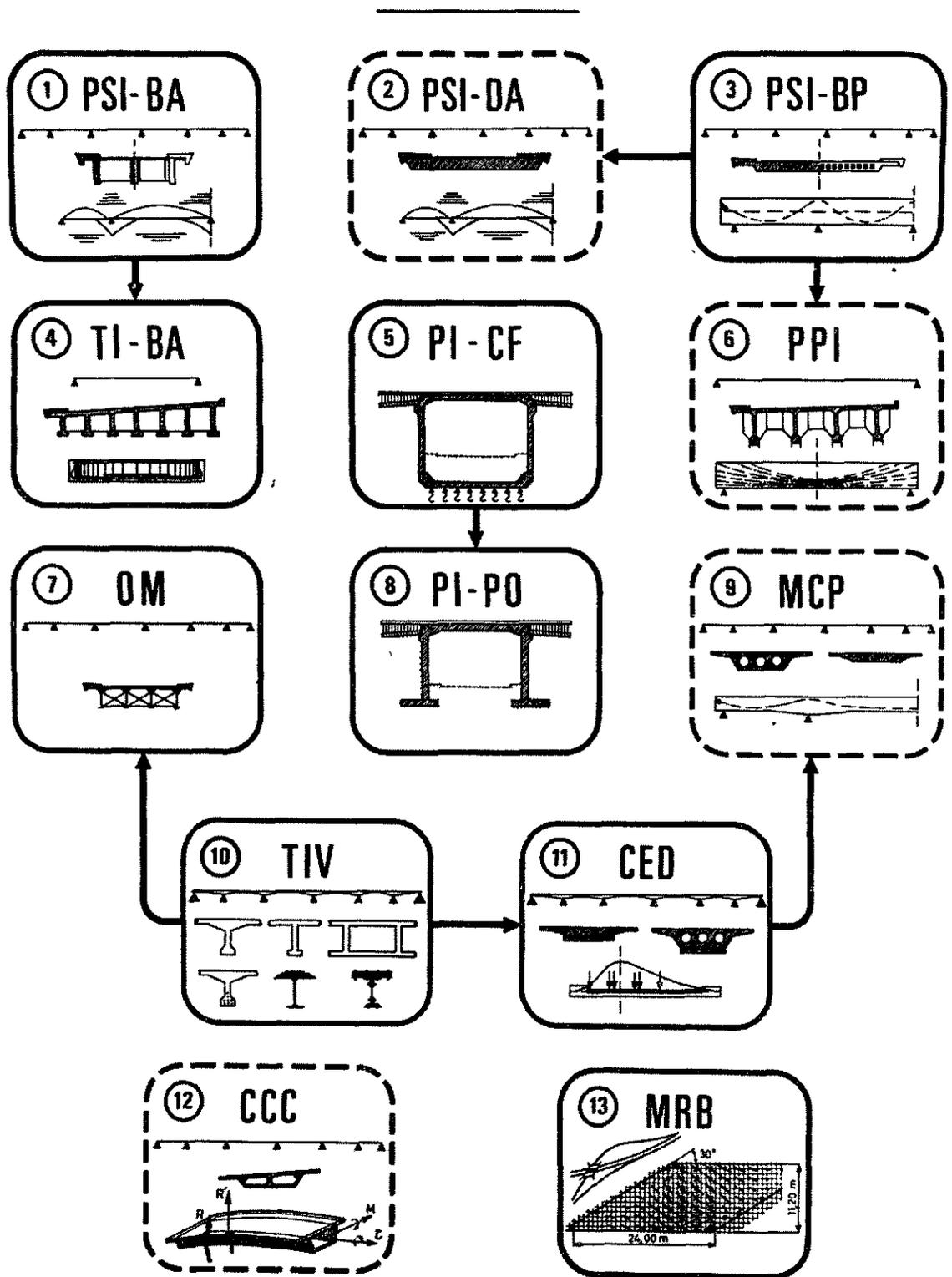
Pour la plupart des ouvrages d'art autoroutiers l'emploi du calcul électronique s'est généralisé depuis 1962 au point qu'il n'en est guère qui n'y recoure aujourd'hui en tout ou en partie.

L'économie principale pour les effectifs d'études porte ici sur les Ingénieurs projeteurs. L'optimisation et l'automatisation des projets ont pour effets principaux de réduire les délais, d'accroître par conséquent le nombre de projets qu'on peut établir simultanément donc grouper en lots d'ouvrages répétitifs plus nombreux, abaisser enfin notablement les coûts (études et travaux).

A titre d'exemple, on peut dire que le prix de règlement d'un pont-type d'aujourd'hui exprimé en centimes 1966 ne dépasse pas le montant en francs 1959, pour la construction d'un ouvrage similaire, c'est-à-dire offrant en gros le même usage selon la même technique. Mais celui-ci était calculé à la main et construit à la pièce, et celui-là est calculé électroniquement et construit en série.

Là où il fallait trois semaines de calcul d'Ingénieur, il faut aujourd'hui trois minutes d'ordinateur. En outre, là où il fallait trois semaines de dessin par pont,

# CALCUL ELECTRONIQUE DES PONTS POUR AUTOROUTES



moins d'une semaine suffit aujourd'hui, grâce aux modèles et dessins-types des autres dossiers-pilotes (équipements, appuis, fondations, ferrailages-types, etc...).

Le calcul électronique, inlassable et rapide, toujours prêt à recommencer un calcul pour « récupérer des pour-cents », peut ajuster les contraintes atteintes aux valeurs admissibles, et conduit ainsi à l'optimisation technique de la structure porteuse, grâce à des calculs itératifs en « boucle » qui sont recommencés jusqu'à ce qu'un critère soit satisfait, en faisant avancer d'un pas la dimension qui commande l'effet correspondant.

Nous pouvons même nous offrir des boucles étagées, c'est-à-dire multiplier les critères : nos ponts-types usent largement de cette latitude, et leurs programmes de calcul automatique peuvent rechercher :

- soit un optimum sur un champ de 3 ou 4 variables (par exemple : épaisseur du hourdis, hauteur des poutres, épaisseur des entretoises, pour un pont à poutres sous chaussée) ;
- soit un choix judicieux d'une variable majeure (épaisseur d'un tablier par exemple) selon plusieurs politiques de dimensionnement différentes.

Nos plus récents programmes de calcul automatique offrent ainsi à l'utilisateur le choix entre trois politiques :

- en géométrie imposée : meilleur usage des matériaux (sous-optimum technique) ;
- à parti technique et matériaux donnés : meilleur usage de la structure (optimum technique) ;
- à parti technique et conditions économiques donnés : moindre coût du franchissement (optimum économique).

On peut même renoncer à cet éventail d'options et se borner à ne voir dans le programme qu'un vérificateur de calculs. Il faut alors décrire entièrement le projet à contrôler, et la machine se limitera à effectuer les calculs et imprimer leurs résultats, sans procéder à aucun choix ni à aucun jugement.

C'est cet ensemble de possibilités : contrôle souple, projet sur plusieurs registres, abondance de résultats détaillés et précis, qui caractérise et définit un calcul automatique de pont. Un tel programme ramène, par essence, un projet de pont courant à n'être d'une part qu'un ensemble de choix immédiats faits par l'Ingénieur et signifiés à la machine, d'autre part qu'un petit nombre de tâches de parachèvement (calculs secondaires, dessins) à faire à partir des renseignements numériques lus sur la note de calcul délivrée par l'ordinateur.

FIGURE 12. — Les 13 programmes de calcul électronique de ponts. Au 15 mai 1966, le Service Spécial des Autoroutes disposait des 9 programmes encadrés en traits pleins et avait en cours de rédaction avancée les 4 programmes encadrés en tiretés, l'ensemble couvrant sensiblement tous les besoins de la pratique courante pour les ponts autoroutiers, et se décomposant en :

9 calculs automatiques de ponts-types (505 calculs faits).  
4 calculs généraux d'effort (498 calculs faits)

AINSI PLUS DE 1.000 CALCULS DE PONTS  
ONT DÉJÀ ÉTÉ EFFECTUÉS

- pont type en cadre fermé (PI-CF) ..... 211 calculs
- pont type en portique ouvert (PI-PO) .. 20 calculs

— tabliers à poutres sous chaussée de hauteur constante en béton armé (PSI-BA et TI-BA) .....	226 calculs
— tabliers en ossature mixte (acier béton) (OM) .....	3 calculs
— dalles pleines continues précontraintes (PSI-BP) .....	45 calculs
— calcul des efforts dans les dalles (CED) .....	372 calculs
— calcul des efforts dans les plaques (MRB) .....	94 calculs
— calcul des efforts dans les tabliers à inertie variable (TIV) .....	32 calculs

Atteint en moins de quatre ans, le total est ainsi de ..... 1003 calculs

Il aurait fallu à un homme plus d'un siècle de calculs ininterrompus à la main pour obtenir les mêmes résultats (soit 25 ingénieurs pendant 4 ans).

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 156-A.

# COMPOSITION D'UN PONT-TYPE COURANT D'AUTOROUTE

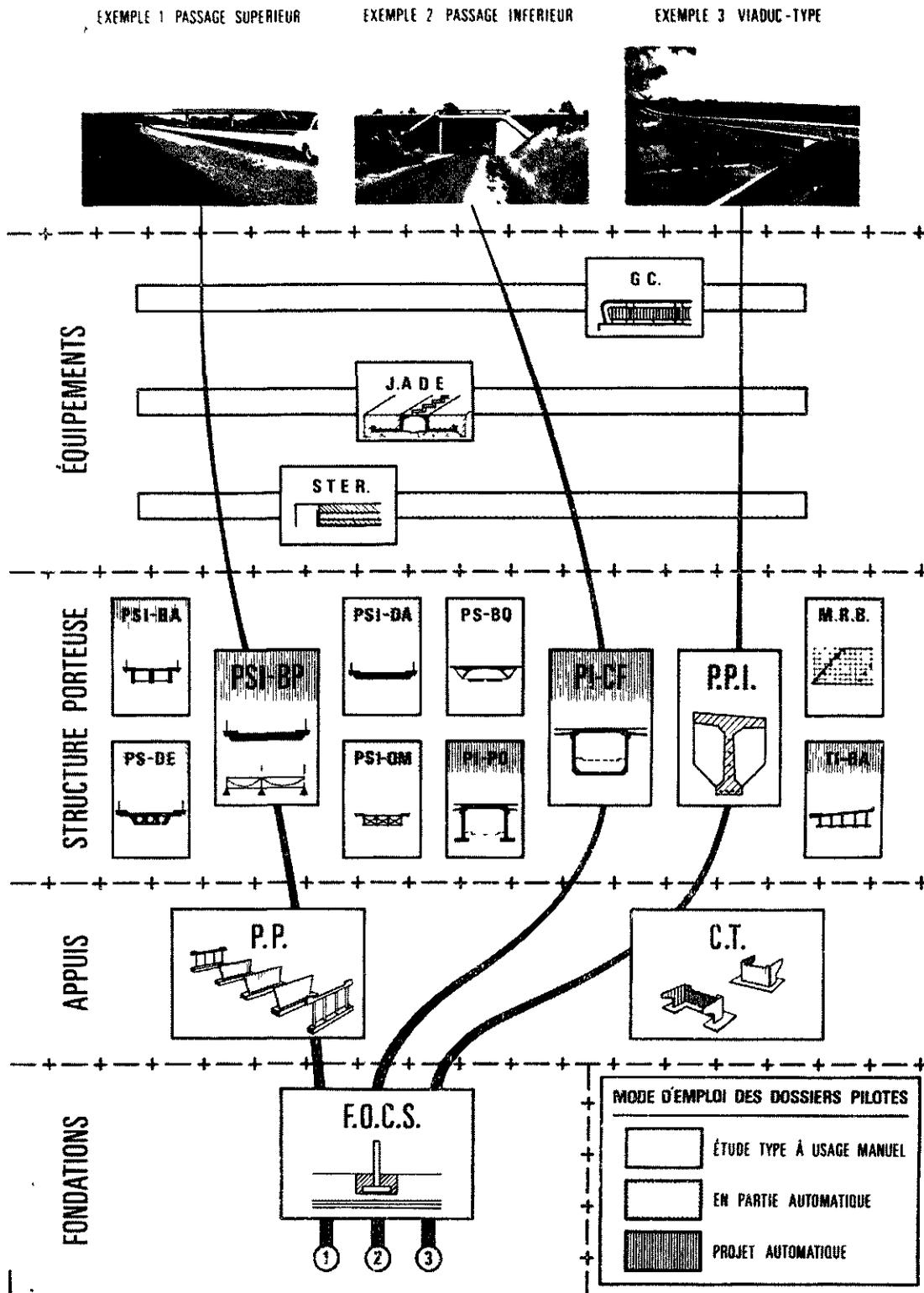


FIGURE 13. — Le projet d'un pont-type courant d'autoroute combine des éléments puisés dans 4 ou 5 dossiers-pilotes différents : fondations, appuis, tablier (ou structure porteuse) et équipements. La méthode autorise la production en série des projets, la rationalisation des journaux, des chantiers et des marchés. Plus de 500 ponts ont déjà été terminés selon ce système.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 180-8

Ces petits compléments (calculs des parties non programmées, traduction en dessins de ferrailage des résultats programmés, etc...) peuvent être confiés, moyennant une rapide initiation, à des assistants ou à du personnel spécialisé et le dossier-pilote facilite largement cette exploitation démultipliée.

Au printemps 1966, neuf programmes de calcul automatique de ponts sont en service (alors que nous n'en avions qu'un seul en 1962), et ces neuf programmes actuels couvrent à peu près complètement les besoins de la pratique courante.

Les structures calculées vont, en effet, des tabliers à poutres sous chaussée, en béton armé, béton précontraint ou âmes d'acier associées à un hourdis en béton (ossature mixte), à travées simples ou solidaires, aux ponts-dalles pleins ou élégis en béton armé ou précontraint, en passant par les ponts-cadres ouverts ou fermés, et, pour cet ensemble, *plus de 500 calculs complets* ont déjà été faits.

A côté de ces calculs complets, on doit en outre mentionner quatre *calculs partiels* déjà utilisés aussi *près de 500 fois*. Limités aux efforts dus aux surcharges réglementaires, ils sont plus généraux que les programmes de ponts courants car ils concernent des structures plus complexes : poutres de hauteur variable, caissons courbes, dalles continues et biaises, etc...

Dans un domaine où les notes de calcul « à la main » sont rares, incomplètes ou sommaires, voire inexistantes (justification par essais sur modèles réduits), ces quatre programmes généraux d'efforts nous font accéder à une précieuse expérience numérique, car ils ne reculent devant aucun calcul — alors que l'homme parfois est contraint d'y renoncer faute de temps ou de rentabilité.

Les calculs électroniques de ponts ont ainsi marqué le début d'une ère nouvelle pour les bureaux d'études spécialisés, soit qu'ils permettent d'atteindre l'indispensable échelle industrielle pour les nombreux ponts courants dont ils automatisent le projet, soit qu'ils constituent de la recherche technique caractérisée, en élargissant aujourd'hui nos connaissances et demain notre action.

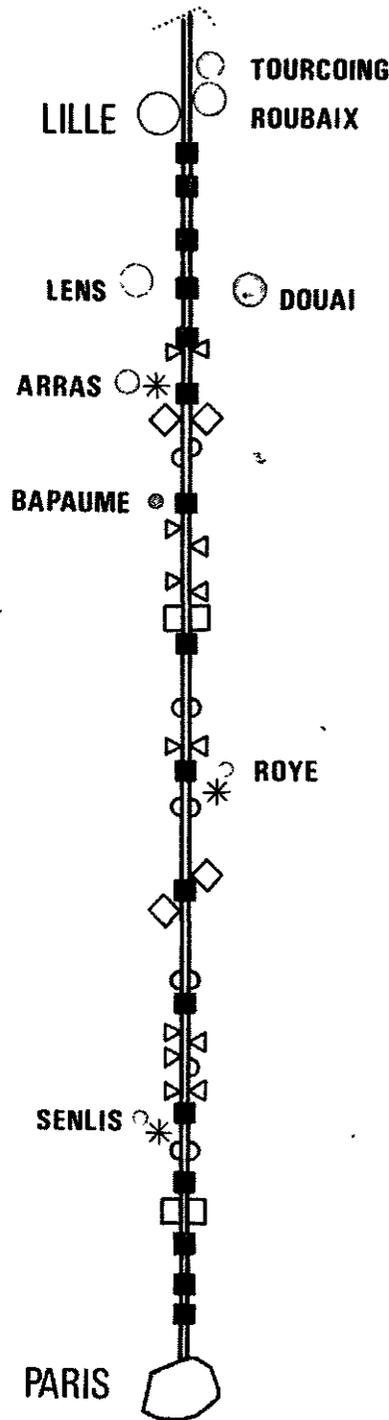
A l'heure où les projets d'autoroutes urbaines vont nous poser de difficiles problèmes, liés notamment à la géométrie restreinte qui sera le plus souvent imposée, comme au moment où la construction des autoroutes de liaison prend son rythme industriel, les deux volets du calcul électronique des ouvrages d'art nous permettent d'espérer faire face à une demande accrue de projets.

Un chiffre nous y autorise : pour établir les résultats numériques fournis depuis un peu plus de trois ans par nos programmes électroniques, en supposant que les 9 aient été en service dès le début de 1963, il aurait fallu à 9 spécialistes (un pour chaque type d'ouvrage calculé), de l'ordre de 12 années de calcul ininterrompu soit de l'ordre d'un siècle d'opérations numériques « à la main » (sur machine électrique traditionnelle de bureau).

Cette cadence, d'ailleurs faible étant donné que la période 1963-1965 a été surtout consacrée à écrire les programmes avant de commencer à les exploiter, ne peut que croître comme les plus récents programmes mis en service l'ont montré, pour atteindre pour chaque type (13 types différents) entre 50 et 200 utilisations annuelles.

Il s'agit là d'une véritable mutation dont les conséquences se précisent un peu plus chaque jour, tant il est vrai que calcul électronique et dessin automatique entraînent une profonde révolution dans les méthodes d'élaboration de nos projets de ponts pour autoroutes.

# INSTALLATIONS ANNEXES D'UNE AUTOROUTE



ECHANGEUR EN TROMPETTE



HALTE SIMPLE



CENTRE D'ENTRETIEN



(Vues aériennes DURANDAUD)

## LEGENDE

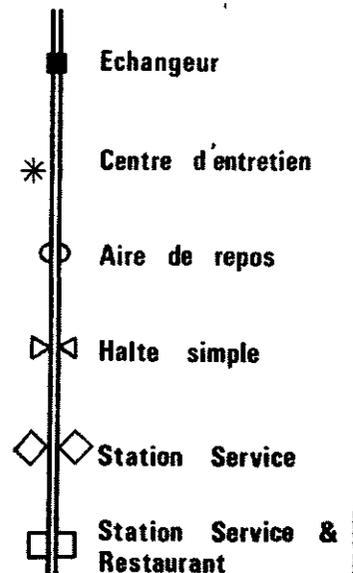


FIGURE 14. — Un itinéraire autoroutier doit faire l'objet d'un aménagement d'ensemble pour offrir aux automobilistes toutes les aires annexes nécessaires : haltes simples ou aires de repos, stations services, restaurants, centres d'entretien... C'est ce que l'autoroute du Nord de la France par exemple, offre à ses usagers dès sa mise en service.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 180-10.

## Chaussées autoroutières.

Un projet d'autoroute n'est pas fait que de tracés et d'ouvrages d'art, c'est aussi un projet de chaussée qui pose des problèmes de recherche et de définition des matériaux adéquats ainsi que des problèmes de dimensionnement et de réalisation des diverses couches constitutives de la chaussée. Ces questions relèvent plus du domaine expérimental du laboratoire que de considérations théoriques et constituent ipso facto, un domaine difficile et délicat où la technique n'en est encore qu'au stade de l'observation. Le sujet est inépuisable et vaudrait à lui seul tout un numéro de notre Revue.

Pour ne pas nous égarer, qu'il nous suffise de rappeler que la technique française en manière de conception des corps de chaussées d'autoroutes est très au fait de ce que font les autres pays — Allemagne et Etats-Unis notamment — en matière de chaussées autoroutières. Nous suivons avec la plus grande attention les diverses études à l'étranger, telles que la campagne systématique et bien connue du « Road Test », de l'A.A.S.H.O.

Les conceptions françaises en matière de chaussées autoroutières supportent d'ailleurs avantageusement la comparaison, tant sur le plan du prix que sur celui de la qualité — qu'il s'agisse de chaussées « blanches » (en béton de ciment) ou de chaussées « noires » (en béton bitumineux), l'option entre « blanc et noir » se faisant à l'échelon national selon les critères économiques et techniques élaborés et présentés pour décision à l'Administration Supérieure par un groupe d'Etudes d'Ingénieurs à la Direction des routes.

## Autres aspects de l'étude d'une autoroute.

D'autres aspects retiennent aussi l'attention de divers spécialistes, tout naturellement regroupés à l'échelon national, par le Service Spécial des Autoroutes :

- *l'aspect d'ensemble* se juge sur perspectives mais aussi sur photo-montages et sur maquettes, notamment pour les échangeurs et en zone urbaine ;
- *l'aménagement paysager* répond à des spécifications qui combinent les sols et les climats et proposent les formules fonctionnelles les plus adaptées en matière de plantations pour obtenir au meilleur compte à la fois la satisfaction de l'œil de l'usager, la stabilisation des talus contre l'érosion, des effets de masques anti-éblouissants (contre les phares) ou anti-bruit (vis-à-vis de certains riverains) — et plus généralement une bonne intégration de l'autoroute dans le cadre environnant pour que celle-ci épouse réellement le paysage qu'elle dessert, etc...
- les *équipements* surtout, tant en section courante que pour l'ensemble de l'itinéraire.

Parmi ceux-ci figurent en bonne place la signalisation, les glissières de sûreté, le téléphone, les clôtures, l'éclairage, etc...

Dans une autre catégorie, se rangent les *aires annexes* : petits parcs de stationnement (haltes simples) ou points de détente pour les usagers (aires de repos), de ravitaillement pour les véhicules (aires de service normales ou stations-service), voire de restauration pour les passagers (aires de service principales ou restaurants, voire hôtels).

Chaque itinéraire fait ainsi l'objet d'un plan d'équipement et celui-ci est arrêté dès la construction de l'ouvrage principal pour être entrepris graduellement au fur et à mesure que les besoins le justifient.



FIGURE 15. — Le plus répandu des ponts-types courants : le passage supérieur en dalle pleine continue précontrainte. Construit en série, dont la plus importante a atteint 38 ponts exécutés en 20 mois, cet ouvrage a déjà été livré en quatre ans à la circulation à plus de 200 exemplaires, faisant ainsi la preuve de sa vocation industrielle.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 113-9.

FIGURE 16. — Naissance d'un pont-type de demain : le prototype du pont à béquilles type PS-BQ. Construit au sud de VALENCE en cinq mois, cet ouvrage enjambe d'une seule travée une autoroute à 2 chaussées de 10,50 m : son ouverture centrale est de 48 m aux naissances et 32 m à l'encastrement des béquilles (les engins de terrassement donnent l'échelle).

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 157-2.



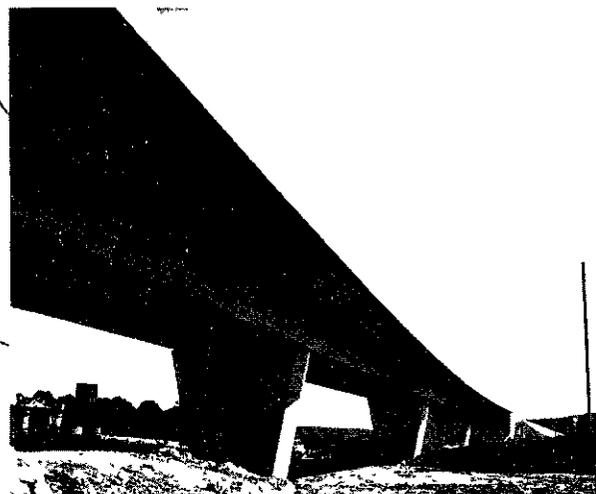
FIGURE 17. — Un pont spécial : pont en courbe de 75 m de rayon, à 3 travées de 22 m, en dalle précontrainte éléguée à larges encorbellements. Construit dans un échangeur, ce type d'ouvrage va se multiplier sur les autoroutes urbaines en géométrie difficile.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 115-40.



FIGURE 18. — Un autre pont spécial : pont en courbe de 800 m de rayon, à 4 travées de 25, 40, 40 et 25 mètres, en caisson précontraint. Ce type est également destiné à un emploi assez fréquent en zone urbaine.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 117-5.



# Cinq ans de réalisations

L'exposé sera bref ; l'objectif ne peut être ici de répéter ou de doubler ce qui constitue la raison d'être de diverses publications techniques à qui revient tout naturellement le soin de faire connaître au fur et à mesure des réalisations, les autoroutes et les techniques auxquelles elles ont fait appel.

Voici quelques indications synthétiques :

## La multiplication des grands chantiers

Face à la puissance des méthodes d'étude ultra-modernes qui viennent d'être évoquées, l'exécution des travaux s'est mise aussi à l'heure industrielle : dans les travaux autoroutiers, l'échelle à laquelle on opère se conjugue avec des exigences de qualité très sévères et des délais impératifs (surtout pour les premières sections à mettre en service).

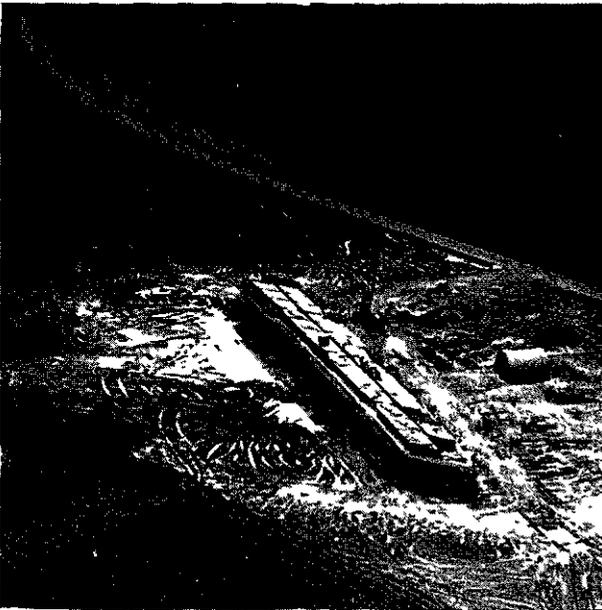


FIGURE 19. — Sous les apparences d'un chantier modeste et éphémère, un ouvrage d'art courant, annonciateur de l'autoroute, germe au coin d'un champ... On remarque ici la route pour laquelle on construit le passage supérieur à poutres sous chaussée ainsi que les coffrages dessinant les futures entretoises, les poutres et leurs goussets.

Cliché : vue aérienne DURANDAUD.

Ampleur des chantiers, rigueur des délais, normes strictes, caractérisent donc la construction d'une autoroute, tout au long de ses trois étapes principales qui, en rase campagne, se succèdent normalement dans l'ordre : ouvrages d'art, terrassements, chaussées et finitions.

### Ouvrages d'art.

Le rythme atteint est aujourd'hui d'un pont courant par jour ouvrable et d'un pont spécial ou exceptionnel par fête carillonnée.

Plus de 500 ponts ont été livrés au trafic rien qu'au cours des quatre dernières années et nos autoroutes en service représentent déjà un patrimoine de près de 700 ponts.

Il est banal de voir en trois mois un pont germer au coin d'un champ, signe annonciateur des autres travaux de l'autoroute.

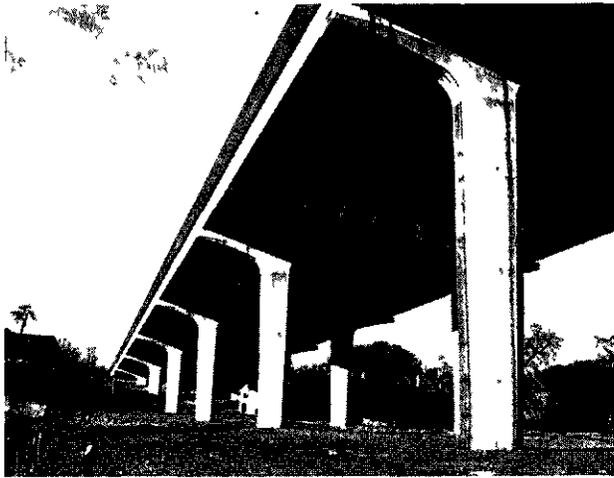


FIGURE 20. — Un ouvrage d'art exceptionnel permet à l'autoroute PARIS-LILLE de franchir le Vallon de Roberval. Largement industrialisé, le chantier n'a duré que 15 mois, livrant à son terme un ouvrage de plus de 500 m de long et 16.000 m<sup>2</sup> de superficie, comportant 155 poutres préfabriquées de 80 tonnes chacune et 29 piles en forme de tulipes.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 176-85.

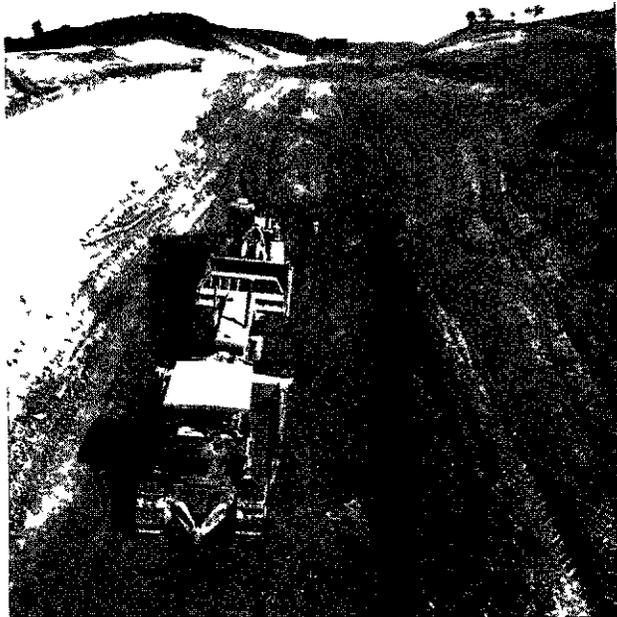


FIGURE 21. — Construire une autoroute se fait couramment au rythme de 15.000 m<sup>3</sup> de terrassement par jour. Ici l'autoroute LYON-MARSEILLE s'ouvre une tranchée large et profonde dans les collines de la Gaule. Les engins du premier plan développent au total 1.000 chevaux avec leurs trois moteurs.

Cliché : Europimages 64465.

Ces ouvrages courants ont des formes simples et rationnelles qui, outre un aspect final sobre et acceptable, leur confèrent une vocation industrielle en facilitant leur exécution : en particulier, ils ne demandent que peu de main-d'œuvre et comme leurs projets automatisés économisent par ailleurs la matière grise, ils jouissent d'une grande faveur. Une entreprise moyenne peut sans mal terminer en une seule campagne d'été une dizaine d'ouvrages semblables, en échelonnant convenablement ses chantiers et en faisant tourner ses équipements et ses équipes, qui ne représentent pas plus de quelques hommes par pont.

C'est ainsi qu'en 1964 et 1965, en moins de vingt mois, se sont construits simultanément 69 ponts de même type, largement standardisés. Il s'agit là de la plus importante série de ponts d'un même type coulés en place, jamais réalisée en Europe et, à cette occasion, la France vient de ravir à l'Angleterre un record en matière de standardisation d'ouvrages d'art routiers.

Quant aux ponts exceptionnels, leur industrialisation a elle aussi beaucoup progressé. C'est ainsi que pour nos autoroutes, on a en cinq ans construit plus de 100.000 m<sup>2</sup> de tabliers formés de poutres précontraintes préfabriquées, totalisant un millier de poutres. Le plus caractéristique de ces ouvrages réalisé en 15 mois, est le viaduc par lequel l'Autoroute du Nord enjambe le vallon de Roberval : il compte 155 poutres et 29 appuis à fût unique « en tulipe ».

## Terrassements.

Tout a été dit et redit sur le sujet.

Le chantier « courant » a pris comme unité le million de mètres cubes, et s'étire sur 5 à 10 kilomètres. Il se traite à des cadences journalières comprises entre 5 et 15.000 m<sup>3</sup> et généralement en cent jours, autant que possible, en bonne saison (quand bonne saison il y a).

Les engins qui parviennent à de telles cadences peuvent aligner chacun des centaines de chevaux et sont les véritables chars d'assaut civils d'une armée en campagne.

La principale conséquence de cette mécanisation est l'abaissement des prix de revient : il est à cet égard saisissant de voir combien les prix unitaires des terrassements mécanisés se sont écroulés au fur et à mesure de l'augmentation de la

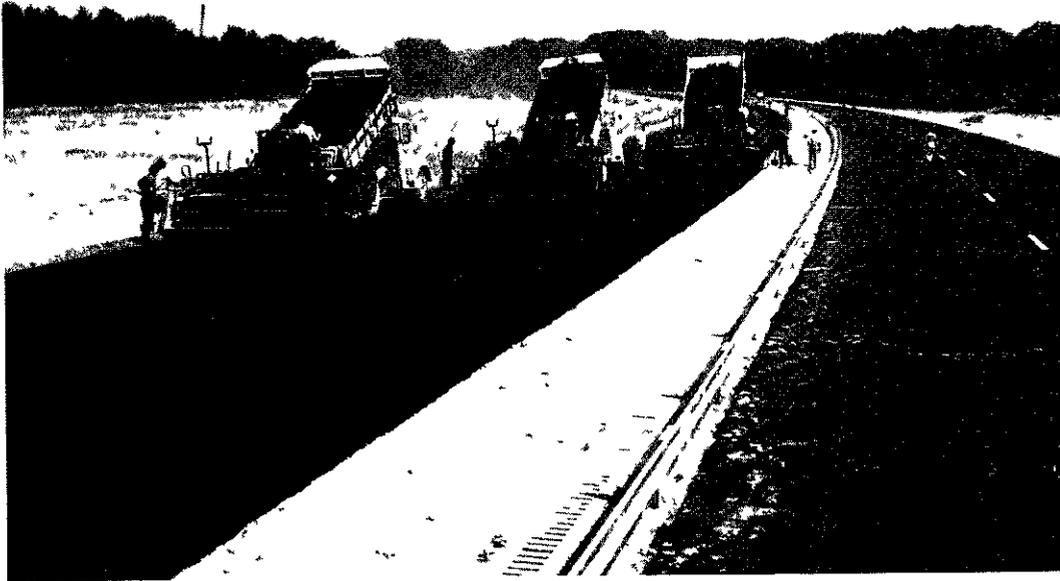


FIGURE 22. — Les chaussées d'autoroutes exigent une grande qualité (unit, rugosité, robustesse) en même temps que des cadences de réalisation élevées plus de 1.000 m de chaussée de 10,50 m peuvent être exécutés en un jour, com-c'est le cas ici pour les chaussées noires de l'autoroute du Sud de STRASBOURG.

Cliché Europ-images 651 659.

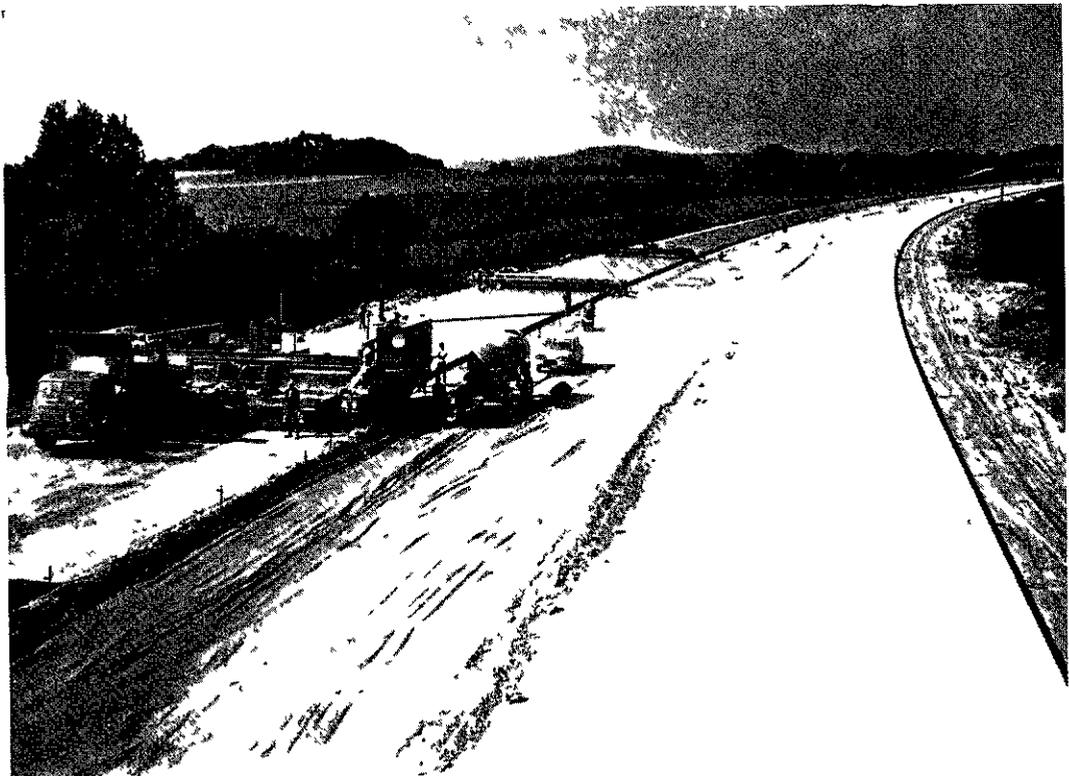


FIGURE 23. — Les chaussées blanches, en béton de ciment, sont susceptibles de cadences aussi grandes : 1 kilomètre par jour est laissé derrière lui par ce train de machines à guidage électronique, en action ici entre CORBEIL et NEMOURS.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 178-16.

capacité et de la puissance des engins ; a contrario, ceux-ci sont aussi plus sensibles aux conditions atmosphériques et leur emploi à l'échelle industrielle s'en trouve strictement défini.

## **Chaussées.**

L'exécution industrielle des chaussées ne le cède en rien à celle des ouvrages d'art ou de terrassements. Là aussi il s'agit de véritables « usines aux champs » qui doivent produire un produit présentant des qualités très strictement définies.

Et les cadences atteintes commencent à laisser rêveur : il est devenu banal de « tirer » 500 à 1.000 m de chaussée large de 7,50 m en un seul jour. Cela représente la mise en œuvre de quelque 1.000 m<sup>3</sup> de béton si la chaussée est rigide et de 2.000 t. environ d'enrobés bitumineux, si elle est souple.

Il s'agit là de productions d'usines qu'il faut organiser parfaitement bien qu'elles soient temporaires et sachant qu'on attend d'elles un fonctionnement exemplaire pendant des périodes ininterrompues de quelques semaines ou quelques mois.

## **Vers une conduite scientifique de nos études et de nos travaux.**

Aussi ne faut-il pas s'étonner de la tendance marquée à articuler et prévoir d'avance toutes ces tâches imposantes, et à recourir pour cela aux méthodes d'ordonnement les plus modernes.

Au lieu du traditionnel planning à barres, périmé sitôt dressé, on passe ainsi tout naturellement à la représentation en « graphe fléché » qui met en évidence le *chemin critique* de la suite des opérations à réaliser.

L'ordinateur électronique se prête à dévider les fils d'Ariane de nos graphes particulièrement complexes. Il rend la méthode vivante et prompte à réagir à toute situation nouvelle, car il peut explorer à toute vitesse tous les chemins du graphe et détecter toutes les opérations qui deviennent critiques dès que les conditions changent.

On peut ainsi répondre du tac au tac même à l'imprévu, même au hasard. Une panne de machine, un accident, une pluie intempestive, autant de circonstances que demain on pourra prendre en compte instantanément. Les délais prendront alors leur vrai sens physique : celui d'un arbitrage entre plusieurs risques présumés et que demain nous calculerons.

Un nouveau gain de productivité en résultera et ce qui vaut pour les travaux vaudra aussi pour les études et même pour l'instruction administrative des affaires.

## **Les réalisations et les cadences**

Les graphiques ci-joints montrent éloquemment la progression des autorisations de programme et des crédits de paiements pour la construction des autoroutes françaises au cours de ces dernières années, ainsi que son corollaire inéluctable : la cadence annuelle des mises en service.

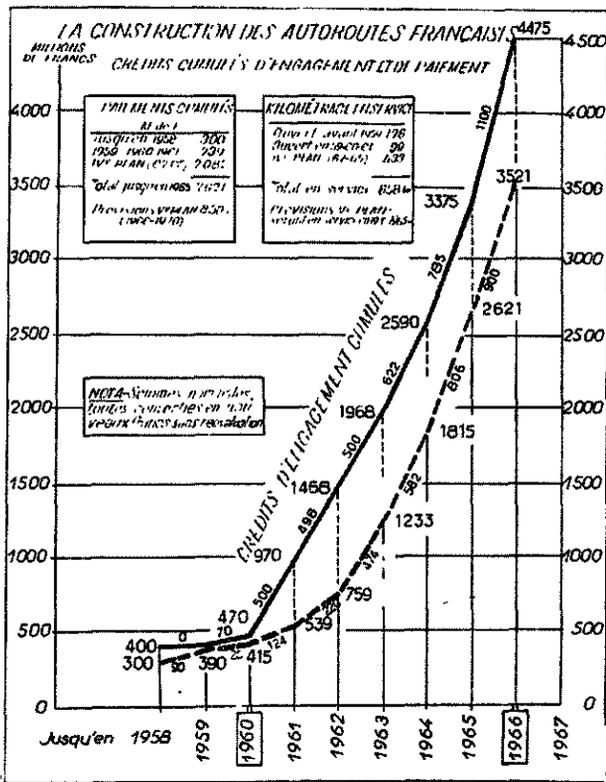


FIGURE 24. — La France a déjà investi plus de 2 milliards de francs dans ses autoroutes et s'apprête à en dépenser plus du triple dans les cinq ans qui viennent. En traits pleins : autorisations de programme. En traits tiretés : crédits de paiement.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 178-5

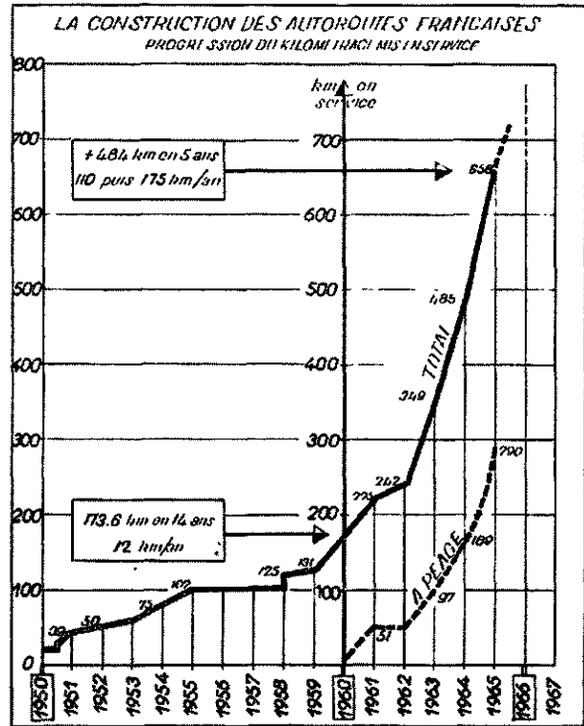


FIGURE 25. — Le réseau d'autoroutes de 3.600 km défini par le Plan Directeur de 1960 est déjà réalisé au cinquième... mais les besoins ont crû et la cadence, déjà plus que décuplée devrait encore être au moins doublée pour leur faire face.

Cliché : photothèque S.S.A.R. n° 178-7.

Il y a naturellement un décalage d'environ 3 ans — car c'est la durée ordinaire de construction d'une autoroute (parfois réduite à 20 mois sur certaines sections exceptionnellement urgentes ou faciles).

Mais le contrat a été tenu puisque le Gouvernement avait décidé le 9 août 1962 de porter à 175 km/an le rythme annuel des mises en service d'autoroutes de liaison, et que ce chiffre a été sensiblement atteint dès 1965.

Aux termes du V<sup>e</sup> Plan qui a accordé aux autoroutes une priorité, nous travaillons maintenant sur la base d'une cadence de mise en service de 200 km/an pour les autoroutes de liaison. On pense qu'elle sera atteinte dès 1968.

Mais il s'y ajoute aussi une cadence envisagée d'environ 50 à 60 km/an pour les autoroutes urbaines. Avec des études plus complexes (2 ou 3 ans au lieu de 1), une libération des emprises plus lente (3 ans au lieu de 2), d'importants travaux préparatoires (déplacements de canalisations et réseaux divers), et des travaux difficiles et gênés par le trafic, donc plus longs, il semble douteux que la mise en régime de la construction des autoroutes urbaines puisse être aussi rapide que l'a été celle des autoroutes de liaison. Nous ne serons pas le seul pays à le constater puisque cela reste vrai même aux Etats-Unis où le réseau Eisenhower (66.000 km en 20 ans) connaît des difficultés aux approches des villes.

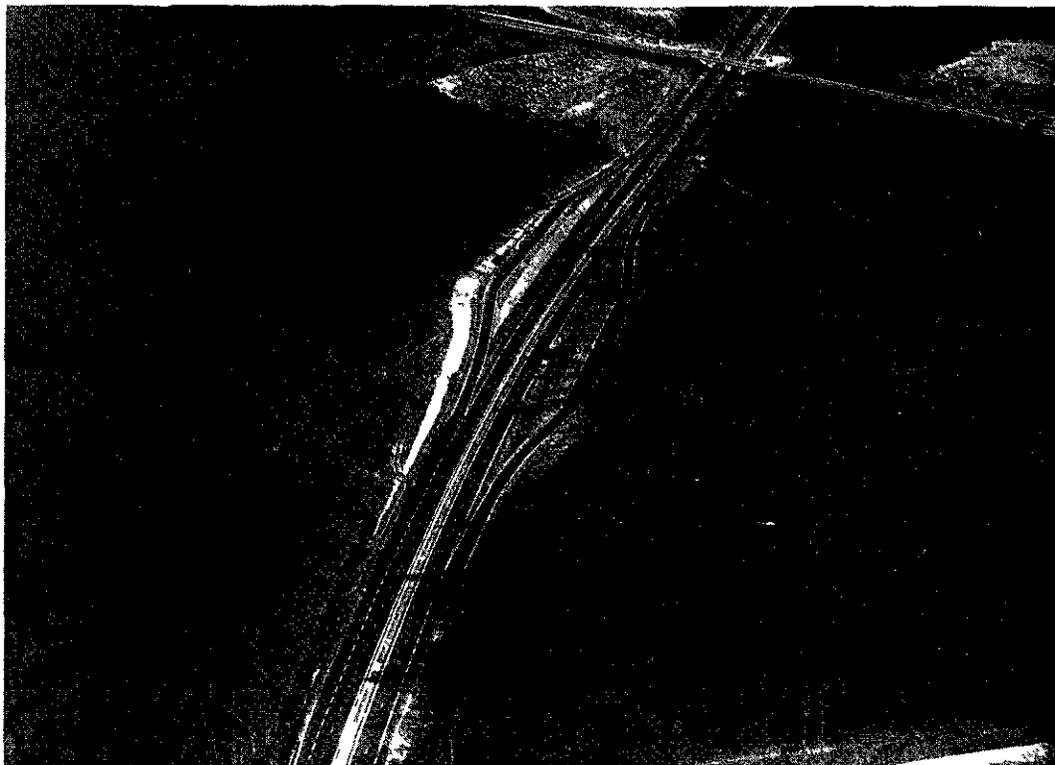


FIGURE 26. — Une halte simple. Destinée à reposer l'homme et sa machine, une halte tous les 10 kilomètres tire en général parti d'un bois ou d'un site accueillant : celle-ci est déjà très fréquentée dès l'ouverture de l'autoroute. Les plus anciennes accueillent plus de 1.000 véhicules par jour.

Cliché : vue aérienne DURANDAUD.

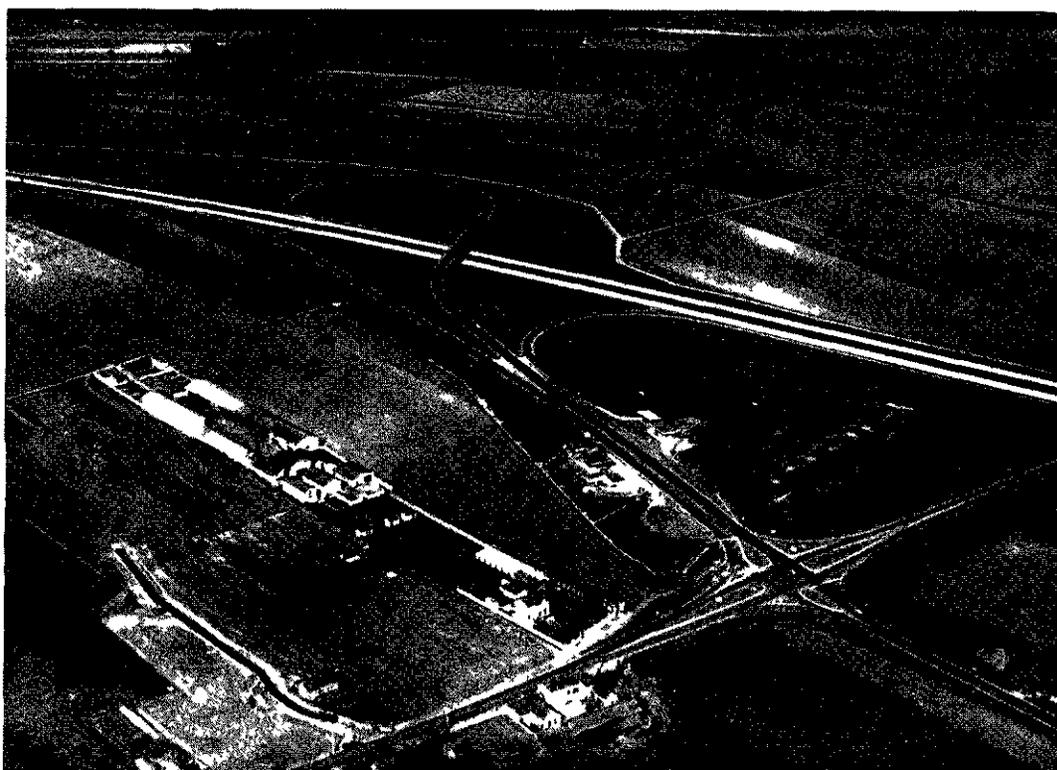


FIGURE 27. — Un échangeur sur autoroute de liaison. Il s'agit ici d'un échangeur sans poste de péage, mais néanmoins du type trompette, dans lequel s'est installé un petit poste de police.

Cliché : vue aérienne DURANDAUD.

# Demain . . .

## Autoroutes et villes

### Organiser l'urbanisation de la France.

La France est entrée dans une période d'intense développement de ses villes puisqu'à l'horizon de ce siècle, sa population urbaine est appelée à doubler sensiblement. Car selon les prévisions toute l'augmentation de la population doit se faire dans les villes.

Pendant ces trente et quelques années, *nous allons voir tripler l'espace urbain tel qu'il existe aujourd'hui*. L'urbanisme deviendra ainsi la grande œuvre du pays.

C'est bien le sens de la récente création du Ministère de l'Équipement, par fusion des Travaux Publics et de la Construction — ce qui marque bien désormais la volonté de lier transport et habitat, utilisation du sol et circulation.

Dans une récente déclaration, notre Ministre assignait d'ailleurs deux étapes aux études d'urbanisme qu'il souhaitait promouvoir dans les centres urbains pour

- 1) d'abord y élaborer un *schéma de structures et de transports*
- 2) ensuite y mettre au point des *plans d'utilisation des sols*.

Constitué d'un plan et de programmes, le *schéma de structures et de transports* assurera la coordination des investissements, des programmes. En effet, il définira d'une part les grandes infrastructures (voies ferrées, autoroutes et routes, égouts, eaux, réseaux divers...), d'autre part les équipements (enseignement, santé, sécurité, centres civiques, lieux de culture, de culte et de loisirs, etc...).

Ses compléments essentiels seront les *plans d'utilisation des sols*, qui fixeront, zone par zone, les coefficients d'utilisation des sols à respecter.

Un plan de *transports urbains* et des *plans de modernisation et d'équipement* s'appliqueront à l'exploitation de la ville ainsi définie et à la réalisation échelonnée et achèveront ainsi d'en orienter la croissance.

### Urbanisme et circulation.

Selon des vues exposées récemment par notre Ministre,

Ces études nouvelles feront principalement appel à trois séries de connaissances axées sur :

- l'urbanisme et la circulation,
  - la technique en matière de travaux publics et de bâtiments,
  - la technique et l'économie des transports,
- chacune répondant à l'une des trois questions :

Quelles villes faire ?

Comment les bâtir ?

Comment leur donner vie ?

Ce triptyque se retrouve évidemment dans l'étude d'un des éléments essentiels de la trame routière des villes, encore presque totalement absent des villes françaises : les autoroutes ou, plus généralement, les voies rapides urbaines.

De telles voies présentent bien en effet un triple aspect de programmation, de construction et d'exploitation qui ne rend pas aisé leur étude, du fait de multiples interférences. Celles-ci sont en fait visées par des expressions telles que rôle structurant, effet de drainage, urbanisme induit, etc... qui s'attachent à ces voies.

Pour difficile qu'elle soit, cette étude reste néanmoins capitale si l'on veut éviter l'anarchie et l'embolie sans remède des villes françaises en créant le réseau primaire destiné à les structurer.

A l'orée du V<sup>e</sup> Plan qui met l'accent sur les équipements urbains, les études de voies rapides urbaines vont donc se multiplier et méritent une mention spéciale.

Ces voies assureront en effet une part non négligeable des transports urbains, dont la multiplicité est presque la raison d'être de la ville. Il faudra démêler l'écheveau de ces déplacements, de leurs causes comme de leurs modes.

Leur étude et, par contrecoup, celle des voies rapides urbaines qui leur offriront place, exigera donc le concours de multiples disciplines : démographique, sociologie, géographie, économie, analyse des réseaux, etc... Son objet sera d'ailleurs la mise en ordre de ces divers facteurs, et par là sera dégagé le schéma de structures et de transports de l'agglomération.

A ces études s'associeront nécessairement les techniciens spécialisés dans les problèmes de circulation ainsi que dans la conception des autoroutes urbaines.

### **Renouveau de nos villes et de nos tâches.**

Il est encore trop tôt pour préciser plus en détail la tâche qui attend ces équipes d'études « intégrées » (ou encore pluri-disciplinaires). Mais il n'est pas trop tôt pour en mesurer l'ampleur et pour s'y préparer : il y a en effet des conséquences importantes à assumer du seul fait qu'une autoroute urbaine prend une dimension financière, humaine et technique sans commune mesure avec l'autoroute de liaison.

Pour ne s'en tenir qu'aux seuls ouvrages, non seulement ils sont *quatre fois plus nombreux* et *plus coûteux* au kilomètre, mais en outre, ils exigent *trois fois plus d'études* et *deux fois plus* de délais.

Ils posent immédiatement des questions essentielles pour le secteur de notre administration spécialisée dans les ouvrages publics : Comment les définir ? Les projeter ? Les contrôler ? Les construire ?

De plus, aux contraintes d'espace s'ajouteront des contraintes dans le temps, liées à l'occupation intensive des sols et à l'usage permanent des voies publiques, de

sorte que les phases provisoires et la chronologie même des opérations pourront affecter la nature technique des ouvrages et conduire à de fréquentes modifications de projets.

\*

A tous les points de vue, il faudra veiller avec plus de souplesse et de continuité à s'adapter à des situations changeantes. L'imbrication des tâches, un plus grand concours d'hommes et de moyens, la multiplicité des contributions accentueront encore la nécessité et les vertus d'une coordination et d'un échelon de synthèse.

L'aube autoroutière sur nos villes s'est aujourd'hui levée. Il dépend de nous qu'elle tienne toutes les promesses que nous en attendons, non seulement en adaptant nos villes à notre époque, mais en nous adaptant nous-mêmes à cette mutation sans précédent de nos activités.

Il y a là matière à un renouveau de nos techniques et de nos problèmes en même temps qu'à une nécessaire transformation de nos structures et de nos habitudes. L'effort à consentir est à la mesure du but à atteindre.

## Autoroutes et aménagement du territoire

### A l'horizon de ce siècle.

La création d'autoroutes urbaines n'apparaît toutefois que comme un des combats d'une grande bataille : celle de l'aménagement rationnel de l'espace.

Simplement, en ville, le champ plus resserré rend la lutte multiforme. Mais sur tout le territoire, la création de liaisons routières de caractéristiques modernes et à sécurité incorporée peut revêtir aussi d'autres aspects que la construction méthodique du réseau des autoroutes les plus urgentes ou les plus utiles à la collectivité.

\*

Toute une panoplie devra être forgée et ce serait une erreur de croire qu'en France il n'y a d'alternative qu'entre la route nationale traditionnelle à 2 ou 3 voies et l'autoroute à 2 chaussées séparées.

Toute une gamme de solutions graduées sont disponibles dans l'arsenal du projeteur :

- la route à 2 voies recalibrée
- la route à 2 voies recalibrée avec sections de dépassement et rescindement des points hauts
- la route à 3 voies recalibrée
- la route à 4 voies à chaussée unique
- la route express à 2 chaussées séparées et carrefours aménagés (parfois dénivelés)
- la plate-forme d'autoroute à chaussée unique en première étape
- l'autoroute, définitive ou extensible.

En particulier, sont à l'ordre du jour des problèmes de doctrine, tels que :

- les déviations intégrables (Que faire ? Quel sera l'aménagement final ?



FIGURE 28 — Quelques-uns des 416 kilomètres ouverts à la circulation entre janvier 1963 et décembre 1965. On remarque une halte simple déjà fréquentée, le début d'une voie réservée aux poids lourds, un trafic déjà important (plus de 15 000 véhicules/j le mois de l'ouverture)

Cliche Europtimages 651855

Quel est l'aménagement initial ?)

- l'aménagement progressif d'une grande liaison
- les routes à 4 voies
- les routes express.

\*\*\*

### A l'heure de l'Europe.

De plus, le réseau français d'autoroutes de liaison, qui commence à prendre forme, sera raccordé à tous ses voisins et comblera une lacune du réseau européen. Une dizaine de traversées de frontières sont déjà envisagées et les deux premières sont même en construction.

Il faut d'ailleurs remarquer à ce propos que l'Europe de l'Ouest ne possède jusqu'à présent que trois traversées de frontière par des autoroutes et que d'ici quelques années, c'est à la frontière française que ces points de passage seront les plus nombreux.

Dans le même ordre d'idées, 1965 a vu la mise en service en Europe d'un peu plus de 700 kilomètres d'autoroutes : le quart était des autoroutes françaises.

La cadence française des mises en service est d'ailleurs supérieure à celle qu'on constate en Californie, la Mecque des automobilistes, c'est-à-dire un Etat trois fois moins peuplé mais à peine moins étendu et moins riche que la France.

La différence essentielle n'est d'ailleurs pas dans la cadence, mais dans le retard accumulé en France : avec une circulation qui s'accroît de 1 % par mois (triplement en 10 ans), seul un effort soutenu à une cadence supérieure pourrait empêcher que la situation ne continue à se dégrader dans l'ensemble du pays.

## Pour conclure

L'ère automobile en est à ses débuts. Le développement de la circulation (1% par mois) est un fait dont il est permis de tirer diverses conclusions :

- si nous le refusons, cela signifie que seront prises toutes décisions permettant de limiter la circulation et l'utilisation de véhicules et éventuellement leur construction,
- si nous l'acceptons, il convient d'en apprécier l'importance et les conséquences sur les décisions que prendra notre société pour que son confort n'aille pas en se dégradant. Face à ce phénomène galopant de l'automobile, nos routes et nos villes deviennent totalement inadaptées.

L'œuvre de ces vingt prochaines années sera de rénover nos infrastructures et nos techniques de transports et de réinventer nos déplacements dans les villes (en adaptant la ville à l'automobile et l'automobile à la ville et en remodelant nos routes urbaines).

Il importe en conséquence de prendre une conscience exacte du problème de la circulation, bien au-delà de l'irritation quotidienne ou hebdomadaire liée aux encombrements et aux statistiques d'accidents. L'ordre de grandeur du problème et la rapidité avec laquelle il vient à notre rencontre doit nous atterrir. Si en rase campagne le rythme de construction d'autoroutes depuis 6 ans ne correspond qu'à un niveau inférieur aux besoins (eu égard aux retards), si l'aménagement des routes nationales reste modeste, si l'entretien et le renforcement du réseau routier mérite un effort supplémentaire, le drame de la ville ne fait lui que commencer.

L'asphyxie de la cité ne sera évitée qu'au prix d'efforts dont la mesure est mal connue de l'automobiliste. Mais ce prix, l'activité automobile peut le payer et, si les dispositions correspondantes sont adoptées, il ne fait aucun doute que l'automobiliste a le droit et les moyens de disposer de routes confortables, rapides et sûres. Il en assure la charge.

Le citoyen aura la cité qu'il se construira et peut y faire place à l'automobile, en sachant exactement ce qu'il lui en coûte. Le financement de nos infrastructures de transports (autoroutes, parkings...) devra être repensé avec courage, mais avec lucidité face à l'ampleur de la crise qui se prépare et au défi qu'elle représente pour notre génération.

Chaque année, 400 kilomètres d'autoroutes de liaison et 100 kilomètres d'autoroutes urbaines nouvelles, complétés par 1.000 kms de routes nationales réaménagées, voilà des perspectives minima qui permettraient d'attendre 1980 sans assister à une dégradation importante de la situation actuelle. Ce rythme là implique presque un doublement de nos efforts actuels.

Les réalisations passées sont le garant de nos possibilités, mais il est urgent de ne plus attendre.

# PRISMO FRANCE

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 800 000 F

53, RUE JEAN-BONAL - 92 - LA GARENNE-COLOMBES

TEL. 782 35-00 (LIGNES GROUPEES)

CG/YG

La Garenne, le 24 Juin 1966

Monsieur l'Ingénieur,

Vous savez que :

- nous fabriquons et contrôlons nos peintures routières réfléchies ou non, homologuées depuis plus de 15 ans ;

- nous montons nos machines "WALD" applicatrices de peinture, ce qui vous assure un réapprovisionnement facile et rapide de toutes pièces détachées ;

- nous sommes équipés pour effectuer à l'entreprise la signalisation horizontale de vos grands axes routiers et autoroutiers, dans les meilleurs délais.

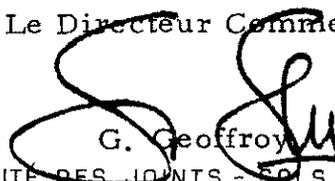
Sachez surtout que nous restons à votre service et que c'est avec plaisir que nous continuerons à étudier toutes vos suggestions,

Re stant attentifs à vous satisfaire,

Nous vous prions d'agréer, Monsieur l'Ingénieur, l'expression de nos sentiments dévoués.

PRISMO FRANCE  
Le Directeur Commercial

G. Geoffroy



IGNALISATION DES ROUTES ET DES AÉRODROMES - ETANCHEITE DES JOINTS - SOLS INDUSTRIELS

et pour le dessous

Voici, en France,  
le système

# Jet Power

## DEFENDER

- \* un revêtement protecteur et insonorisant
- \* une pulvérisation "sans brouillard"
- \* une technique longtemps éprouvée aux U.S.A.

Le produit DEFENDER a été spécialement étudié pour la pulvérisation sous les châssis de voitures. Il n'attaque pas les caoutchoucs - DEFENDER forme une pellicule ferme en surface qui demeure souple et flexible au contact du métal - C'est un revêtement d'une adhérence jamais égalée, absolument imperméable à l'eau, au chlorure de calcium et autres produits chimiques employés par les Ponts et Chaussées - DEFENDER supprime les grincements du châssis et du dessous de la carrosserie. DEFENDER ne durcit pas. Il ne peut donc se craqueler ou s'écailler. Il peut être appliqué sans préparation sur tout revêtement existant.

Réalisée au moyen d'une pompe spéciale, la pulvérisation d'un châssis de voiture ne dure que 15 minutes environ. La pompe Jet Power DEFENDER projette le produit avec une grande précision et sans brouillard. Zones intérieures des portières, logements d'amortisseurs, intérieurs des cache-articulations, fissures cachées, etc..., les surfaces les plus difficiles à atteindre sont protégées entièrement après l'application de DEFENDER.

Le prix d'une pulvérisation DEFENDER est de 50,00 F pour les véhicules de moins de 6 ch, 70,00 F pour les véhicules de 6 à 12 ch.

Comparaisons techniques des différents revêtements	DEFENDER	Produits à base de graisse	Produits à base d'asphalte	Emulsion
Durée de la protection anti rouille sous brouillard satin à 5 %	4000 heures	250 h	400 h	400 h
Epaisseur recommandée	0,4 mm	0,4 mm	3,2 mm	3,2 mm
Test d'abrasion SAE	bon	mauvais	bon	mauvais
Insonorisation (baisse en decibels à 21°C)	5	0	6	4
Volume nécessaire par véhicule	3 litres	5 à 7 l	15 l	15 l
Température de coulage	162°	54°5	162°	162°

Gratuitement la Société SUROIL Route du Bassin n° 6 GENNEVILLIERS (Seine) vous adressera sa documentation technique DA sur ce procédé

**SUROIL**  
lubrification

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

PROFESSION \_\_\_\_\_



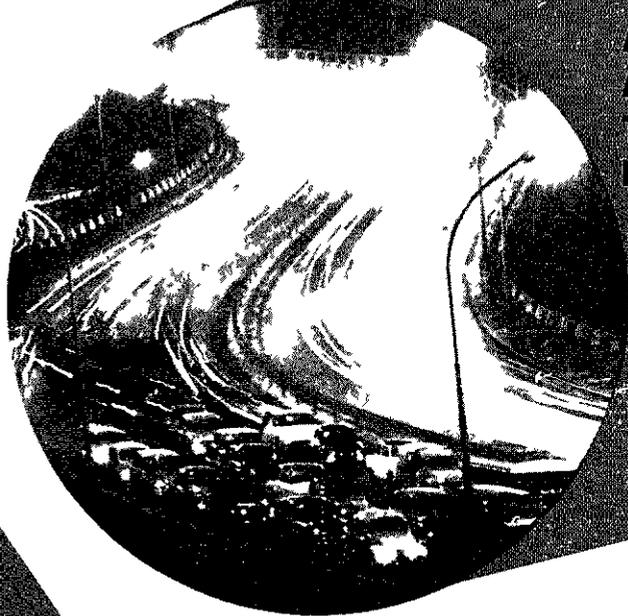
# **répertoire des annonceurs**

ACMAR .....	41	COURBOT .....	120
ALBARET .....	107	CREUSOMETAL .....	99
ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES .....	5	DAMBACH SIGNALISATION .....	103
ALUMINIUM FRANÇAIS .....	17	DAVEY-BICKFORD .....	115
ARMORICAINE D'ENTREPRISES GÉNÉRALES ..	27	DEGRÉMONT .....	113
A.T.U.L. ....	47	DEMAY Frères .....	28
AUXILIAIRE ENTREPRISES .....	8 et 9	DRAGON .....	13
		DUMEZ .....	18
BARBER-GREENE .....	100	DURAND .....	104
BARBIER, BENARD et TURENNE .....	108		
BAUDIN-CHATEAUNEUF .....	4	EIMCO .....	114
B.E.C.I.B. ....	114	EMMISA .....	122
BEUGNET .....	6	ENTREPRISE INDUSTRIELLE (L') .....	24
BORIE .....	29	ENTREPOSE .....	46
BOURDIN e: CHAUSSE .....	119	ESSO-STANDARD .....	15
BOUSSIRON .....	114	ETANCHEMENTS ET FONDATIONS SPÉCIALES	108
BREZILLON .....	101	ETUDES DE SONDAGES ET FONDATIONS (Sté d')	104
		ETUDES ET TRAVAUX DE FONDATIONS ....	107
CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE T.P. DE FRANCE ET DE L'UNION FRANÇAISE.	110	EVERITUBE .....	31
CAMOM .....	110		
CAMPENON BERNARD .....	29	FORAFLUID .....	102
CARRETTE et DUBURCQ .....	114	FORCLUM .....	103 et 115
CARRIÈRES DE QUARTZITE DE JEUMONT ....	105	FORGES DE LA PROVIDENCE .....	119
CEGEDUR .....	37	FRANKI .....	114
CENTRALES A BÉTON .....	24		
C.F.E. (Cie Fse d'entreprises) .....	19	GAGNERAUD .....	105
C.F.R.O. (Centre Français de recherche opéra- tionnelle .....	IV	G.E.C.T.I. ....	110
CHAMBRE SYNDICALE DE LA DISTRIBUTION DES BITUMES DE PÉTROLE .....	20	GÉNÉRALE D'ENTREPRISES (Sté) .....	119
CHAMBRE SYNDICALE DES FABRICANTS DE GABIONS METALLIQUES .....	103	GLACIER MÉTAL .....	34
CHAUVE .....	26	GRANDS TRAVAUX DE MARSEILLE (Sté des) ..	118
CHIMIQUE DE LA ROUTE (Sté) .....	25		
CITE .....	46	HUILLET .....	101
COCHERY .....	22		
COLAS .....	110	INGEROUTE .....	27
COTRAMAT .....	42	INTERNATIONAL HARVESTER .....	14
COUTHON .....	30		
		KUHLMANN .....	42
		LAFARGE .....	11

## répertoire des annonceurs

LANGUEDOCIENNE DE SOUFRE ET MICRON COULEURS (Sté) .....	16	SACER .....	44
LAPORTE .....	22	SAFAM .....	111
LASSAILLY et BICHEBOIS .....	120	SADE .....	115
LATIL BÂTIGNOLLES .....	102	SALEUR .....	120
LEFEBVRE (Jean) .....	118	SALVIAM .....	118
LIMOUSIN .....	40	S.A.U.R. (Sté Aménagement urbain et rural) ....	119
MACHINEXPORT/U.R.S.S. .... 28 et	32	SCHMID .....	26
MALETRA .....	12	SCHUBEL .....	121
Armand MARC Frères .....	26	S.E.S. (Sécurité et signalisation) .....	39
MENGIN .....	115	S.G.R.E.G. (Sté Gle routière et d'entreprises générales) .....	couv. III
MERLIN et GERIN .....	16	SIMCA INDUSTRIES (division Someca) .....	109
METALLURGIQUE HAUT MARNAISE (Sté) .....	111	SOCEA .....	106
MILLS (Echafaudages Tubulaires) .....	7	SOCIÉTÉ GENERALE ROUTIÈRE .....	112
MOINON .....	99	SOFRATOP .....	101
MOISANT-LAURENT-SAVEY .....	107	SOFRA T.P. ....	23
NEUHAUS .....	35	SOLVAY .....	121
NOBEL-BOZEL .....	23	STOKVIS .....	43
PERONNE (ateliers de) .....	108	SOPREC .....	118
PETRISSANS .....	111	SOPREX .....	106
PLANUS .....	111	S.P.A.C. ....	104
POLIET et CHAUSSON .....	38	SPIROS .....	26
PONT à MOUSSON .....	3	STECTA .....	116
PRISMO-FRANCE .....	couv. II et 97	STEREOTOPOGRAPHIE (Sté Fse de) .....	116
P.T.C. (Procédés techniques de constructions) ..	2	SUREAU .....	18
RAZEL .....	111	SUROIL .....	98
REGIE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER ....	27	SYNDICAT PROFESSIONNEL DES ENTREPRENEURS DE CHAUSSÉES EN BÉTON	10
REMY DELILE .....	121	TERRADE .....	107
RICHARD CONTINENTAL .....	44	TERRASSEMENTS ET GÉNIE CIVIL .....	115
RICHER .....	27	TRIGA .....	120
RINCHEVAL .....	36	TRINDEL .....	30
ROUDET .....	30	TUBE SPIRAL (le) .....	104
ROUTES MODERNES (Sté des) .....	121	VIAGRAPHÉ (Sté du) .....	32 et 45
ROUTIÈRE DU MIDI .....	103	VIALIT (Sté Fse du) .....	108
ROUX LÉGER .....	105	WILD-PARIS .....	33
RUVENHORST et HUMBERT .....	105		

PUBLICITÉ : 254, rue de Vaugirard, Paris-15<sup>e</sup> LEC. 27.19



**AUTOROUTES  
AERODROMES  
TRAVAUX A LA MER  
LIANTS ROUTIERS**



**BOLS D'USINES  
COURS D'ECOLLES  
VOIES INDUSTRIELLES  
PARKINGS  
PRODUITS SPECIAUX**



**GENIE CIVIL  
BATIMENT  
ASSAINISSEMENT  
VOIRIE DES  
GRANDS ENSEMBLES  
VOIRIES URBAINES**

**SOCIETE CHIMIQUE ROUTIERE  
ET D'ENTREPRISE GENERALE**

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 27500000 FRANCES  
SIÈGE SOCIAL | 19 RUE BROCA, PARIS 5<sup>E</sup> | TEL 3707 30160 | 39 09

# LE **CFRO** ET LA MÉTHODE **PERT**

Le C.F.R.O., Centre Français de Recherche Opérationnelle met à la disposition des Entreprises et des Administrations un outil moderne de Gestion des projets.

Le PERT, langage de la direction et langage des ordinateurs, permet de résoudre les problèmes posés par :

- le planning des études et de la réalisation
- la programmation (par la méthode du réseau)
- la tenue à jour du planning
- la coordination aux différents niveaux de responsabilité

Le Service PERT du C.F.R.O. vous propose plus de vingt ingénieurs spécialisés, pouvant assurer :

- la gestion complète ou partielle des projets
- la mise en place de l'organisation nécessaire
- le dessin des réseaux PERT
- le choix d'un programme adapté au problème
- le traitement sur ordinateur
- l'analyse des résultats et la tenue à jour du planning

Le Service PERT assure également la formation des utilisateurs : il organise chaque mois un cycle de séminaires :

**PERT - PERT/COST - PERT/CHARGES - Journée d'échanges d'expérience.**

**C.F.R.O. Service PERT - 69, rue Legendre - PARIS 17<sup>e</sup> - Tél. 627-47-09**