

**“ Les nuisances ”**





# Degrémont et S.G.E.A. ont réuni leur expérience technique pour le traitement des eaux usées

Degrémont et S G E A vont poursuivre leur effort sous tous les aspects de cet important domaine, effort qui, séparément, avait déjà donné de brillants résultats dans des techniques originales, telles que :

- les bassins combinés • la digestion des boues
  - la centrifugation des boues • les traitements thermiques des boues, etc.
- et des réalisations, telles que :

ACHERES, ANNECY, BORDEAUX, DUNKERQUE, FONTAINEBLEAU,  
GENEVE, LILLE, NANCY, REIMS, TRÓYES, etc

Maintenant, unis, ils sont plus que jamais les spécialistes de l'eau usée.

**Degrémont** 

SOCIETE GENERALE D'EPURATION ET D'ASSAINISSEMENT  
183, route de Saint Cloud 92-Rueil-Malmaison, B P 46, 92-Suresnes

# S O M M A I R E

<i>In Memoriam</i> .....		17
I. — POLLUTION DE L'AIR.		
<i>L'industrie et la pollution atmosphérique</i> .....	A. Rebière.	18
<i>Contrôle de la pollution atmosphérique dans le nord de la France, par - l'arrondissement minéralogique de Douai</i> .....	P. Woltner. J.-P. Vallauri	23
<i>Pollution et combustibles</i> .....	M. Cocude.	31
<i>La pollution atmosphérique et les véhicules automobiles</i> .....	M. Osselet.	39
II. — POLLUTION DE L'EAU. (aspect déjà abordé dans le numéro sur l'eau).		
<i>Les données spécifiques de l'assainissement du littoral</i> .....	P. Koch. R. Chamboredon.	45
III. — LE BRUIT.		
<i>Les plans d'urbanisme et la protection contre les bruits extérieurs en milieu urbain</i> .....	M. Watel.	50
<i>La réduction à la source du bruit des moteurs d'avions</i> .....	B. Latreille.	66
<i>Bibliographie</i> .....		71
<i>Mutations, Promotions et Décisions diverses</i> .....		72
<i>Offres de poste — Les Annales des Mines — Planning rédactionnel des Bulletins du P.C.M.</i> .....		76

Photo de couverture : Exemple d'une implantation à bannir.

Photo J. BRUCHET I.A.U.R.P.

LXVI<sup>e</sup> année - n° 6 - mensuel

**RÉDACTION : 28, rue des Sts-Pères, Paris-7° LIT. 25.33**  
**PUBLICITÉ : 254, rue de Vaugirard, Paris-15° LEC. 27.19**

# n'attendez pas

TRT 3624



# qu'ils voient rouge...



Le système TRT de régulation de la circulation est seul capable de leur offrir des feux verts, de la bonne humeur et de la détente.

Il règle, en effet, instantanément et automatiquement les feux de signalisation en fonction du trafic réel et, dans tous les cas, il favorise les voies ou les itinéraires les plus chargés.

Totalement électronique et évolutif, ce système s'adapte aussi efficacement à un carrefour isolé qu'à un groupe de carrefours ou à l'ensemble d'une ville.

# le feu vert c'est

Monsieur M. ETIENNE

**INGÉNIEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES**

C'est avec émotion et surprise que nous avons appris la disparition, le 20 février 1969, de M. Marcel **Etienne**, Ingénieur général des Ponts et Chaussées en retraite.

Né le 13 août 1896 à Hautmont (Nord), la presque totalité de sa carrière s'est déroulée dans le département du Nord.

Reçu à l'Ecole Polytechnique en 1916, il est mobilisé et part rapidement pour le front, le 24 mai 1917 il est cité à l'ordre de la 12<sup>e</sup> D.I.

Démobilisé il suit les cours de l'Ecole Polytechnique, puis de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Le 1<sup>er</sup> mars 1922, promu Ingénieur Ordinaire, il est affecté à Cambrai. Il est chargé tout particulièrement de la réfection du réseau routier et du réseau des V.F.I.L., de la reconstruction des ouvrages d'art et du contrôle de l'emploi des dommages de guerre. Il y fait preuve d'éminentes qualités et dès ses premières années de service est considéré comme un Ingénieur de premier ordre, pondéré et d'un excellent jugement.

En février 1930, il est, sur sa demande, affecté au service maritime du Nord et chargé de la direction des grands travaux qu'on y lançait : nouvel avant-port canal unique d'exutoire des Watéringues, écluse Watier, à l'époque l'une des plus grandes d'Europe.

Il y fait preuve des plus grandes qualités techniques et d'organisation et fut vite jugé susceptible d'être un Chef de service absolument complet.

Le 1<sup>er</sup> novembre 1938, il est chargé des fonctions d'Ingénieur en Chef du Service maritime du Nord et nommé Directeur du Port de Dunkerque. Le 13 février 1939, il est promu Ingénieur en Chef.

Sa conduite exemplaire pendant le siège de Dunkerque lui a valu une citation à l'Ordre de l'Armée de Mer et la promotion au grade d'Officier de la Légion d'Honneur à titre militaire.

Il dirige en août 1940 une mission de reconnaissance et de remise en état des voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais. Le 1<sup>er</sup> juillet 1941, il était nommé Ingénieur en Chef du Service Ordinaire du Nord, poste qu'il occupera jusqu'à sa nomination au grade d'Ingénieur général fin 1957. Une fois de plus il est confronté avec les difficiles problèmes de remise en état du réseau routier et de reconstruction des ouvrages d'art ; une fois de plus, comme dans toutes ses interventions, et en particulier lors de la construction de l'autoroute du Sud de Lille, il y fait preuve d'éminentes qualités d'organisation.

Après avoir assuré pendant trois ans l'Inspection générale de la 10<sup>e</sup> Circonscription des Services routiers, il est chargé, de 1961 à sa mise à la retraite en 1968, de la 24<sup>e</sup> Circonscription d'Inspection générale du Service maritime et, à compter de 1966, des fonctions de Commissaire du Gouvernement auprès du Port autonome de Dunkerque. Calme, pondéré, aussi modeste que compétent, d'une grande distinction naturelle et d'une grande courtoisie, il s'imposait à tous. Il laisse à tous ceux qui l'ont approché le souvenir d'un grand Ingénieur et d'un grand honnête homme.

---

(1) Notice rédigée par M. LE GORGEU, Ingénieur général des Ponts et Chaussées.

# L'INDUSTRIE et la POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

par M. A. REBIÈRE, Ingénieur en Chef des Mines

Les activités économiques de notre époque sont l'origine d'innombrables nuisances qui atteignent l'homme dans sa vie, sa santé, son confort ou ses biens et qui tendent à modifier parfois de manière irréversible et imprévisible le milieu dans lequel il vit. Ces nuisances se groupent en un nombre restreint de catégories qui sont essentiellement :

- la pollution des eaux,
- la pollution atmosphérique,
- les bruits et vibrations,
- les incendies et explosions.

On peut y ajouter toutes sortes d'accidents dûs à l'emploi des moyens de transport, aux mouvements de terrain résultant de l'exploitation des mines ou de travaux publics et l'on fait même entrer dans les nuisances certains phénomènes psychologiques et sociologiques néfastes qui résultent de la vie urbaine moderne.

La pollution atmosphérique n'est donc qu'un des aspects de ces nuisances, mais la population des villes ou des campagnes y est particulièrement sensible.

\*\*

## LES SOURCES DE LA POLLUTION

Si, dans les villes, une bonne partie de la pollution est due au chauffage domestique et à la circulation automobile, il est impossible d'ignorer le rôle joué par l'industrie, qu'il s'agisse d'entreprises de dimensions modestes mais extrêmement mêlées aux habitations ou, au contraire, de grands établissements plus isolés mais dont les émissions peuvent couvrir des surfaces très importantes.

Cette pollution industrielle est, tout d'abord, celle des installations de combustion, y compris celles des centrales thermiques, qui ont des foyers généralement bien réglés mais qui utilisent des charbons générateurs de poussières ou des fuels lourds dont la teneur en soufre peut atteindre 3 %. Cependant, il existe beaucoup d'autres sources industrielles qui posent des problèmes extrêmement variés et bien difficiles à résoudre. Pour ne citer que quelques exemples bien connus, on peut mentionner la sidérurgie, les cimenteries, l'industrie chimique, l'industrie du pétrole.

Dans la sidérurgie, les fumées rousses constituées essentiellement de fines particules d'oxyde de fer ne sont peut-être pas très dangereuses, mais elles sont spectaculaires et les méthodes de prévention doivent être encore perfectionnées. Le développement de l'aciérie à

l'oxygène a accru le dégagement de fumées rousses. La sidérurgie peut être également une cause de pollution par ses cokeries, par la manutention des minerais des scories, etc... Les efforts de l'Association Technique de la Sidérurgie et une aide financière fort importante accordée par la C.E.C.A. pour l'étude de ces problèmes ont contribué aux progrès actuels.

Les cimenteries anciennes, notamment certains fours tournants anciens dont les dépoussiéreurs étaient insuffisants, sinon inexistantes, provoquaient des rejets de particules solides qui représentaient près de 10 % en poids du ciment produit. Ces installations provoquaient dans leur environnement des dépôts permanents qui donnaient à la campagne et aux villages voisins un aspect fort peu engageant. Ces pollutions caractérisées sont l'origine d'une fâcheuse réputation faite aux cimenteries, réputation qui subsiste malgré les énormes progrès accomplis dans les techniques de prévention.

Les pollutions spécifiques de l'industrie chimique ou de la métallurgie des métaux non ferreux sont très variées et il n'est pas possible de les passer en revue ici, même de manière sommaire. Signalons cependant les émissions de  $SO_2$  ou  $SO_3$  des usines d'acide sulfurique, celles des usines de traitement des minerais sulfurés. Il est bien évidemment de l'intérêt des industriels de limiter cette pollution, surtout lorsqu'elle correspond à une perte de rendement des installations comme dans la désulfuration du gaz naturel par le procédé Claus, mais les moyens actuels de prévention ont des limites. Lorsque la teneur des effluents est élevée comme dans la métallurgie des métaux non ferreux à partir de minerais sulfurés, la récupération de l'anhydride sulfureux sous forme d'acide sulfurique compense le coût de l'opération. Les fonderies d'aluminium utilisant de la cryolithe sont responsables de dégagement de composés fluorés et notamment d'acide fluorhydrique qui, à défaut d'une captation efficace, peuvent provoquer des dommages à la végétation. Les conifères de certaines vallées alpestres en ont souffert. Certaines usines d'engrais phosphatés sont également la source de pollution fluorée.

Les émissions des industries ne comprennent pas seulement des polluants toxiques en quantités plus ou moins importantes. Même pour des teneurs qui ne présentent aucun danger, le public est évidemment très sensible aux dégagements malodorants de certains produits. On cite souvent l'hydrogène sulfuré et les mercaptans que l'on rencontre en faibles quantités autour de certains établissements de l'industrie gazière, pétrolière ou chimique. La lutte contre les odeurs est un problème difficile qui se pose également pour beaucoup d'industries traitant des produits animaux ou végétaux (équarrissages, fabrication d'aliments pour les animaux, notamment lorsqu'ils sont à base de poisson, formation d'acroléine par décomposition de l'huile de lin, etc...) et même pour de petites entreprises souvent implantées au cœur des villes comme des blanchisseries ou des teintureries.

\*\*

## LES EFFETS DE LA POLLUTION

Il n'est pas question ici des pollutions accidentelles qui peuvent résulter d'un incident sur un réservoir, une canalisation ou une citerne de transport contenant l'un des très nombreux produits chimiques que l'industrie moderne utilise en grandes quantités : ammoniac liquéfié, chlore, insecticides phosphorés, etc... Les risques ne sont pas négligeables, mais leur prévention a peu de chose à voir avec celle de la pollution atmosphérique.

Pour cette dernière, le programme de lutte devrait commencer par la recherche des effets des polluants en vue de fixer des seuils de nocivité pour les hommes, les animaux, les plantes ou les constructions. Il serait en effet irréaliste et inefficace d'interdire toute pollution sans préciser de seuils admissibles. Ensuite, compte tenu de ces seuils et remontant des teneurs dans l'environnement aux teneurs à l'émission, on pourrait fixer des limites aux dégagements industriels et mettre enfin en œuvre des procédés de prévention permettant de respecter ces limites. En fait, cette démarche logique se heurte dès le début à de très grosses difficultés.

En effet, la définition des seuils est imprécise pour diverses raisons :

1° Il existe dans plusieurs pays, notamment aux Etats-Unis, en Allemagne et en U.R.S.S., des tableaux fixant des seuils de toxicité pour un grand nombre de produits. Le plus connu est celui de la Conférence des Hygiénistes industriels gouvernementaux des Etats-Unis. Mais les valeurs de ces tableaux s'appliquent à des travailleurs respirant 8 heures par jour un air pollué. Il est évident que les teneurs admissibles pour ces travailleurs ne le sont plus pour la population dans son ensemble et notamment pour ses éléments les plus sensibles, c'est-à-dire les jeunes enfants, les malades et les vieillards.

2° Les méthodes de détermination sont variées. Elles font appel à des études expérimentales effectuées sur l'animal, rarement sur l'homme ou à des enquêtes épidémiologiques, notamment en matière de bronchite et de cancer. Dans ces derniers, il est difficile de distinguer ce qui revient à la pollution atmosphérique parmi d'autres causes. Quant aux études sur les animaux, elles donnent des indications qu'à défaut d'autres éléments on peut extrapoler à l'homme. Mais si les teneurs auxquels peuvent être exposés les travailleurs sont encore relativement élevées et permettent d'apprécier les résultats des expériences, cela est beaucoup plus difficile lorsqu'il s'agit des seuils très faibles que l'on pense devoir fixer pour la population dans son ensemble. Les hygiénistes, par prudence, souhaitent donc des seuils extrêmement bas bien qu'ils n'aient pas toujours les arguments permettant de motiver leur point de vue.

3° Encore faut-il savoir ce que l'on entend par effet nocif. Certains estiment que toute modification perceptible de l'équilibre physiologique doit être évitée. En fait, une modification peut être une adaptation et non une réduction des capacités de l'individu ou de sa résistance aux autres agents agressifs. Par exemple une teneur en oxyde de carbone même très faible dans l'atmosphère respirée augmente la proportion de carboxyhémoglobine dans le sang. Ainsi, pour une teneur en oxyde de carbone de 10 millièmes en volume, la proportion de carboxyhémoglobine dépasse déjà 1 %. Elle ne présente en fait aucun danger. Elle est encore très inférieure à celle que l'on observe dans le sang des fumeurs.

4° Enfin, les teneurs des polluants dans l'air respiré sont rarement uniformes. Elles varient constamment dans le temps en fonction des émissions et des conditions météorologiques. La nocivité d'un polluant, en cas d'émission discontinue, dépend donc non seulement des teneurs, mais aussi des durées d'exposition. A cet égard, on connaît très bien les effets de l'oxyde de carbone en fonction de la durée d'exposition mais il n'en est pas de même pour les autres polluants.

Cependant, des études très nombreuses ont été effectuées dans divers pays. Parmi les organismes qui, en France, se préoccupent de ces questions, on peut citer :

- L'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (I.N.S.E.R.M.) qui dispose au Vésinet d'un Centre de Recherches sur la pollution atmosphérique ;
- L'Institut National de Recherches Agronomiques (I.N.R.A.) qui étudie les effets directs des pollutions sur les animaux et les végétaux ;
- Le Laboratoire de Toxicologie de la Faculté de Pharmacie de Paris qui poursuit des recherches sur l'animal en vue de prévoir les effets sur la santé de l'homme.

Toutes ces études sont l'objet d'une part notable des travaux subventionnés par la Délégation générale à la Recherche Scientifique et Technique dans le cadre de l'action concertée « Pollution atmosphérique ».

Cependant, même en l'absence d'effets physiologiques démontrés, la pollution atmosphérique présente des inconvénients graves auxquels le public est particulièrement sensible et contre lesquels il faut donc lutter sans attendre les résultats des recherches biologiques en cours. Serait-il admissible en effet de négliger les plaintes des victimes d'émanations nauséabondes ou celles des maîtresses de maisons qui voient leur linge souillé par les suies, sous prétexte que leur santé n'est pas en danger ? Ce sont d'ailleurs ces effets directement perceptibles des pollutions qui inquiètent le plus la population et provoquent des réactions collectives que l'Administration ne saurait ignorer.

\*

## LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE D'ORIGINE INDUSTRIELLE

La prévention de la pollution peut s'exercer efficacement au niveau des procédés de fabrication ou des matières premières utilisées. Ainsi des procédés par voie humide peuvent éviter le dégagement de poussières : le criblage en présence d'eau des sables et graviers ou autres produits de carrières est préférable au criblage à sec. Mais, bien entendu, la pollution de l'air évitée ne doit pas se transformer en pollution de l'eau. L'emploi de combustibles à basse teneur en soufre, naturels ou désulfurés, est un exemple d'action sur les matières premières.

Un autre mode d'action consiste à choisir l'implantation des usines et la hauteur de leurs cheminées en vue non pas de supprimer la pollution mais seulement d'assurer sa diffusion de telle sorte qu'elle ne soit pas gênante. Ceci concerne de près les urbanistes qui ne peuvent plus ignorer ces phénomènes dans l'étude de l'implantation relative des zones industrielles et des zones résidentielles. La météorologie locale est un élément fondamental à considérer dans cette recherche.

Cependant la prévention de la pollution reposera encore longtemps sur l'arrêt des éléments polluants par procédés physiques ou chimiques.

Le dépoussiérage qui fait appel à de nombreuses méthodes physiques est une opération beaucoup moins simple qu'il n'apparaît. L'efficacité ne peut être obtenue qu'au prix de dépenses qui dépassent souvent 10 % du coût des installations émettrices (fours à ferro-alliages, cimenteries, centrales thermiques). Encore faut-il se méfier des rendements annoncés par les constructeurs qui ne sont effectivement réalisés que dans des conditions d'essais qui peuvent être différentes des conditions rencontrées dans la réalité. Ainsi, dans une cimenterie, une poussière siliceuse trop sèche n'était pas arrêtée convenablement par un dépoussiéreur électrostatique et une mise au point assez longue a été nécessaire pour obtenir les résultats escomptés.

Les procédés purement mécaniques ne sont efficaces que pour des poussières relativement grosses. Le rendement d'un cyclone de bonne qualité ne dépasse pas 27 % pour des poussières de 1 micron, mais il atteint 73 % pour des poussières de 5 microns. A fortiori une simple chambre de sédimentation est généralement insuffisante.

Les filtres en tissu ou filtres à manche ont une bonne efficacité, même pour les fines particules. Le rendement peut atteindre 99 %. Il en est de même des dépoussiéreurs électrostatiques qui sont généralement choisis pour les plus gros débits. Mais, dans ces deux cas, le prix augmente très vite avec le rendement. Le prix d'un dépoussiéreur électrique utilisé sur une chaudière à charbon pulvérisé double lorsque le rendement passe de 91 à 99 %. Pour des raisons économiques, il n'est pas possible d'améliorer indéfiniment le dépoussiérage.

L'arrêt des polluants gazeux fait appel soit à des procédés chimiques, soit à la dissolution ou à l'absorption par le charbon actif. Ainsi le problème fort préoccupant de l'anhydride sulfureux est traité de plusieurs manières. Naturellement, la solution est d'autant plus difficile et coûteuse que les teneurs à éliminer sont faibles. Si la teneur est assez élevée, la production d'acide sulfurique peut être rentable. Néanmoins, des études effectuées sur les centrales thermiques, notamment par Electricité de France, montrent la possibilité de traitement des effluents pour des teneurs en  $\text{SO}_2$  inférieures à 1 %. Il en est de même du procédé SNPA/TOPSOE mis au point dans l'usine de désulfuration de Lacq. L'injection de magnésie dans l'effluent, couramment pratiquée, a pour effet de neutraliser  $\text{SO}_3$  et d'éviter des corrosions, mais elle n'a qu'une action limitée sur la pollution par l'anhydride sulfureux.

Enfin, les polluants peuvent être traités par combustion, mais comme en général la teneur est inférieure à la limite d'inflammabilité, il faut prévoir soit un apport extérieur d'énergie pour réchauffer l'effluent jusqu'à sa température d'auto-combustion, soit l'emploi

de catalyseurs. Ces procédés sont particulièrement efficaces dans la lutte contre les odeurs à condition que l'on ait convenablement canalisé les effluents pour éviter leur diffusion prématurée dans l'atmosphère.

\*\*

## L'ACTION ADMINISTRATIVE CONTRE LA POLLUTION

L'Administration dispose depuis fort longtemps des moyens de lutter contre la pollution atmosphérique d'origine industrielle par l'application de la loi du 19 décembre 1917 relative aux établissements dangereux, insalubres ou incommodes qui elle-même faisait suite à une loi beaucoup plus ancienne datant de 1810. La loi du 2 août 1961 a renforcé ces moyens et surtout a étendu les possibilités de l'action administrative aux pollutions de toutes origines, qu'il s'agisse ou non d'établissements soumis à la loi de 1917.

En ce qui concerne les industries, la loi de 1917 prévoit leur répartition en trois classes, l'appartenance à la première ou à la deuxième classe subordonnant l'ouverture d'un établissement à une autorisation préfectorale. C'est au niveau de cette autorisation qu'une action préventive de l'administration est la plus efficace car il est souvent bien difficile d'agir sur des installations existantes pour des raisons techniques, économiques ou sociales.

Le Ministre de l'Industrie est responsable de l'application de la loi de 1917 et c'est sous son autorité qu'agissent les préfets. Le contrôle technique est confié à des inspecteurs des établissements classés, généralement des fonctionnaires de divers services qui exercent ces fonctions à temps partiel pour le compte du département. Mais du fait de l'évolution des techniques et de l'importance qu'ont pris les problèmes de nuisances, ce système n'est plus suffisant. Aussi a-t-il été décidé de confier cette inspection au Service des Mines qui apportera à cette tâche sa compétence en matière industrielle et qui est déjà bien au courant des problèmes de pollution de l'eau et de pollution de l'air.

Une autre insuffisance de la situation actuelle est l'absence presque complète de réglementation pour les établissements de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classes. On a toujours considéré en effet que chacun de ces établissements présentait des caractères spécifiques et que la réglementation devait être individualisée. Mais on aboutissait à des divergences sensibles entre les prescriptions imposées dans les différents départements à des installations analogues. On rencontrait ainsi pour une même industrie toutes les situations possibles depuis une autorisation pratiquement sans réserve technique jusqu'au refus pur et simple de l'autorisation. Ce sera donc une des tâches du Ministère de l'Industrie, et notamment du service de prévention des nuisances industrielles, de préparer des réglementations ou, du moins, de donner aux services locaux des instructions en vue d'une application harmonieuse de la législation. Il est d'ailleurs de l'intérêt même des industriels de connaître à l'avance d'une manière aussi précise que possible les règles qui leur seront imposées, ce qui réduira également les délais d'examen de leurs demandes.

Enfin, cette action administrative doit s'appuyer sur une politique d'études et de recherches cohérente et c'est pourquoi le Ministère de l'Industrie collabore à l'étude des projets de la D.G.R.S.T. et s'appuie sur divers organismes publics ou privés, notamment le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (C.I.T.E.P.A.), l'Institut de Recherche Chimique Appliquée (I.R.C.H.A.), le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (C.E.R.CHAR), etc...

# CONTROLE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DANS LA REGION DU NORD DE LA FRANCE par l'Arrondissement Minéralogique de DOUAI

par **M. P. WOLTNER**, Ingénieur des Mines et **M. J.-P. VALLAURI**, Ingénieur T. P. E.

Forte densité du peuplement et importante concentration industrielle sont deux caractères propres à la région du Nord.

Les départements du Nord et du Pas-de-Calais, qui composent la région française la plus septentrionale, occupent quelques 12 500 km<sup>2</sup>. Ils représentent 2 % environ de la superficie du territoire national et 8 % de la population y vivent, ce qui lui confère la densité de population la plus forte après celle de la région parisienne.

Cette région est encore la principale zone française de concentration des activités charbonnières, textiles et métallurgiques. Les industries chimiques, du papier, du verre, des

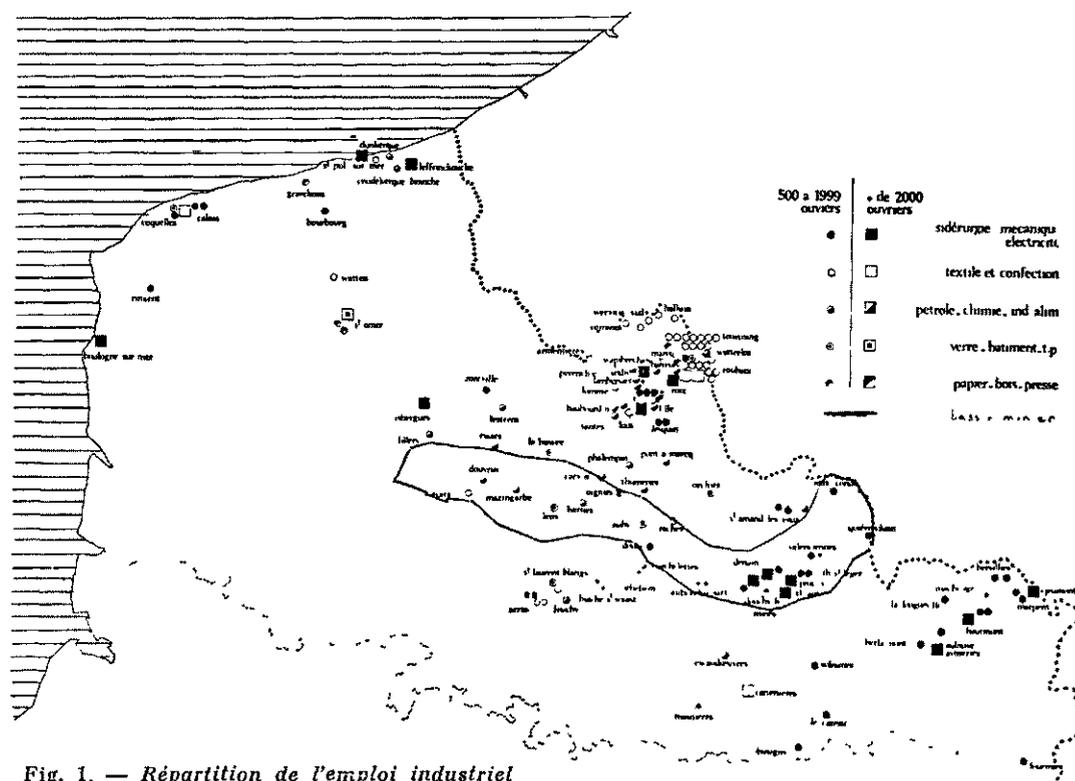


Fig. 1. — Répartition de l'emploi industriel

matériaux de construction, des métaux, du pétrole, des produits alimentaires, etc... sont également fortement développés et certaines ont la taille européenne.

Pour citer quelques chiffres, comparés à la production nationale, la région du Nord a produit en 1967 environ 28 % de l'acier brut, 20 % de l'énergie électrique d'origine thermique, 15 % du ciment, 50 % de la houille et de l'antracite, plus du tiers de la production de coton, plus de la moitié de celle de la laine et 90 % de la production de lin...

Cette forte densité du peuplement et cette importante concentration industrielle font que les problèmes de nuisances en général et de pollution atmosphérique en particulier sont importants dans la région du Nord.

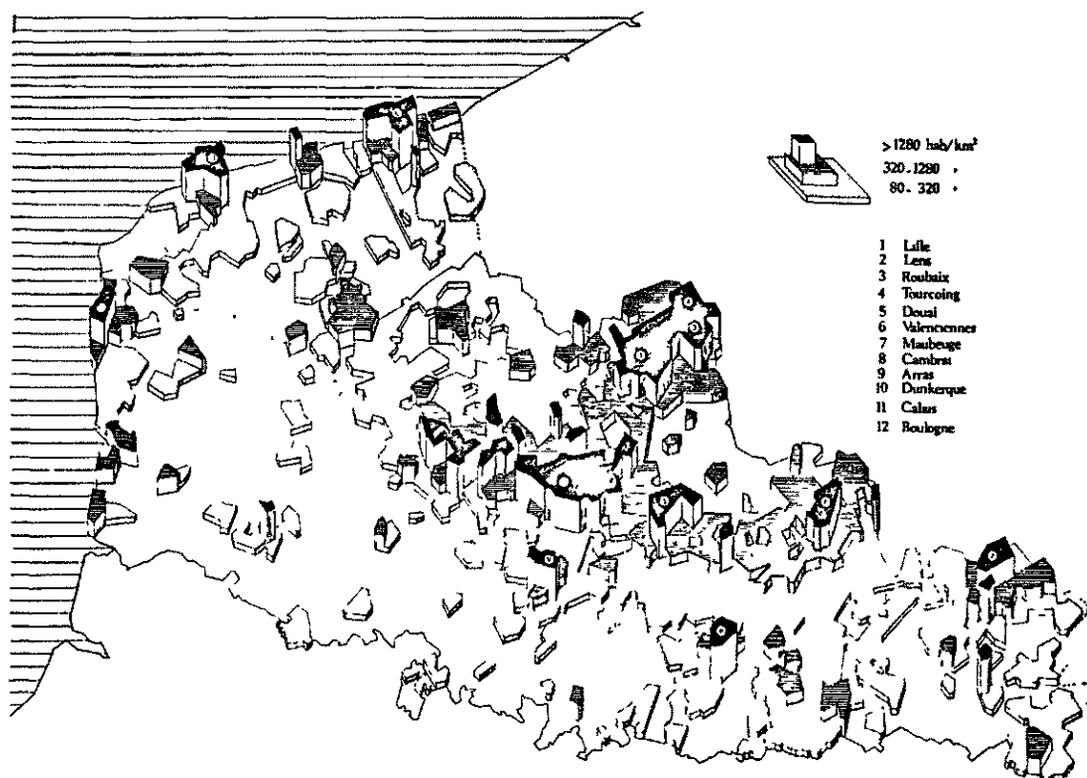


Fig. 2. — Représentation tridimensionnelle des densités dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais

Les agglomérations surindustrialisées, localisées principalement dans la région de la Métropole Lille-Roubaix-Tourcoing, dans le bassin minier, dans le bassin de la Sambre et dans certaines zones littorales, sont les foyers les plus importants de la pollution de l'air.

En toile de fond, les zones rurales, assez peu industrialisées, se différencient assez nettement des précédentes car les dégradations occasionnées par l'Homme au milieu naturel sont réparées très généralement par les phénomènes naturels d'épuration tels que pluie, vent, végétation...

Après ce bref panoramique sur la région du Nord, nous allons examiner plus en détail dans l'exposé qui suit, les sources de pollution des agglomérations industrielles du Nord et les moyens de contrôle et de préventions mis en place. Nous terminerons l'exposé sur les résultats obtenus et sur quelques propositions d'action pour l'avenir.

## I. — LES SOURCES DE POLLUTION

La pollution de l'air dans les grandes agglomérations urbaines et industrielles de la région du Nord est produite par des sources d'émissions très importantes et diverses :

- La source principale de pollution provient de la combustion des combustibles solides, liquides et même gazeux dans les installations des chauffages domestiques ou industriels. La combustion, toujours plus ou moins incomplète, engendre des imbrûlés solides, des suies qui peuvent servir de support à certains hydrocarbures lourds, des imbrûlés liquides tels que les aldéhydes, et des gaz ainsi l'oxyde de carbone, l'oxyde d'azote, les oxydes de soufre...

Pour préciser l'importance de cette source de pollution, il faut souligner que :

- les chauffages domestiques et industriels brûlent près de 3 millions de m<sup>3</sup> de fuel par an (fuel domestique, fuel léger, fuel lourd) et plus de 2 M/tonnes de charbon toutes catégories, ce qui représente par rapport à la consommation française :
  - 6 % pour le fuel domestique,
  - 10 % pour le fuel léger,
  - 15 % pour le fuel lourd,
  - 17 % pour le charbon ;
- les centrales thermiques, qui sont à proximité des grandes agglomérations, qu'elles soient d'E.D.F., des Houillères ou de la Sidérurgie, consomment quant à elles 25 % du combustible solide brûlé en France et 18 % du gaz de hauts fourneaux.
- Les opérations purement industrielles sont une autre grande source de pollution de l'atmosphère. La diversité des industries de la région, la diversité même des produits fabriqués et rejetés par les principales usines chimiques, ne permettent pas de connaître parfaitement cette source de pollution. Les corps les plus courants sont les poussières de ciments, de fer, de plomb, de zinc, de fluor, d'arsenic, de chrome... Bien entendu la plupart de ces corps peuvent se trouver à l'état de traces gazeuses. Les rejets sont le plus souvent à l'état de traces dans des courants gazeux composés pratiquement d'air chaud et de vapeur d'eau.
- Les échappements des moteurs de véhicules automobiles contribuent également à la pollution gazeuse. Dans la région du Nord cependant, cette source de pollution, bien que non négligeable dans certaines rues embouteillées, ne revêt pas l'importance des deux premières.

## II. — LA SURVEILLANCE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Malgré la diversité des polluants de l'atmosphère, on peut les classer en deux catégories : les poussières et les gaz.

- Les mesures de retombées de poussières sont assez aisées à réaliser et ne demandent qu'un appareillage sommaire. Un réseau de surveillance de ce type, par jauges OWEN, est établi dans la région du Nord depuis une dizaine d'années.
- De tous les polluants gazeux, le SO<sub>2</sub> est celui qui est le plus généralement mesuré en France et dans le monde, le SO<sub>2</sub> étant considéré comme le polluant type. Des appareils de mesure de SO<sub>2</sub> sont au point depuis plusieurs années sur le marché et la région du Nord en possède quelques-uns. Pour les autres polluants gazeux, aucune détermination pondérale n'est effectuée.
- Parallèlement à ce contrôle du niveau de pollution par les poussières et par le SO<sub>2</sub>, des actions menées dans le cadre réglementaire sont assurées par le Service des Mines.

## A) Le réseau actuel de mesure de l'empoussiérage.

### A-1. Description sommaire d'une jauge.

Les précipitations liquides et solides sont recueillies sur une surface déterminée et sont conservées dans un récipient de capacité suffisante (30 litres environ) muni d'un entonnoir. Ce récipient est placé dans une cage grillagée ou un bâti en fer. Une grille à maille fine est placée sur l'entonnoir pour arrêter les déchets de bois, d'insectes...

### A-2. Mise en place - Acheminement.

Appareils autonomes : Les jauges de dépôt sont laissées en place pendant 1 ou 3 mois suivant les sites. Elles sont implantées très généralement :

- sous les vents dominants de sources dont la pollution paraît importante,
- entre 4 et 10 mètres de hauteur, dans un endroit non abrité,
- dans des quartiers à forte densité d'habitation.

L'acheminement des jauges est effectué par la S.N.C.F. jusqu'à DOUAI où ont lieu les diverses analyses réalisées au laboratoire de l'Ecole Nationale Technique des Mines de cette ville.

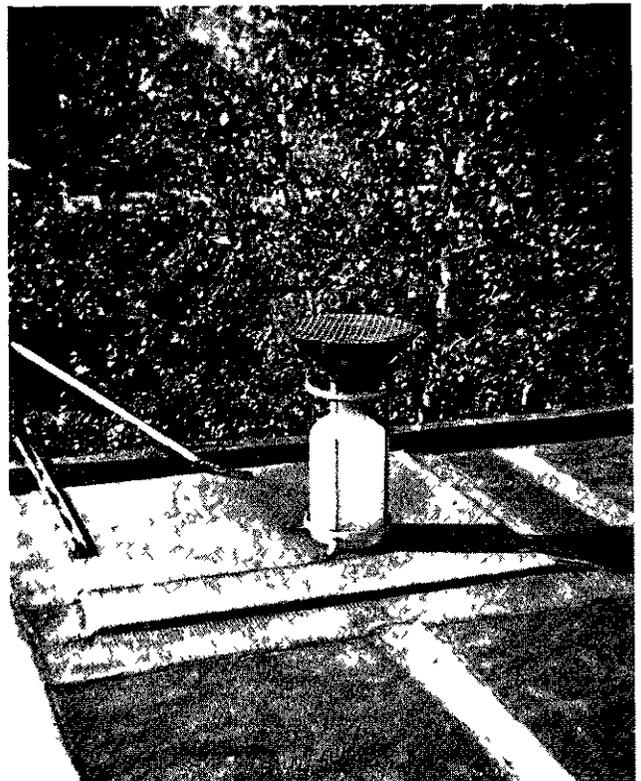
### A-3. Analyses.

Le mode opératoire des analyses fait l'objet d'une norme française. Les jauges en place depuis quelques années font l'objet d'une analyse réduite « de routine ». Les jauges nouvellement installées font l'objet d'analyses détaillées des poussières solubles et insolubles.

### A-4. Implantation des jauges de dépôt.

84 jauges sont implantées actuellement dans la région du Nord.

Il en existe 55 dans le Nord. Le nombre total de jauges sera porté progressivement jusqu'à 100.



*Vue d'une jauge de sédimentation*

Elles permettent de suivre l'évolution du niveau d'empoussiérement de 3 grandes zones à forte densité de peuplement et d'industrialisation :

- le Bassin Minier prolongé jusqu'au bassin de la Sambre (46 jauges),
- la région de la Métropole (Lille-Roubaix-Tourcoing) au Nord-Est d'une ligne Seclin-Armentières (31 jauges),
- les trois plus grandes villes littorales : BOULOGNE-SUR-MER, CALAIS, DUNKERQUE (7 jauges).

## **B) Les appareils de mesure en continu (type S.F.).**

### *B-1. Principe de fonctionnement.*

L'appareil S.F. permet la mesure du soufre et des fumées qui se trouvent contenus dans son environnement immédiat.

Une pompe électrique assure un prélèvement continu de l'air ambiant qui passe sur un filtre en papier puis dans une solution d'eau oxygénée titrée. Le volume d'air prélevé est totalisé par un compteur :

- le filtre recueille les poussières de granulométrie très faible qui sont analysées par réflectomètre,
- la solution obtenue par barbotage de l'air est analysée par un pH-mètre. On connaît ainsi son acidité et, après correction, la quantité de SO<sub>2</sub> contenue dans l'atmosphère.

### *B-2. Implantation des appareils S.F.*

La région du Nord ne possède pas encore un réseau structuré d'appareils S.F. Il existe quelques sites seulement qui font l'objet d'une surveillance journalière. Il s'agit essentiellement de zones situées à proximité des centrales E.D.F. Les appareils et les résultats sont exploités par les Services d'E.D.F.

Ces zones sont situées à proximité des centrales de DUNKERQUE, de SEQUEDIN et de BOUCHAIN et surveillées par 7 appareils.

Un appareil est placé à DOUAI, à l'Ecole des Mines, et il est exploité par le laboratoire de l'Ecole Nationale Technique des Mines de Douai.

4 appareils fonctionnent depuis peu de temps autour de la raffinerie ANTAR à Douchy-les-Mines.

Dans un proche avenir, un réseau plus étoffé sera mis en place. Il devrait comprendre une vingtaine d'appareils.

## **C) Les activités menées dans un cadre réglementaire.**

La législation de base pour la lutte contre la pollution atmosphérique est la loi du 2 août 1961 portant modification de la loi du 19 décembre 1917. Cependant il n'existe pas actuellement dans le Nord de zones de protection spéciale comme dans la région parisienne, aussi l'action du Service des Mines s'appuie-t-elle principalement sur la réglementation des Etablissements classés Dangereux, Insalubres ou Incommodes. Cette action vise à limiter les charges polluantes rejetées et à assurer leur bonne dispersion.

La limitation des charges polluantes est surtout obtenue par la mise en service de dépoussiéreurs ou par l'emploi de combustible à faible teneur en soufre. Bien entendu les contrôles des installations thermiques, effectués dans le cadre de la loi du 10 mars 1948 sur l'Utilisation de l'Energie ou au titre des Etablissements classés par l'A.P.A.V.E. du Nord, permettent également de limiter les émissions polluantes grâce à des réglages appropriés.

On obtient une meilleure diffusion des polluants en augmentant la hauteur des cheminées et en assurant une vitesse élevée de sortie des gaz.

### III. — LES RÉSULTATS OBTENUS

— Le réseau de jauges de dépôt permet de connaître le niveau d'empoussiérement et sa variation saisonnière et annuelle, dans les agglomérations industrielles les plus importantes de la région du Nord. C'est ainsi que l'on a pu constater que le niveau moyen d'empoussiérement a tendance à diminuer depuis 1964, tout en restant à un niveau élevé. Le niveau le plus bas est aux environs de 200 mg/m<sup>2</sup>/jour alors que le niveau le plus fort peut atteindre 2 000 ou 3 000 mg/m<sup>2</sup>/jour. (Le tableau ci-après illustre d'ailleurs les résultats moyens sur 1 000 ou 2 000 jours de prélèvements). Dans la région de la Métropole par exemple, le niveau moyen des retombées de poussières est de 600 mg/m<sup>2</sup>/jour, ce qui correspond à environ 6 500 t/an réparties sur une superficie d'environ 30 km<sup>2</sup>).

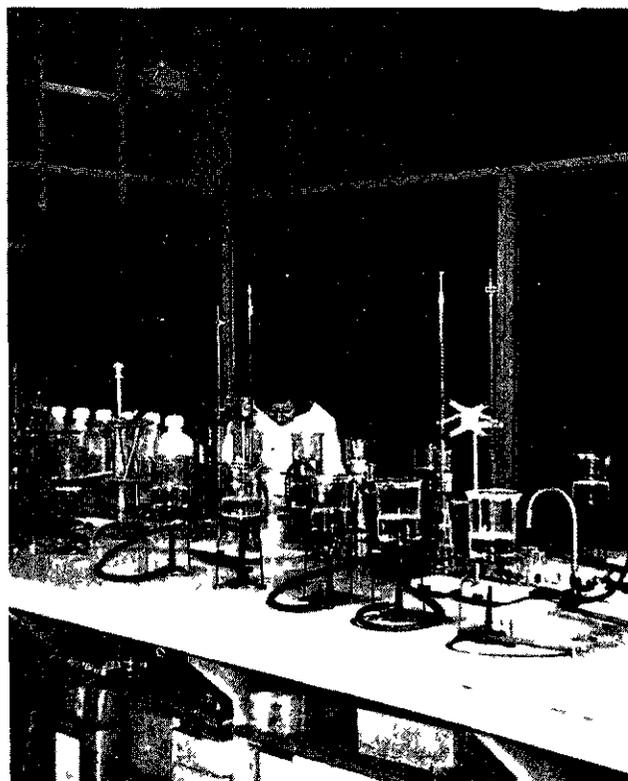
Compte tenu du nombre important de résultats actuellement répertoriés, il a été possible de déterminer la composition moyenne des retombées de poussières. C'est ainsi que l'on sait que 80 % environ des retombées ne sont pas solubles et que ces particules se composent de 30 % d'imbrûlés, etc...

De même, un premier dépouillement des résultats de 4 années de mesures a permis de montrer que les retombées maximales de poussières se produisent généralement au printemps et qu'en été les retombées sont également très fortes, ce qui paraît pour le moins anormal. Une étude va débiter incessamment avec l'aide de l'A.P.A.V.E. afin de comparer ce phénomène aux conditions de marche et d'entretien des installations de chauffages industriels pendant les saisons chaudes.

— Le nombre d'appareils S.F. est trop peu élevé actuellement pour avoir une idée précise de la pollution gazeuse.

Pour Douai, la plus forte valeur moyenne mensuelle observée depuis 1965 est de 132 µg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub>. La moyenne sur 40 mois de mesure est de 50 µg/m<sup>3</sup>, ce qui représente la moitié ou le tiers de la pollution sulfurique de la région parisienne.

Pour la centrale de Dunkerque, 91 % des mesures sur 24 heures effectuées jusqu'en 1967 indiquent que la concentration en SO<sub>2</sub> est inférieure à 100 µg/m<sup>3</sup>. La valeur maximale enregistrée est de 840 µg/m<sup>3</sup>.



*Vue du Laboratoire*

Pour Bouchain, la valeur maximale a été de 190  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations trouvées à Sequedin sont beaucoup plus variables. Dans l'ensemble, les valeurs constatées sont du même ordre de grandeur que sur les autres sites de centrales.

— Si les réseaux de mesures permettent de mieux connaître l'origine, l'ampleur, la variation de la pollution de l'air et contribuent ainsi à une meilleure connaissance du phénomène sur le plan général, les actions menées dans le cadre réglementaire des Etablissements classés sont très actives pour essayer de résoudre quelques-uns des problèmes posés par la pollution de l'air dans la région du Nord :

— Le Service des Mines fixe la hauteur et le diamètre des cheminées d'usine afin d'assurer une bonne dilution aux gaz rejetés.

En l'absence de normes françaises, des recommandations anglaises sont adoptées.

— Les industries les plus polluantes et les plus importantes installent, après enquête de notre Service, des dépoussiéreurs qui, par leur excellent rendement, diminuent notablement les envols de poussières.

— Dans la zone de Lille-Roubaix-Tourcoing où le fuel lourd n° 2, contenant entre 3 ou 4 % de soufre, tend de plus en plus à remplacer le charbon, certaines industries de forte puissance sont mises dans l'obligation de posséder une réserve de 8 jours de fuel B.T.S. qui devra être brûlé dès que les Services de la Météorologie nationale prévoieront une période d'inversion de température de longue durée.

\*\*

La région du Nord est caractérisée par une étroite imbrication des zones de forte densité d'habitation et des zones de concentration industrielle principalement dans la métropole régionale et le bassin minier. Cette présence de nombreux foyers domestiques au voisinage des émissions industrielles contribue à maintenir un niveau élevé de pollutions dans ces zones. Toutefois, les résultats des campagnes de mesures effectuées depuis 1964 indiquent que le niveau de pollution tend à se stabiliser sinon à baisser légèrement malgré une augmentation notable de la consommation de combustibles.

Le réseau d'appareils de mesures implanté par le Service des Mines a été au départ basé sur des jauges OWEN qui permettent de suivre aisément les niveaux d'empoussiérage mais dont les résultats sont délicats à interpréter sur le plan de la pollution gazeuse ; afin de pallier cette difficulté, il a été décidé de compléter progressivement le réseau initial par l'implantation d'appareils de mesures en continu de type S.F.

Mais il importe de ne pas se limiter à constater les nuisances, aussi l'action du Service des Mines tend-elle constamment à améliorer les mesures susceptibles de diminuer les pollutions ; des études sont également menées sur ce plan généralement en étroite collaboration avec les industriels concernés, conscients des problèmes posés par la pollution atmosphérique.



A PONT-A-VENDIN.  
*Densité des évacuations*

## Moyenne générale des retombées totales de poussières

Chiffres en milligrammes/m<sup>2</sup>/jour

<i>Ville</i>	<i>Sigle de la jauge</i>	<i>Retombées totales</i>	<i>Nombre de jours de prélèvement</i>
TRITH-ST-LEGER .....	TP	1 695	2 099
TRITH-ST-LEGER .....	TC	1 425	839
LOURCHES .....	LZ	1 390	2 086
HAUBOURDIN .....	HC	1 372	2 361
DENAIN .....	DS	1 270	2 487
LILLE .....	L4	1 258	549
DENAIN .....	DC	1 224	2 101
PONT-A-VENDIN .....	PVD	1 211	1 095
DENAIN .....	DZ	850	2 486
CHOCQUES .....	CHL	775	1 083
WASQUEHAL .....	W1	730	638
WATTRELOS .....	ZP4	670	1 158
VERMELLES .....	VGH	660	1 108
ROUBAIX .....	ZP2	659	2 004
LOMME .....	LR	605	2 091
LOOS .....	LS	585	1 840
WAZIERS .....	WM	580	2 483
BOULOGNE-SUR-MER .....	BHT	556	971
SOMAIN .....	SB	545	2 393
WATTRELOS .....	ZP9	538	1 458
LILLE .....	LG1	521	2 081
SOMAIN .....	SH	520	1 893
COURRIERES .....	CTV	519	1 094
WAZIERS .....	WV	518	2 483
HARNES .....	HGP	510	1 065
CROIX .....	ZP15	474	1 459
BRUAY-SUR-ESCAUT .....	BC	464	2 485
ANZIN .....	AM	463	2 031
LA MADELEINE .....	MP	451	1 990
HENIN-LIETARD .....	HLV	444	1 022
VICQ .....	VQ	442	1 632
HALLUIN .....	HL	440	2 055
DOUAI .....	DM	421	2 024
LE PORTEL .....	LPM	414	1 093
VITRY-EN-ARTOIS .....	VAM	409	1 098
AUBY .....	AB	394	2 090
OSTRICOURT .....	OT	392	2 022
ISBERGUES .....	ISF	381	1 100
BRUAY-SUR-ESCAUT .....	BT	380	2 485
LOUVROIL .....	LM	375	1 899
LILLE .....	L2	354	592
TOURCOING .....	T1	346	819
FRESNES-SUR-ESCAUT .....	FJ	344	2 486
LABUISSIERE .....	LA F	325	1 101
DUNKERQUE .....	DV	320	2 065
WASQUEHAL .....	W2	314	638
BETHUNE .....	BAS	310	1 094
LILLE .....	L3	305	582
CALAIS .....	CSV	302	1 097
ANICHE .....	AG	295	2 083
BOULOGNE-SUR-MER .....	MAM	280	1 097
DOUVRIN .....	DOM	269	336
EVIN-MALMAISON .....	EMF	263	1 094
LENS .....	LLL	257	1 085
ARMENTIERES .....	AP	253	360
TOURCOING .....	T2	253	819
ARRAS .....	AKQ	229	1 091

# POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET UTILISATION DE L'ÉNERGIE

par **Marcel COUDE**, Ingénieur en Chef des Mines

## I. — INTRODUCTION

Dans la généralité des cas, la pollution atmosphérique résulte essentiellement de l'utilisation de l'énergie sous ses différentes formes : les carburants automobiles et les combustibles — bien connus du public — ou les carburants utilisés dans l'aviation. Chacun, s'il peut à bon droit se considérer comme une victime, doit néanmoins se reconnaître dans le long cortège des agresseurs de la santé publique quand il met en marche sa voiture personnelle ou son système de chauffage — qu'il utilise un poêle à mazout d'apparence anodine ou qu'il recoure aux commodes prestations d'un service collectif.

La mise en œuvre des combustibles, pour se limiter à ce seul cas, amène en effet l'envoi à l'atmosphère d'une grande variété de produits : les combustibles eux-mêmes par exemple des hydrocarbures, des produits de la combustion tels  $SO_2$ ,  $SO_3$ , voire des sous-produits tels que les oxydes d'azote. Tous ces rejets, quel qu'en soit l'état physique, sont polluants dans la mesure où ils constituent des dangers pour la santé des hommes, des plantes ou des pierres, directement ou indirectement par les composés auxquels ils peuvent donner naissance dans l'atmosphère. Ainsi en est-il avec l'ozone, résultat de l'action du rayonnement solaire sur l'oxygène de l'air, oxydes d'azote ou hydrocarbures jouant ici le rôle de catalyseurs.

## II. — LES PRINCIPES DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE CAUSÉE PAR LES INSTALLATIONS FIXES DE COMBUSTION

### a) Objectif.

Il convient de ne pas perdre de vue la finalité de la lutte contre la pollution atmosphérique : c'est le souci d'en supprimer ou d'en limiter les répercussions fâcheuses, notamment sur les êtres humains. La notion de teneur en tel ou tel polluant à ne pas dépasser dans l'air inhalé par les habitants des villes n'épuise pas cette question. On ne saurait en effet traiter les différents polluants comme des variables indépendantes. Leur nocivité est a priori fonction de l'importance plus ou moins grande des autres polluants. Par ailleurs, il est permis de concevoir des répercussions sur l'organisme humain liées à l'état physique

des produits, aérosols, particules solides en suspension par exemple. Qu'en résulte-t-il pour la teneur de l'air en ions et l'intensité des échanges gazeux au niveau des alvéoles pulmonaires ? Qu'en résulte-t-il pour le champ électrique qui n'a pas pu ne pas s'inscrire, d'une certaine manière au cours des âges, dans la structure génétique ? On peut aussi bien se demander, il est vrai, ce qui en subsiste dans les cages de Faraday que sont les constructions modernes en béton armé.

## b) Moyens.

La finalité de la lutte contre la pollution de l'air étant bien précisée, il faut remonter aux causes, donc à l'émission des installations de combustion en tenant compte des phénomènes atmosphériques.

Une première difficulté à ce niveau résulte de la sommation d'un grand nombre de sources depuis les plus dispersées. les installations individuelles qu'on ne saurait appréhender que collectivement sous la forme d'une certaine densité (rapportée à l'hectare par exemple), jusqu'aux installations les plus importantes qui sont les grandes centrales thermo-électriques.

L'autre difficulté résulte de la prise en compte correcte des facteurs météorologiques et particulièrement des micro-climats.

En définitive l'analyse conduit à mettre en relations une qualité d'air et un type d'émissions par les installations fixes de combustion.

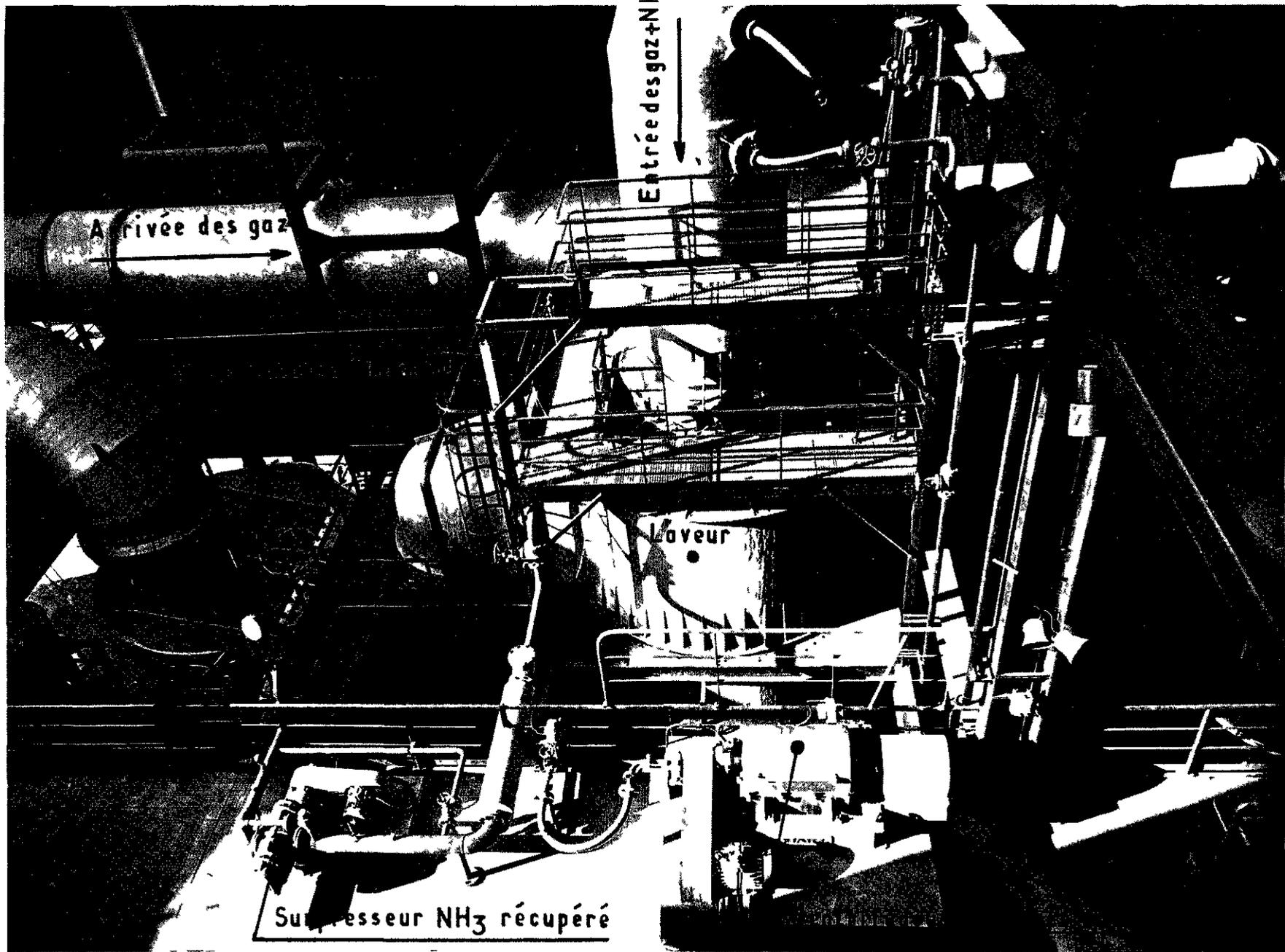
## c) Solution théorique du problème.

Au niveau théorique, la solution apparaît alors très simple. Il convient de pousser la lutte au niveau de l'émission jusqu'à un point tel que tout développement au delà se traduirait par un coût supérieur au bénéfice que la collectivité en tirerait par la réduction corrélative de la nuisance. Malheureusement la difficulté d'apprécier l'importance exacte de la nuisance et de ses conséquences en termes de coût pour la collectivité rend pour longtemps encore sans doute purement théorique la solution du problème. Cette constatation pessimiste doit pourtant être tempérée par la remarque qu'il est probablement plus facile d'apprécier la dérivée de ce coût (par exemple la contrepartie pour la collectivité d'un supplément de morbidité) que le coût lui-même ; or dans un calcul « à la marge » c'est la dérivée qui intervient. Quoi qu'il en soit, une action raisonnable ne paraît toutefois pas impossible pour les raisons que nous verrons ci-après.

# III. — LES GRANDES ORIENTATIONS D'UNE POLITIQUE DE PRÉVENTION

## a) Hypothèses et données de base.

— On peut faire hypothèse que, pour les niveaux de pollution élevés, il y a un avantage certain à *réduire les concentrations en chacun des principaux polluants*. Cet avantage, même s'il reste non chiffré, peut apparaître comme tellement important, lorsque les niveaux de pollution sont élevés, que les mesures de prévention s'imposent quel qu'en soit le coût. La transposition pratique de ces considérations se traduit dans la recherche biologique d'une norme pour la qualité de l'air et la prévention s'impose dès que cette « norme » n'est pas respectée. En dehors de ce cas extrême on peut bien penser qu'il y a intérêt à améliorer la qualité de l'air, mais cet « intérêt » résulte d'une appréciation dont le caractère subjectif commande la prudence.



Arrivée des gaz

Entrée des gaz + NH<sub>3</sub>

Laveur

Suppresseur NH<sub>3</sub> récupéré

— Nonobstant les difficultés qui subsistent de déterminer l'impact d'une pollution particulière sur la pollution générale, la prise en considération de la pollution dans le voisinage, immédiat ou non, d'une source peut permettre de définir certaines mesures de prévention.

— Au niveau de l'émission il est de fait que toute recherche de l'amélioration de la combustion va dans le sens d'une prévention de la pollution. Or ce qui peut être fait dans ce sens apporte a priori des avantages économiques qui justifient à eux seuls une action en ce domaine.

Il convient toutefois de savoir qu'à la limite le raisonnement pourrait se trouver en défaut ; pour des rendements thermiques élevés il pourrait y avoir opposition entre la recherche d'un supplément de rendement et la recherche d'une moindre pollution. Par exemple la prise en considération des oxydes d'azote pourrait s'opposer à la recherche des températures de flammes les plus élevées possibles.

## **b) Actions au niveau de la combustion proprement dite.**

En ce qui concerne la recherche active, l'effort propre effectué par les sociétés et organismes professionnels concerne aussi bien les rendements thermiques que les émissions de polluants. Il convient d'y ajouter les programmes financés avec l'aide de la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique qui visent à cerner le rôle des paramètres essentiels dans *la production de différents produits* au nombre desquels les oxydes d'azote ont récemment pris place.

En ce qui concerne l'action administrative, pour ne pas indisposer le lecteur par une énumération de références administratives, notons simplement qu'elle a toujours été présente : A l'origine, avec la loi MORIZET (1932), plus récemment avec la loi sur l'utilisation de l'énergie (1948) qui a servi de point de départ à des actions dans de nombreux domaines, celui de la pollution atmosphérique concrétisé par la loi de 1961 étant bien entendu au premier plan de l'actualité.

Cette action s'exerce particulièrement au sein du Comité Consultatif de l'Utilisation de l'Energie, organisme où sont représentées les grandes familles professionnelles (producteurs, utilisateurs d'énergie, constructeurs) et les Ministères intéressés (Equipement, Affaires Sociales, Intérieur et Industrie, notamment le Service de prévention des nuisances industrielles et les directions du secteur de l'énergie).

Un inventaire rapide de l'action en ce domaine comporte les rubriques suivantes :

- Caractéristiques minimales des appareils (rendement thermique, indice Bacharach, teneur en goudron) et équipements minimaux en appareils de réglage et de contrôle.
- Qualification et formation du personnel, ces caractéristiques devant bien entendu être liées à la technicité des installations.
- Surveillance des installations. Ainsi un décret est-il actuellement en préparation aux fins de rendre obligatoire la tenue d'un registre de chaufferie pour les installations de plus de 1 000 th/h. Le seuil correspondant pourrait être abaissé au plus bas jusqu'à 150 th/h (chiffre qui représente approximativement la puissance nécessaire au chauffage collectif de 15 logements).
- Visites périodiques des installations les plus importantes (plus de 1 000 th/h).

## **c) Actions au niveau du rejet.**

Les actions possibles sont de deux ordres :

- le choix des implantations avec tous les problèmes d'urbanisme que celui-ci implique ;
- le choix des modes de rejet à l'atmosphère pour un site donné et une installation de caractéristiques thermiques données.

On touche ici à l'important et difficile problème des cheminées mis à l'étude par le C.C.U.E. Disons qu'au stade actuel des travaux, où l'effort a porté sur les installations de chauffage des locaux, le fondement des études est l'observation faite au § a) ci-dessus : le but assigné est la limitation de la teneur des polluants dans les rabattements des fumées sur l'immeuble lui-même ou sur ses proches voisins. Ceci revient à faire abstraction de la pollution de fond ce que légitimement, d'une part le caractère inéluctablement approximatif des calculs et, d'autre part, le caractère nécessairement uniforme des mesures qui doivent prendre place dans le nouveau règlement de construction.

#### IV. — CAS DE LA POLLUTION SOUFRÉE

Le cas de la pollution par les oxydes de soufre mérite une attention particulière ne serait-ce que, sans doute à cause de l'apparente simplicité du problème, il en est beaucoup parlé. De fait cette pollution concerne essentiellement les combustibles liquides et particulièrement les fuels-oils lourds à teneur en soufre élevée dont la consommation ne fait que croître.

##### a) Données de base.

Le soufre contenu dans les combustibles se retrouve sous forme de  $\text{SO}^2$  et  $\text{SO}^3$  dans les fumées, en totalité dans le cas des combustibles liquides, en partie seulement dans le cas des combustibles solides.

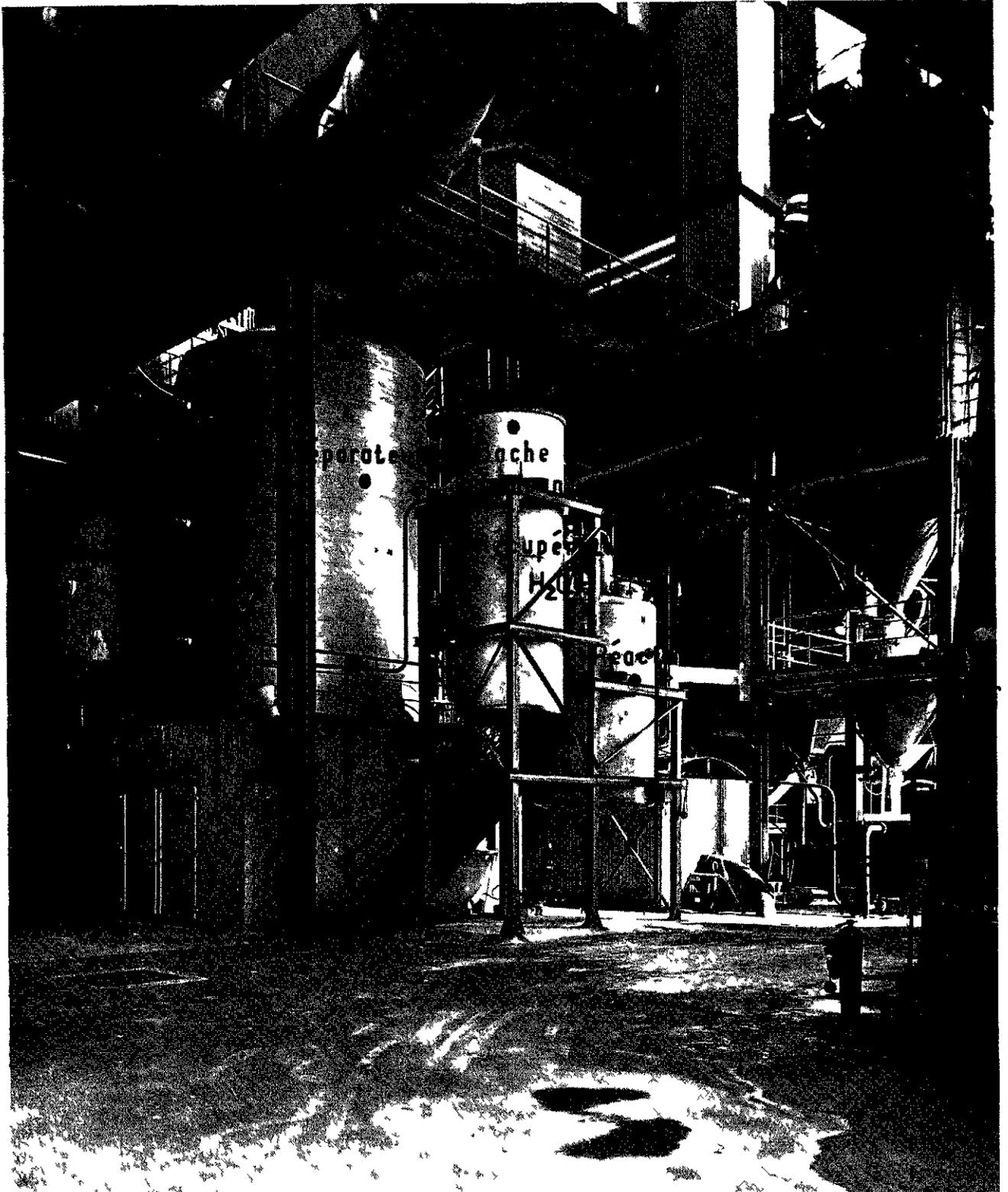
Le  $\text{SO}^2$  et le  $\text{SO}^3$  des fumées se retrouvent dans l'atmosphère sauf s'il est pratiqué un traitement basique des fumées lequel, avec les techniques actuellement utilisées, n'élimine que le  $\text{SO}^3$ , soit en général une faible partie seulement du soufre.

##### b) Solutions théoriques.

La lutte contre la pollution soufrée peut donc être menée sur les plans suivants :

1. *La désulfuration des fumées* : Des expérimentations sont activement menées dans les différents pays industriels pour désulfurer les fumées. C'est le cas en France où un pilote industriel représentant en débit de fumées une puissance électrique de 30 MW fonctionne à la Centrale de SAINT-OUEN. On voit ci-contre des photographies de cette installation. La technique expérimentée par E d F et les sociétés WEIRITAM et UGINE-KUHL-MANN est la suivante : les gaz de combustion, traités par l'ammoniac, abandonnent leurs oxydes de soufre qui sont recueillis et éliminés sous forme de différents composés ammoniacaux. L'ammoniac, produit cher, est ensuite régénéré par l'action de la chaux et donc, aux pertes près, reste en circuit fermé. Pour deux groupes de 250 MW qui utiliseraient un fuel-oil à 4 % de soufre, cette première opération pourrait se traduire par une dépense de l'ordre de 0,27 centime par KW/h, soit environ 7 % du prix du KW/h à la production.

En aval l'opération est conduite soit en vue de l'élimination pure et simple d'un produit résiduel, ici du sulfate de calcium, soit en vue de l'obtention d'un composé chimique commercialisable, en l'occurrence l'anhydride sulfureux. Dans ce dernier cas, l'opération peut être globalement bénéficiaire si le prix de vente du  $\text{SO}^2$  est suffisamment élevé. Le caractère expérimental des résultats obtenus ne permet pas de tirer des conclusions définitives, mais on peut néanmoins dire que les prix pratiqués actuellement sur le marché du soufre n'interdisent pas cet espoir. En tout état de cause la rentabilité de l'opération s'améliore quand la teneur en soufre des fuels-oils s'élève. Une possibilité apparaît donc ici d'augmenter la disponibilité en fuels-oils aux teneurs inférieures, pour un bilan global in-



changé du soufre dans les produits raffinés, simplement en orientant sur les centrales électriques ainsi équipées les « coupes » à la teneur en soufre maximale des fuels-oils produits en raffinerie.

2. *La désulfuration des combustibles* : Des études sont menées en ce qui concerne les combustibles liquides ; les solutions techniques existent, mais le coût de l'opération est élevé. A technique inchangée en raffinerie et pour un approvisionnement en pétrole brut donné globalement et par raffinerie, la disponibilité globale en fuel-oil à basse teneur en soufre (BTS) supposé dans la suite et pour la commodité de l'exposé n'exister qu'en une seule qualité apparaît donc déterminée, globalement et par raffinerie.

Deux tempéraments doivent être apportés à cette énonciation :

— Des soins plus grands lors des différentes étapes de la commercialisation pourraient éviter en particulier la « pollution » et la déclassification de la ressource en BTS. Cette considération jouerait pleinement si les prix des fuels-oils BTS étaient plus sensiblement élevés par rapport aux fuels-oils ordinaires qu'actuellement. Les changements récents dans le niveau relatif des prix vont en ce sens.

— Comme il a été indiqué plus haut, la désulfuration des gaz dans les centrales électriques permet d'envisager une augmentation de la disponibilité en combustible à basse teneur en soufre. Cette opération qui se traduit par l'installation d'une petite usine chimique à côté de l'installation thermique n'est évidemment envisageable que pour les centrales thermo-électriques. Sa mise en œuvre pratique, si elle va de soi pour un coût global négatif ou nul, mérite réflexion s'il n'en est pas ainsi.

3. *La modification de la structure des approvisionnements en pétrole brut* : Cette solution dont on imagine les implications de tous ordres se heurte aux limites mêmes que représenterait l'adoption d'une politique semblable dans les grands pays industriels. Il convient à ce sujet de noter que la politique pétrolière, basée très largement sur les bruts nord-africains, place la France en position très favorable sur ce point par rapport aux pays voisins. En outre la possibilité subsiste, pour un approvisionnement globalement inchangé, d'une répartition différente entre les raffineries.

L'intérêt économique d'une telle politique serait, le cas échéant, à apprécier par comparaison des éventuels suppléments dans le prix de transport, bruts d'une part, fuels-oils BTS de la raffinerie au lieu d'utilisation d'autre part, les deux solutions amenant une même répartition des fuels-oils BTS sur l'ensemble du territoire.

### **c) Orientations possibles.**

— Les quelques indications données plus haut montrent que le fondement incontestable d'une politique en matière de pollution soufrée ne saurait être trouvé qu'après avoir chiffré le coût réel de cette pollution pour la collectivité. Modifier la structure de l'approvisionnement en brut, globalement ou par raffinerie, modifier la répartition des produits raffinés par rapport à ce qu'elle est ou désulfurer les combustibles en raffinerie, toutes ces opérations se traduisent — en principe — par des coûts en regard desquels il conviendrait de mettre un bénéfice.

— Une politique générale supposée définie, elle doit être d'application aussi simple que possible pour l'utilisateur. Pour parler clair, la réglementation de l'utilisation de l'énergie — car c'est bien d'elle qu'il s'agit — doit être commodément applicable et pour atteindre un but donné, être d'autant plus simple que le niveau technique des utilisateurs est plus bas et que leur nombre élevé limite les possibilités de contrôle administratif. A ce stade donc, on peut imaginer une politique dont le contenu — mis à part le problème de la hauteur des cheminées déjà évoqué — reviendrait essentiellement à prescrire :

1° Le fuel-oil BTS à tous les utilisateurs quand la zone est critique, aux plus petits quand le risque de pollution, sans être aigu, existe réellement.

2° Le fuel ordinaire aux utilisateurs importants, sous réserve qu'ils recourent au combustible BTS « lorsque les circonstances atmosphériques sont défavorables » pour reprendre une formulation administrative familière.

3° Enfin, si la technologie de la désulfuration des fumées tient ses promesses, le combustible à teneur maximale aux centrales électriques.

\*\*

On imagine combien la recherche d'un optimum est difficile tant par l'appréciation de l'impact réel de la pollution soufrée sur la santé publique que par la multitude de solutions possibles.

Se refuser à faire entrer en compte l'une d'elles revient bien entendu à accepter un écart avec l'optimum. Cependant, comme l'optimum est inaccessible — et pour longtemps encore —, on peut chercher une solution réglementaire au problème de l'utilisation en supposant donnée la ressource en BTS. Il est hautement probable qu'une classification même indicative des zones polluées permettrait un premier tableau des contraintes réglementaires possibles, la raison de simplicité donnée plus haut interdisant une adaptation trop calquée sur les conditions réelles de la pollution locale.

## V. — CONCLUSION

Les indications données plus haut montrent l'importance de ce qui reste à faire pour fonder solidement une véritable politique de la lutte contre la pollution atmosphérique par les installations fixes de combustion.

Elles auront aussi peut-être permis de voir qu'entre la solution idéale et rien, quelque chose peut être fait. Ce quelque chose signifie nécessairement — il faut s'en rendre compte — un peu plus de contrainte apportée aux choix des consommateurs, individus, collectivités ou entreprises.

Ce supplément de contrainte, s'il a un fondement solide dans les conséquences qu'a pour les autres le comportement de chacun, doit être aussi léger que possible. Il appartient à ceux qui sont chargés de la réglementation en ce domaine de veiller à ce que les exigences soient soigneusement adaptées au niveau technique des utilisateurs.

Au niveau du poêle à charbon ou à mazout, la réglementation s'intéressera essentiellement à la construction du matériel thermique en imposant des normes de qualité ; au niveau des centrales thermo-électriques il en va tout autrement. C'est entre ces deux niveaux extrêmes que l'adaptation du souhaitable et du possible posera les plus sérieux problèmes.

# LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET LES VÉHICULES AUTOMOBILES

par **M. OSSELET**, Ingénieur en Chef des Mines

Le présent article se propose de donner des indications :

- 1° sur les polluants émis par les véhicules automobiles,
- 2° sur les mesures prises pour limiter la pollution.

## I. — SOURCE ET POLLUANTS ÉMIS PAR LES VÉHICULES AUTOMOBILES

### I-1. Généralités.

On rencontre des moteurs à essence qui fonctionnent généralement avec un excès de carburant notable, pour des raisons de souplesse du moteur, ainsi que des moteurs Diesel utilisant comme carburant du gas-oil et fonctionnant toujours avec un excès d'air. Il résulte de cette différence de nature que la nature de la pollution par les véhicules équipés de ces deux types de moteurs est très différente et est justiciable de mesures différentes.

Avec les véhicules équipés de moteur à essence, on constate essentiellement :

- 1° des évaporations de carburant par les divers événements,
- 2° des émissions de gaz de carter constituées en fait par des vapeurs de carburant,
- 3° des émissions à l'échappement :
  - d'oxyde de carbone,
  - d'hydrocarbures complexes produits de la combustion incomplète du carburant,
  - d'oxydes d'azote,
  - de produits dérivés des additifs au carburant tel que le plomb.

La composition et le volume des gaz d'échappement varient considérablement suivant le régime du moteur. Le tableau ci-après donne une analyse typique des gaz d'échappement.

		<i>Ralenti</i>	<i>Accélération</i>	<i>Vitesse stabilisée</i>	<i>Décélération</i>
Azote .....	% volume	70,4	71,0	73,2	70,4
Eau .....	—	13,0	13,2	13,1	13,0
CO <sub>2</sub> .....	—	9,5	10,2	12,5	9,5
CO .....	—	5,2	4,2	0,8	5,2
Hydrocarbures .....	ppm	750	400	300	1 000
Oxydes d'azote .....	—	30	3 000	1 500	60

Des teneurs considérablement plus élevées, 10 à 12 % en oxyde de carbone, sont parfois rencontrées, pouvant atteindre au ralenti des valeurs qui peuvent être notablement supérieures à celles indiquées ci-dessus. Pour apprécier le degré de nocivité des gaz au ralenti, il faut tenir compte de deux effets contraires.

1° Le volume des gaz émis varie proportionnellement au nombre de tours du moteur  

$$\frac{700}{5\ 000} = 0,14$$
le ralenti lorsqu'on veut comparer les volumes émis au ralenti et les volumes émis à pleine puissance. Du fait de l'influence de la dépression sur le coefficient de remplissage le rapport réel est inférieur à ce rapport théorique.

2° Lorsque le véhicule est à l'arrêt, il n'existe plus aucun brassage de l'air ambiant par le mouvement du véhicule si bien que l'on explique ainsi les teneurs élevées constatées dans les carrefours trop chargés. L'échelle de base suivante a ainsi été donnée :

	Teneur en oxyde de carbone
Dans l'échappement (au ralenti) à un carrefour très chargé .....	40 000 ppm (4 %) pointes de 100 ppm moyenne de 40 ppm
Moyenne de 300 carrefours parisiens chargés .....	24 ppm
Moyenne de l'atmosphère du centre de Paris .....	2,5 ppm

Par suite de la facilité de dilution de l'oxyde de carbone dans l'air, la pollution par l'oxyde de carbone des véhicules automobiles est un phénomène important mais limité aux points chargés du point de vue circulation automobile.

On admet que les hydrocarbures des véhicules sont à l'origine du smog oxydant rencontré à LOS-ANGELES et qui est considéré par les hygiénistes comme un phénomène catastrophique dont il faut à tout prix se tenir éloigné. Par conséquent, il faut éviter de reproduire les conditions qui en facilitent la naissance, ce qui constitue la justification des efforts entrepris partout dans le monde pour lutter contre les hydrocarbures émis par les automobiles. Il est bon de rappeler que le smog oxydant ne peut prendre naissance que si les trois conditions suivantes sont remplies simultanément :

- Présence d'hydrocarbures.
- Présence d'oxydes d'azote agissant comme oxydant.
- Exposition au rayonnement ultraviolet (ensoleillement).

Il est courant d'admettre que la répartition des hydrocarbures émis par les véhicules est la suivante en fonction de l'origine.

Evaporation (carburateur - réservoir) ..	10 %
Gaz d'échappement .....	60 %
Gaz de carter .....	30 %
	100 %

Comme on l'a déjà vu, les gaz d'échappement des véhicules à moteur Diesel ont une composition radicalement différente de celle des gaz d'échappement des véhicules à moteur à essence.

		<i>Ralenti</i>	<i>Accélération</i>	<i>Vitesse stabilisée</i>	<i>Décélération</i>
CO	ppm .....	0	500	0	0
Hydrocarbures	— .....	250	115	65	250
Oxydes d'azote	— .....	60	850	240	30

Très souvent, les gaz d'échappement des véhicules à moteur Diesel se présentent sous forme d'une fumée noire due à la présence de fines particules de carbone et que l'on caractérise soit par la teneur en suie exprimée en mg/m<sup>3</sup> soit par l'opacité de la fumée exprimée en unités d'opacité (1).

A titre d'exemple, une fumée de 60 à 70 unités est déjà relativement opaque et dense et contient de 300 à 500 mg/m<sup>3</sup> de suie.

On rencontre souvent également sur les véhicules à moteur Diesel des fumées bleues dues alors à la présence dans les gaz d'échappement des effluents liquides ou vapeurs dont la composition peut être très diverse (hydrocarbures notamment). Il peut également se produire de la fumée bleue et noire due à la présence d'huile dans les gaz d'échappement lorsque la segmentation est défectueuse.

## II. — MESURES PRISES POUR LIMITER LA POLLUTION

### II-1. Par les véhicules à moteur à essence.

#### II-1-1. *Limitation des émissions de gaz de carter.*

Un arrêté en date du 28 juillet 1964 prescrit la limitation des émissions d'hydrocarbures contenus dans les gaz de carter à 0,15 % du poids du carburant consommé. Les constructeurs obtiennent le résultat voulu en recyclant les gaz de carter, c'est-à-dire en les renvoyant à l'admission. Une telle mesure a pour conséquence de diminuer de trois quarts les émissions d'hydrocarbures par les gaz de carter sans entraîner des dépenses appréciables.

#### II-1-2. *Limitation de l'oxyde de carbone et des hydrocarbures contenus dans le cycle d'échappement.*

Les émissions dépendent étroitement des conditions de fonctionnement du moteur, il est nécessaire de définir des conditions conventionnelles supposées reproduire les conditions d'utilisation des véhicules en ville. C'est ainsi qu'un cycle dit cycle européen (par opposition au cycle californien) a été défini et est représenté sur la figure jointe. Le véhicule est placé sur un banc à rouleaux et on reproduit les conditions de fonctionnement

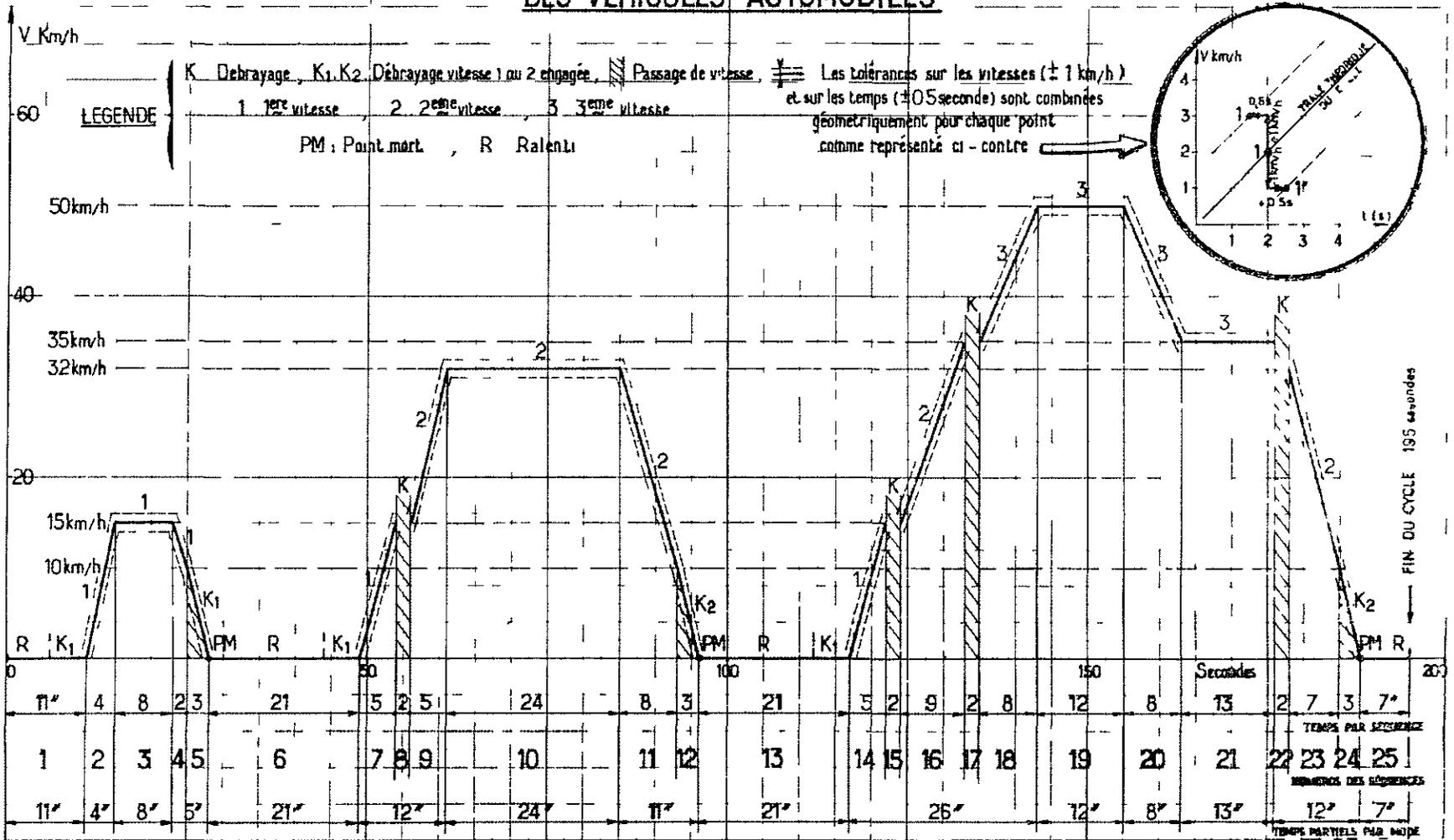
(1) Une fumée d'opacité  $\nu$  est une fumée telle qu'une colonne de 407 mm. de cette fumée éclairée avec un flux lumineux  $\theta_0$  ne laisse passer que le flux  $\theta$  donné par la relation

$$\frac{\theta_0 - \theta}{\theta_0} = \frac{\nu}{100}$$

$\nu = 0$  pour l'air pur.

$\nu = 100$  à l'extinction complète du rayonnement incident.

## CYCLE UNIFIÉ POUR L'ÉTUDE DE LA POLLUTION DES VÉHICULES AUTOMOBILES



décrites sur le cycle. Il est prévu que les émissions ne devront pas dépasser les valeurs suivantes par essai, en fonction du poids de référence P (poids du véhicule à vide augmenté de 120 kg).

Poids de référence (en kg)	Masse d'oxyde de carbone en grammes		Masse d'hydrocarbures en grammes	
	Réception	Production courante	Réception	Production courante
P ≤ 750	100	120	8,0	10,4
750 < P ≤ 850	109	131	8,4	10,9
850 < P ≤ 1 020	117	140	8,7	11,4
1 020 < P ≤ 1 250	134	161	9,4	12,2
1 250 < P ≤ 1 470	152	182	10,1	13,1
1 470 < P ≤ 1 700	169	203	10,8	14,0
1 700 < P ≤ 1 930	186	223	11,4	14,8
1 930 < P ≤ 2 150	203	244	12,1	15,7
2 150 < P	220	264	12,8	16,6

Lorsque ces valeurs seront entrées en vigueur, on constatera une diminution sensible des émissions par rapport au niveau actuel (à nombre de véhicules constant). Il semble que sur la plupart des modèles les valeurs ci-dessus pourront être respectées sans qu'il soit fait appel à des moyens très coûteux et très délicats tels que les post-brûleurs, mais au prix d'une étude très soignée des modèles et de nombreux contrôles de fabrication.

#### II-1-3. Limitation des émissions au régime du ralenti.

Un texte vient de prescrire qu'à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1970 sur tous les véhicules en circulation la teneur en oxyde de carbone des gaz d'échappement émis au régime du ralenti ne devra pas dépasser 4,5 %. Le but de cette mesure est que les usagers ne circulent pas avec des ralentis réglés très riches et extrêmement polluants comme on a vu. L'application effective de cette mesure suppose que les Professionnels de l'Automobile et les forces de police s'équipent en appareils de contrôle.

#### II-1-4. Progrès ultérieurs.

Il est à prévoir que dans un proche avenir il sera procédé à la limitation des évaporations en provenance des carburateurs et des réservoirs. Il faut également s'attendre à la parution de règles concernant les oxydes d'azote, de façon à éviter que les basses émissions d'oxyde de carbone qui seront exigées ne soient pas obtenues par des moyens conduisant à un relèvement des émissions d'oxyde d'azote.

## II-2. Par les véhicules équipés de moteur Diesel.

Un arrêté ministériel en date du 12 novembre 1963 limite l'opacité des fumées émises par les moteurs Diesel des véhicules lors d'essais effectués en accélération libre, aux valeurs suivantes :

Catégorie de véhicules	Nombre d'unités
Voitures particulières .....	40
Autobus et autocars .....	45
Véhicules industriels de moins de 6 t. de PTR.....	45
Véhicules industriels de 6 à 19 t. de PTR .....	50
Véhicules industriels de plus de 19 t. de PTR.....	60

(PTR = poids total roulant).

Ces valeurs sont relativement faciles à respecter avec les véhicules modernes neufs. Elles peuvent être également respectées en cours d'usage avec ces véhicules à condition

qu'ils soient correctement entretenus et que les moteurs ne soient pas indûment surchargés pour en obtenir plus de puissance. Il existe, par contre, un parc de véhicules anciens à moteur Diesel dont les moteurs fument congénitalement et pour lesquels on ne connaît pas d'autres moyens pour les empêcher de fumer que de détarer les pompes d'injection ce qui risque d'avoir pour conséquence de les rendre inutilisables par défaut de puissance, si bien que le problème est plus économique que technique. Des essais ont été faits dans plusieurs voies :

- les essais de filtration n'ont pas donné des résultats satisfaisants ;
- l'emploi des additifs anti-fumée n'a pas donné tous les résultats auxquels on s'attendait a priori. En effet, il s'agit de produits relativement chers dont l'usage massif peut conduire parfois à des pollutions dangereuses. En outre, on a pu constater que si statistiquement, on observait sur un parc donné une baisse de 10 à 15 unités de la fumée produite, il existait des véhicules pour lesquels les additifs n'avaient aucune action ou même une action négative.

### III. — CONCLUSION

Il est possible de diminuer dans de grandes proportions les émissions polluantes des véhicules automobiles. Cette diminution ne pourra toutefois s'obtenir qu'au prix de travaux acharnés demandant du temps si on veut aboutir à des résultats ne mettant pas en cause la rusticité des moteurs, pas plus que leurs performances dans les conditions les plus extrêmes et cela en ne grévant pas exagérément le prix du véhicule. C'est en effet une véritable reconversion que l'on demande aux bureaux d'études des grands constructeurs, qui doivent maintenant attacher une importance considérable à des phénomènes encore mal maîtrisés. A moins que des contraintes théoriques n'apparaissent, il est vraisemblable que l'on peut s'attendre à des diminutions spectaculaires des émissions des véhicules. La seule question que l'on peut se poser est de savoir si, au cours des dix prochaines années, les nouvelles sources d'énergie deviendront ou non compétitives par rapport au moteur à explosion qui reste encore susceptible de progrès.

# LES DONNÉES SPÉCIFIQUES DE L'ASSAINISSEMENT DU LITTORAL

par **MM. Pierre KOCH** et **René CHAMBOREDON**,  
Ingénieurs généraux des Ponts et Chaussées e. r.

En raccourcissant le cycle de l'eau utilisée sur les continents qui, sauf la part dévolue à l'évaporation, finit fatalement par aboutir au milieu marin, la proximité de ce milieu confère des caractères originaux à l'assainissement des zones littorales.

Les recommandations de portée générale sur les rejets d'eaux usées en mer qu'a formulées la 6<sup>e</sup> réunion européenne d'Ingénieurs organisée par l'O.M.S. à Nice en 1958 (1) ont orienté depuis lors les positions prises notamment par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France en la matière.

L'expérience a montré que les cas où un rejet direct en mer (2) peut être considéré comme tolérable demeurent des exceptions ; à part celui de Marseille qui remonte à la fin du siècle dernier, on citera celui de Toulon au Cap Sicié ou, à moindre échelle, celui d'Étretat, en un point balayé par la mer à chaque marée et où la direction des courants est telle qu'un retour vers la plage apparaît comme improbable.

Il en découle que l'épuration, au sens des Instructions générales sur l'assainissement des agglomérations (12 mai 1950), doit rester la règle ; elle se combinera, le cas échéant, sur les côtes de l'Atlantique et de la Manche avec la réalisation de bassins de marée qui permettront de mettre à profit l'entraînement de l'effluent vers le large par le jusant ; encore se révèle-t-elle parfois insuffisante au voisinage des points critiques (3) et un traitement complémentaire doit-il alors intervenir ; ainsi, dans les Landes (exemples de Bourg-de-Biscarosse, de Seignosse-le-Penon), on a été amené à recommander l'absorption de l'effluent épuré par des drains percolateurs implantés dans les dunes à l'écart des plages et des forages d'alimentation en eau ; dans le Languedoc on constate que l'assainissement du littoral s'imbrique avec celui des étangs côtiers (exemple de l'étang de Thau), ou encore avec celui des fleuves côtiers et des canaux qui sont appelés à sillonner de plus en plus largement l'arrière-pays (ramifications du canal Bas-Rhône-Languedoc) ; en Bretagne, la côte rocheuse et découpée convenant souvent mal à l'implantation de stations de traitement, on a observé que le renvoi vers l'intérieur des terres se prêtait, le cas échéant, à l'établissement de retenues sous forme de pièces d'eau (exemple de Pont-Aven), de lacs collinaires... ; d'une manière générale, le Midi méditerranéen, caractérisé par l'absence de marée et le très faible étiage des fleuves côtiers, revêt des caractères très divers et relève en conséquence de solutions variées, parmi lesquelles on peut envisager notamment le renvoi vers l'intérieur en vue d'irrigations...

---

(1) Recommandations reproduites dans l'Annexe I de la Circulaire interministérielle dont il sera question ci-après.

(2) Moyennant tout au plus une dilacération, voire la retenue d'une partie des matières solides par décantation.

(3) Parmi lesquels les parcs ostréicoles ou même de simples gisements coquilliers figurent en première place.

La leçon à tirer de l'examen de toute cette gamme de circonstances depuis 1958 a motivé la rédaction d'une Circulaire interministérielle (4) qui, promulguée le 25 juin 1965 sous le n° 9 001 (65-28), fait le point des principes à mettre en œuvre et complète sur certains points les recommandations du Séminaire de Nice, lesquelles n'en conservent pas moins toute leur portée.



La Circulaire en question rappelle initialement que la protection des zones névralgiques du littoral exige l'un ou l'autre des deux types de mesures suivantes, voire leur conjonction :

« — report des rejets en un point unique ou en un nombre limité de points par un réseau de canalisations qui comporte des parcours plus ou moins parallèles au littoral et corollairement, par défaut de pente selon cette orientation, une succession de postes de relèvement ou de refoulement ;

« — traitement d'autant plus poussé avant rejet (5) que le retour de l'effluent risque de se produire en direction des zones critiques par des voies relativement courtes et plus ou moins exclusives d'auto-épuration, du moins en certaines circonstances de temps et de courant. »

Aux sujétions du rassemblement des eaux usées sur les bords de mer, tantôt plats, tantôt hérissés de blocs rocheux, s'ajoutent, dans le cadre ainsi défini, celles d'un traitement côtier qui doit répondre à des préoccupations particulières :

- les vicissitudes saisonnières du peuplement littoral tendent à développer les causes de pollution dans les périodes mêmes où les baigneurs, entre autres, s'y trouvent particulièrement exposés ;
- la variabilité des courants marins implique la nécessité de reconnaissances prolongées pour permettre de localiser les points de rejet avec le souci d'éviter un retour rapide en direction des zones critiques que constituent les plages et, plus encore, les gisements coquilliers ;
- une surveillance attentive et continue des installations de traitement, dans la mesure où celles-ci ont été reconnues nécessaires, s'impose du fait même que l'auto-épuration de l'effluent rejeté à proximité du littoral se trouve exclue par hypothèse ou du moins sujette à caution.

Sans doute une « évacuation directe des effluents à une distance suffisante du rivage pouvant atteindre plusieurs kilomètres » est susceptible, le cas échéant, d'atténuer notablement ces contraintes, mais la formule doit, pour être acceptable, répondre à un ensemble de conditions que rappelle la Circulaire : tel, en ce qui concerne les ouvrages eux-mêmes, le recours à des « canalisations immergées présentant une résistance mécanique éprouvée, constituées de matériaux inaltérables et solidement ancrées sur le fond marin ».

Sauf dans les cas visés ci-après, c'est, tout compte fait, sur la localisation en distance de la côte et en profondeur du débouché de l'émissaire, quel que soit le degré de traitement envisagé pour l'effluent présentement ou à terme, que devront porter essentiellement les recherches préalables à la rédaction d'un projet d'assainissement littoral.



L'examen des cas d'espèce a toutefois fait apparaître, « parmi l'ensemble des possibilités qui intéressent la rédaction des projets d'assainissement relatifs aux agglomérations ou aux régions littorales », l'intérêt d'une solution que n'avaient pas envisagée, explicitement du moins, les recommandations du Séminaire de Nice et qui implique le renvoi des

---

(4) Elle porte le contreseing des Ministres de la Santé publique, de l'Intérieur, des Travaux publics, de l'Industrie, de l'Agriculture et de la Construction.

(5) « Jusques et y compris la stérilisation de l'effluent, formellement prévue parmi les mesures qui peuvent être exigées en cas de déversement en mer, notamment au voisinage des gisements coquilliers ».

nuisances vers l'arrière-pays, notamment « lorsque ses caractères se prêtent..., mieux que ne le ferait le littoral, à la mise en œuvre de dispositifs favorables pour le traitement des eaux usées conjointement avec celui des boues ».

S'agissant des sujétions de rassemblement évoquées plus haut, on a observé en effet que le renvoi de l'effluent (pouvait) parfois s'opérer vers l'arrière-pays « dans des conditions plus avantageuses que le cheminement le long du littoral, en ce qui concerne l'établissement des postes ou stations de refoulement, et sans accroissement prohibitif de la consommation d'énergie ».

Quant aux conditions de traitement, le fait d'esquiver la localisation des dispositifs correspondants « à proximité immédiate des points de rejet » ouvre la voie à un éventail élargi de possibilités sous divers aspects.

Tout d'abord, d'une manière générale, « dans la mesure où telle portion de l'effluent, après une transformation occasionnellement imparfaite, finit par rejoindre le milieu marin, le développement du parcours nécessaire pour y parvenir représentera un facteur favorable à la préservation du littoral. Les processus naturels d'auto-épuration joueront sur ce parcours, surtout s'il s'opère par voie d'eau (6) ; même si, compte tenu des circonstances, on jugeait expédient d'opérer un traitement complémentaire, sous la forme par exemple d'une stérilisation, un temps de contact prolongé se révélerait précieux en permettant au surplus un contrôle et une surveillance plus sûrs que si le traitement en question s'opérait au voisinage immédiat des zones à protéger ».

Par ailleurs, alors qu'il se révèle souvent difficile de trouver sur le littoral même des emplacements favorables à l'établissement des installations de traitement, on bénéficie évidemment d'une plus ample latitude de choix en étendant la recherche à une zone notablement élargie. Et ceci concerne, non seulement l'implantation de stations d'épuration biologique sous les aspects que l'on peut aujourd'hui qualifier de classiques (7), mais encore l'adoption éventuelle de modes de traitement mettant à profit certaines propriétés des terrains ou certaines dispositions du relief continental.

La Circulaire évoque à cet égard « l'épandage agricole (qui) présente dans son principe l'avantage de permettre la récupération des matières fertilisantes, notamment en produits azotés..., contenues dans les eaux d'égout », tout en rappelant les impératifs de la réglementation sanitaire en la matière.

L'épuration des eaux usées est d'ailleurs susceptible de « se combiner avec une utilisation agricole » sous un mode qui associe « un traitement physique et biologique du type courant à un stockage de l'eau ainsi épurée dans une réserve adéquate », éventuellement sous l'aspect d'un « lac collinaire ».

Ce procédé ouvre au surplus « la voie à une irrigation de complément, qui n'aura plus seulement pour objet de valoriser les éléments fertilisants des eaux usées, mais permettra de récupérer l'eau elle-même, et ceci aux époques où le besoin s'en fait le plus sentir ». Dans ce cadre, l'arrosage par aspersion présentera en particulier l'avantage « de ne pas requérir de qualités particulières pour les terrains » qui en font l'objet.

Il est enfin des cas « où l'on pourra envisager de recourir à des procédés plus rudimentaires, sous réserve qu'ils assurent la sécurité désirable », par la mise en œuvre de modes « de traitement naturels plus ou moins exclusifs de récupération, mais susceptibles néanmoins de favoriser une transformation biologique de l'effluent ». Telle « la filtration par le sol » qui, au prix d'un décolmatage fréquent, permet « d'obtenir un rendement par unité de surface très supérieur à celui de l'épandage dans le cours de l'année et surtout de

---

(6) « Consistant soit en des cours d'eau, fussent-ils secondaires ou même intermittents, soit en de simples fils d'eau se formant d'une manière occasionnelle ou permanente au sein des vallées sèches que tracent des dénivellations topographiques ».

(7) Se reporter au Manuel de l'Assainissement Urbain (Taschenbuch du Dr IMHOFF, traduit, annoté et commenté par Pierre KOCH). Ed. Dunod, 1964 (5<sup>e</sup> édition en préparation).

suivre sans doute avec plus de souplesse les exigences de l'assainissement, du fait qu'elle n'aura pas à satisfaire conjointement celles de la culture (8) ».

\*\*

A l'occasion de chacune des formules précédentes, la Circulaire interministérielle insiste sur la nécessité d'apporter « la plus grande attention aux conditions selon lesquelles s'opérera le retour vers la mer des effluents épurés, voire des apports qui auraient échappé à l'épuration ».

Dans le cas particulier de l'épandage agricole, la Circulaire recommande de se « préoccuper tout particulièrement des conditions dans lesquelles se trouvera assurée l'évacuation des eaux issues du réseau de drainage après épuration par percolation à travers le sol ; le cas échéant, celle des eaux usées qui, en certaines occasions, n'auraient pas été convenablement ou totalement épurées ».

De même, au cas du stockage dans des réserves, la Circulaire stipule qu' « il y aura lieu... de se montrer vigilant à l'égard de l'effluent, notamment de l'excédent qui sera restitué au sortir de la réserve, et de s'assurer qu'il a bien subi ou parachevé en plein air ses transformations biologiques ».

Dans ses conclusions, la Circulaire juge bon de rappeler qu' « en tout état de cause on devra tenir compte des circonstances occasionnelles ou saisonnières qu'implique l'afflux des estivants, susceptibles d'accroître considérablement le volume de l'effluent à épurer, outre qu'ils pratiquent souvent de manière plus ou moins anarchique la pêche et la cueillette de coquillages en dehors des parcs conchylicoles eux-mêmes ».

En cas de stockage dans des réserves par exemple, le fait que les eaux sont susceptibles d'y parachever leur épuration, selon la technique connue des « étangs de stabilisation », présentera l'avantage de pallier « les défaillances partielles auxquelles peuvent prêter les variations de charge saisonnières dans les dispositifs classiques de traitement. De telles défaillances se révéleront ainsi infiniment moins graves, ce qui permettra d'éviter, le cas échéant, la nécessité de recourir à une stérilisation ».

D'une manière générale, « concurremment avec leur fonction biologique d'épuration complémentaire, de telles retenues sont appelées à jouer un rôle de « volant » qui étale dans le temps les apports dont l'irrégularité ou l'intermittence entraîne par elle-même des sujétions plus ou moins lourdes (9) ».

\*\*

La Circulaire interministérielle revient finalement sur l'assertion que « les voies ouvertes par le renvoi vers l'intérieur des terres de l'effluent s'ajoutent à celles dont les projeteurs et les collectivités sont à même de tirer parti pour résoudre les problèmes posés par l'assainissement littoral, toujours délicats et particulièrement préoccupants lorsqu'il s'agit de protéger contre les risques de pollution certaines zones critiques (parmi lesquelles figurent en tout premier lieu les parcs ostréicoles et les gisements coquilliers) ».

On doit en retenir essentiellement que ladite Circulaire s'insère dans le cadre d'ensemble des textes réglementaires qui visent l'assainissement des agglomérations d'une manière générale ou plus spécialement la lutte contre la pollution du littoral.

---

(8) La Circulaire ajoute : « Sur des sols de dunes ou présentant un pouvoir de filtration adéquat, une telle opération pourra présenter le caractère d'un limonage précédant une mise en valeur différée, fût-ce sous un mode forestier. »

(9) Lorsque l'on entend utiliser des étangs existants, il conviendra évidemment de les aménager de manière à écarter toute cause d'insalubrité de leur fait pour le voisinage et éventuellement de les exhausser pour accroître leur capacité. Dans le cas où l'on éprouverait des difficultés à trouver des pièces d'eau naturelles se prêtant aux aménagements voulus, « on aura la latitude de mettre à profit les inégalités du relief dans l'arrière-pays pour créer des retenues artificielles derrière des barrages de hauteur limitée, selon la technique connue sous le terme de « lacs collinaires », en choisissant les altitudes et les emplacements les plus adéquats ».

Dans la première catégorie se situent essentiellement les Instructions générales qui ont fait l'objet de la circulaire du Ministre de la Santé Publique et de la Population en date du 12 mai 1950 (10).

Sans doute le caractère du bord de mer et celui des fonds au large permettent parfois de transiger avec leurs exigences formelles, mais l'évolution de plus en plus rapide du littoral français et les préoccupations corrélatives à l'égard de la préservation du milieu marin militent en faveur de la prudence ; elles recommandent de ménager des réalisations par étapes dont les premières tiennent compte objectivement des possibilités matérielles du moment, mais dont les suivantes restent susceptibles de permettre une mobilisation progressive de moyens plus puissants, adaptés à des exigences accrues.

Il convient de mentionner par ailleurs que la loi du 16 décembre 1964, « relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution » (*J.O.* du 18 décembre 1964), vise explicitement, dans son titre premier, consacré à la lutte contre la pollution, la préservation des eaux de mer : d'une part, à l'article 6, concurremment avec celle des autres milieux naturels ; d'autre part, à l'article 2, qui plus spécialement « interdit le déversement ou l'immersion dans les eaux de mer de matières de toute nature... susceptibles de porter atteinte à la santé publique, ainsi qu'à la faune et à la flore sous-marines et de mettre en cause le développement économique et touristique des régions côtières... » (11), sauf possibilité pour le préfet, « après enquête publique, (d') autoriser et (de) réglementer » de tels actes lorsqu'ils sont susceptibles d'intervenir « dans des conditions telles qu'elles garantissent l'innocuité et l'absence de nuisance du déversement ou de l'immersion ».

En tout état de cause, l'équipement du littoral sous la variété des modes évoqués plus haut, « représente une œuvre de longue haleine dont l'effet ne pourra se faire sentir que progressivement, au fur et à mesure des étapes de réalisation, et qui devra être poursuivie en fonction du développement de l'agglomération ou des activités qui peuvent y être intéressées » (12).

---

(10) Actuellement en cours de révision.

(11) « En ce qui concerne les déversements existants, le préfet déterminera le délai dans lequel la présente interdiction leur est applicable. »

(12) Extrait de la Circulaire interministérielle.

# LES PLANS D'URBANISME ET LA PROTECTION CONTRE LES BRUITS EXTÉRIEURS EN MILIEU URBAIN

par **M. WATEL**, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Qu'est-ce qu'un bruit en milieu urbain ? Comment est-il ressenti par l'organisme humain et quelles en sont les conséquences ? Telles sont les questions préalables que soulève la définition de protections contre les bruits extérieurs.

La notion de bruit relève de la psychologie : ce qui est pour un individu une musique entraînante, est subi par un autre comme une insupportable cacophonie. Nous nous en tiendrons ici aux bruits extérieurs dominants, ceux de la circulation automobile et du trafic aérien, laissant de côté des bruits aux effets encore peu connus tels que ceux des transports ferrés ou ceux des terrains de jeux d'enfants, etc...

L'analyse des bruits extérieurs et de leurs effets a donné lieu à de nombreuses recherches, notamment en France, sous l'impulsion de la Délégation à la Recherche Scientifique et Technique, du District de la Région de Paris, et du Ministère de l'Équipement et du Logement.

Les résultats de ces recherches sont brièvement résumés ci-après pour décrire les indicateurs de la gêne liée aux phénomènes de bruit et la connaissance qui en résulte sur les exigences humaines. L'estimation de ces dernières permet ensuite d'aborder la gamme des actions en vue d'améliorer la qualité de l'environnement urbain en ce qui concerne les bruits extérieurs.

De la source émettrice à l'organisme humain récepteur le son est modifié par les facteurs suivants sur l'un ou l'autre desquels on peut se proposer d'agir :

**1. Bruit à la source :**

- réduction du niveau sonore à puissance donnée (globale ou par bande de fréquence),
- règles d'exploitation limitant la puissance (réduction de poussée après décollage ; limitation de vitesse).

**2. Implantation des infrastructures de transport et protections :**

- plan,
- profil en travers (voirie),
- écran lié à la voie.

**3. Implantation des immeubles à protéger :**

- reculement,
- immeuble-écran.

**4. Isolation des bâtiments.**

Cet article ne concerne que les modifications de l'environnement qui peuvent être obtenues par le jeu des plans d'urbanisme. Il se réfère donc aux modes de protection jouant sur les facteurs 2 et 3.

Les autres composantes des « bruits extérieurs » doivent bien entendu faire l'objet d'une grande attention. En ce qui concerne le bruit à la source 1, il faut noter que la période récente permet d'observer un plafonnement du bruit à la source malgré l'augmentation de puissance des véhicules. Pour compenser l'accroissement des trafics et l'extension des zones exposées qui en résulte, tout laisse prévoir qu'un abaissement des seuils actuellement admis sera prochainement exigé dans les pays urbanisés. Un autre article de ce numéro traite d'ailleurs des efforts en ce sens concernant le transport aérien.

L'isolation des bâtiments avec les conditions de ventilation intérieure qu'elle entraîne paraît d'un emploi très limité compte tenu des coûts de construction supplémentaires qui en résultent et de ses inconvénients en matière d'habitat. Elle demeure néanmoins dans certains cas une mesure indispensable et des études sont à poursuivre pour diminuer le rapport coût/efficacité. Un article lui sera consacré dans un prochain numéro spécial sur le logement.

L'ensemble des mesures de protection résulte d'un compromis entre les exigences humaines en matière de protection sonore et d'autres contraintes économiques ou sociales. Ceci est particulièrement net en ce qui concerne la conception des plans d'urbanisme et il est utile de rappeler en préliminaire quelques critères majeurs d'implantation des grandes infrastructures qui s'imposent aux urbanistes indépendamment du souci de protection contre le bruit.

## I. — CONDITIONS GÉNÉRALES D'IMPLANTATION DES GRANDES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Parmi les contraintes qui conduisent à éloigner les établissements humains des grandes infrastructures de transport se rangent d'une façon générale les soucis d'ordre technique correspondant à des motifs de sécurité, de prévision d'une évolution technologique, etc...

L'obstacle physique que ces infrastructures apportent par leurs dimensions à l'organisation de la continuité urbaine est un élément de composition qui conduit à éviter une trop grande densité d'utilisation du sol dans leur environnement immédiat.

D'autres préoccupations, au premier rang desquelles figure l'utilisation des facilités d'accès créées par ces infrastructures, font au contraire rechercher une utilisation du sol intense à proximité des grands équipements de transport.

Quelques exemples illustrent les considérations d'urbanisme qui orientent l'utilisation des sols aux abords des voies de circulation et des aéroports.

### **Voies rapides.**

Sans accès direct des riverains, la voie rapide est peu propice à une utilisation intense du sol, au long de son tracé. Obstacle aux franchissements pour lesquels les ouvrages sont onéreux donc peu nombreux, elle constitue un frein aux relations urbaines de part et d'autre de son emprise, notamment en ce qui concerne les piétons.

Pour des raisons économiques et humaines, il s'avère souvent opportun d'affirmer la coupure dans le parti d'aménagement. La voie peut même devenir un moyen à la disposition de l'urbaniste pour marquer une discontinuité justifiée par d'autres considérations.

Parallèlement au rôle de structure active que lui assigne sa capacité de transport, la voie rapide constitue en même temps une structure passive complétant les éléments géographiques naturels ou s'y substituant pour modeler les contours de la ville, délimiter des unités urbaines au sein desquelles une certaine unité de vie peut s'établir.

Même au voisinage des centres, le respect de telles discontinuités est un élément de composition essentiel comme le souligne Victor GRUEN. Confirmant la voirie dans son rôle d'élément technique au service des valeurs urbaines les plus nobles, l'anneau rapide entourant le centre est pour lui tout à la fois, avec les parkings qui lui sont associés, un drain et une frontière pour les automobiles (fig. 1).

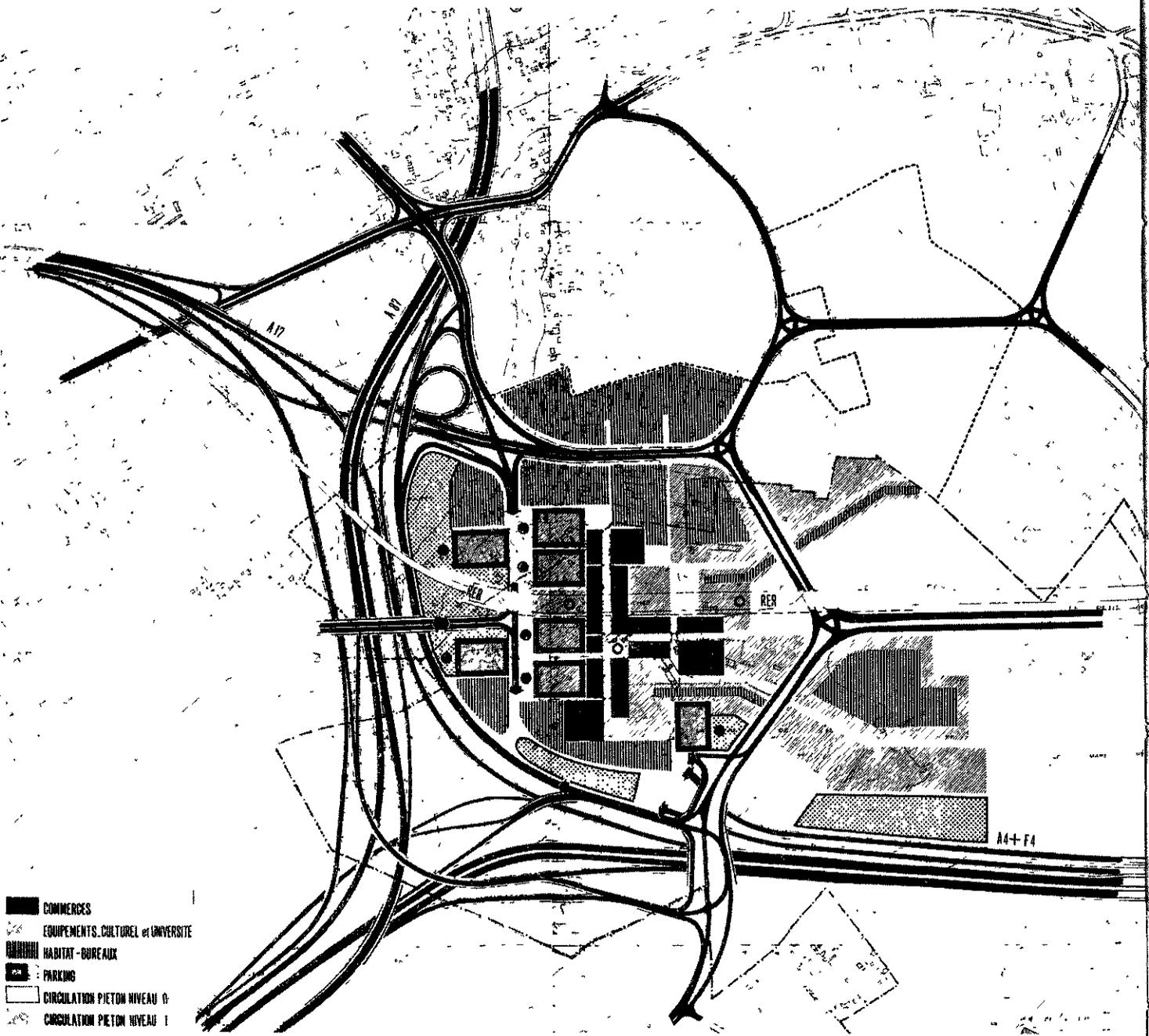


Fig. 1. — Centre de la ville nouvelle de la vallée de la Marne

« Un centre urbain engendre un trafic important et doit disposer d'infrastructures de transport importantes le reliant à l'ensemble de la région. Pour diminuer les nuisances, le RER est enterré dans la traversée du centre et les voies routières viennent « éclater » dans des parcs de stationnement. »

Cliché IAURP, Bruchet

Dans cet esprit, le respect de marges d'isolement relativement importantes entre la voie et les constructions ne présente pas d'inconvénient. Bien au contraire, ce principe permet, en créant de larges couloirs continus, d'offrir des possibilités de passage pour de nombreuses infrastructures de service dont il n'est pas souhaitable d'encombrer l'environnement urbain.

### **Aménagement des abords des voies rapides.**

Dans toute organisation spatiale, la construction d'un réseau de voies rapides amène un bouleversement du paysage urbain et marque d'une façon définitive les sites traversés tandis qu'une vision nouvelle de la ville apparaît à l'utilisateur de la voie.

L'autoroute est restée jusqu'à présent un élément étranger au paysage naturel et au paysage construit. L'étude de nouveaux tracés devrait être menée en liaison avec les projets d'aménagement pour résoudre les problèmes visuels et les problèmes d'urbanisme.

Il est souhaitable de donner à l'utilisateur une autoroute techniquement et esthétiquement satisfaisante lui permettant de plus de percevoir l'organisation volontaire de l'espace urbain autour des éléments marquants de la ville. Pour l'habitant concerné par le passage de la voie rapide, celle-ci ne doit créer aucune gêne tant acoustique qu'urbanistique. Plusieurs études intégrées ont déjà été menées dans la région parisienne.

### **Voies de distribution**

Au contraire des voies rapides, les voies de distribution jouent un rôle essentiel pour le tissu urbain qu'elles traversent. Elles ont vocation à être jalonnées de constructions, notamment par celles qui correspondent à une activité commerciale.

La définition de règles d'implantation des constructions aux abords de ces voies doit tenir compte de cet impératif.

### **Aéroports.**

Des servitudes de dégagement s'imposent pour des raisons de sécurité aux abords des aérodromes. Toutefois elles n'apportent en général à la construction que des restrictions qui restent bien en deçà de celles qu'impose la protection contre les bruits.

Les aéroports internationaux ont en revanche un pouvoir d'attraction considérable pour de nombreuses activités. Aux emplois créés pour les besoins du transport aérien s'ajoutent ceux d'entreprises qui souhaitent bénéficier de facilités de communication pour leurs cadres ou leur clientèle. Certains produits justiciables en tout ou partie du transport aérien seront de préférence conditionnés ou fabriqués à proximité d'un aéroport à grand trafic.

Il faut donc trouver une juste mesure entre ces deux tendances opposées. Parallèlement aux études sur les exigences humaines en matière de bruit, les besoins d'implantations industrielles à proximité des aéroports doivent être examinés en détail.

La tendance à la polarisation d'activités autour des aéroports a pour corollaire une forte demande de logements dans le même secteur. La protection contre les bruits imposant d'écarter les logements des aéroports jusqu'à des distances qui peuvent être très importantes, il faudra donc mesurer les créations d'activités en fonction des localisations possibles pour les logements.

Compte tenu de ce conflit, seules devraient être implantées à proximité immédiate de l'aéroport les entreprises dont la présence est indispensable. Les autres activités qui souhaitent la proximité du transport aérien doivent être de préférence localisées à quelques kilomètres de l'aéroport : il paraît préférable d'admettre un accroissement des distances de transport des marchandises plutôt qu'une augmentation des migrations alternantes sur des axes de transport qui doivent par ailleurs desservir l'aéroport.

## II. — NATURE ET PROPAGATION DES BRUITS

Les bruits constatés appartiennent pratiquement à trois catégories :

- les bruits d'une circulation routière continue, du type autoroute,
- les bruits d'une circulation discontinue, du type voie urbaine à feux,
- les bruits d'avion, caractérisés par un niveau élevé, mais de courte durée, et une plus ou moins grande répétition.

### Circulation continue.

Les caractéristiques du bruit d'une circulation sur autoroute ont été étudiées en détail par le C.S.T.B. (1).

Il résulte de la distribution des véhicules lorsque la circulation est fluide, une distribution normale des niveaux de bruit d'écart quadratique constant et égal à 4,7 dB. Le bruit est donc complètement défini par la connaissance du niveau moyen, mesuré en dBA.

Le bruit moyen croît avec le trafic, mais est pratiquement indépendant de la vitesse à partir de 80 km/h (fig. 2). Il ne dépend pas de la nature du revêtement, ni de la proportion de poids lourds si celle-ci est inférieure à 15 %.

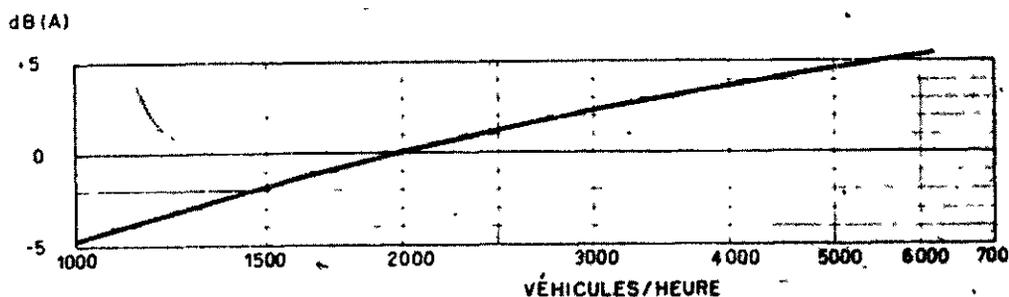


Fig. 2. — Courbe de correction du niveau moyen en fonction du trafic (Doc. CSTB)

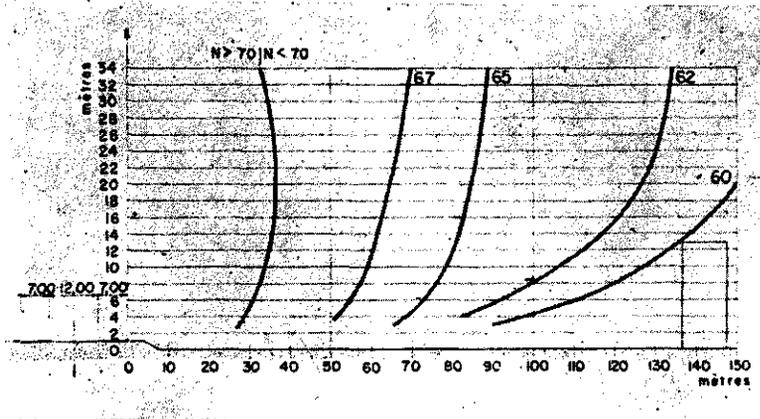
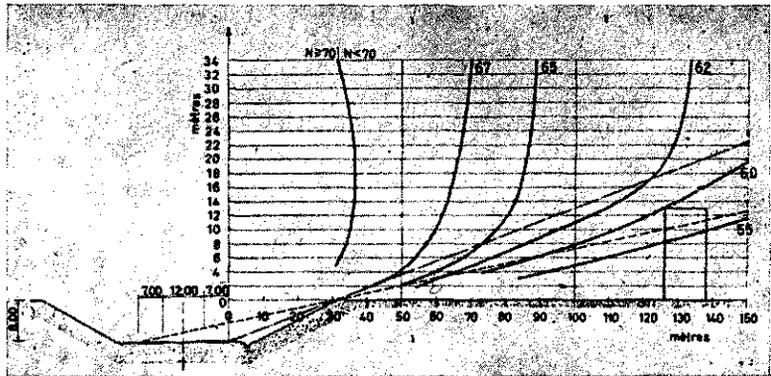
### Circulation discontinue.

On peut imaginer de très nombreux paramètres pour caractériser une circulation discontinue dont le bruit n'obéit à aucune loi statistique simple. L'indicateur utile ne pourra être défini qu'à partir de résultats d'enquête sur la gêne. Une étude est entreprise à cet effet par le C.S.T.B., orientée vers la vérification de l'index proposé par M. LANGDON qui fait intervenir l'écart entre le bruit de pointe et le bruit de fond (2).

(1) Lamure et Auzou - « Les Niveaux de Bruit au voisinage des Autoroutes Dégagées », n° 71 - Cahier 599, décembre 1964, et « Le Bruit aux abords des autoroutes », n° 78 - Cahier 669, février 1966.

(2) LANGDON F.J. et SCHOLDS W.E. - « The Traffic Noise Index » Architects Journal - April 17, 1968.

a) pour une autoroute au niveau du sol



b) pour une autoroute faiblement enterrée et bordée par un talus

c) pour une autoroute en tranchée

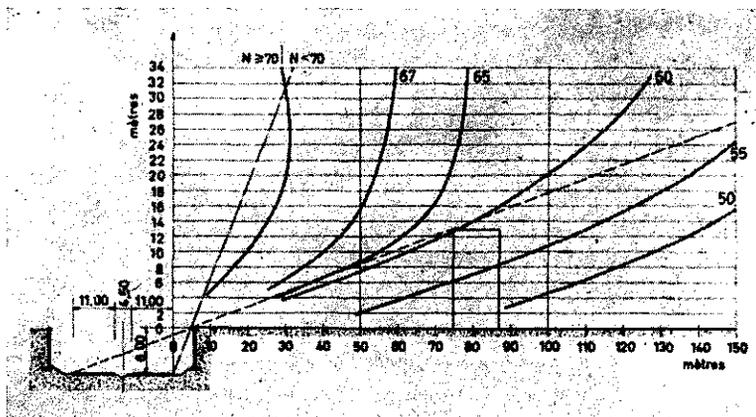


Fig. 3. — Courbes isophones illustrant la propagation du bruit (Doc. CSTB)

### Bruits d'avions.

Les bruits d'avion sont mesurés en PNdB, unité qui tient mieux compte que le dBA de la sensibilité de l'oreille aux fréquences élevées. L'écart entre le PNdB et le dBA pour les spectres de bruit d'avion usuels est d'environ 13 dB.

Les valeurs indiquées ci-après correspondent au maximum absolu du niveau de bruit au cours du passage de l'avion.

## Propagation des bruits de la circulation.

Le niveau de bruit enregistré aux abords d'une source ponctuelle diminue de 6 dB chaque fois que la distance double. C'est le cas pour un observateur à faible distance d'une voie.

Pour une file de sources sonores l'affaiblissement n'est plus que de 3 dB pour un doublement de distance : cette loi s'observe dès que la distance à la voie est de l'ordre de la distance entre véhicules.

Le sol freine les ondes sonores causant une atténuation plus rapide à ce niveau.

Un écran étanche aux bruits assure un abaissement du niveau sonore d'environ 10 dB. Mais une plantation ne constitue en aucune façon un écran sensible (fig. 3).

### III. — EXIGENCES HUMAINES EN MATIÈRE DE BRUITS

Deux méthodes peuvent être utilisées pour déterminer les exigences humaines à respecter en matière de bruit extérieur. La première, que l'on pourrait qualifier d'absolue ou dogmatique, est celle de la recherche des niveaux traumatisants ou de ceux qui engendrent des réflexes plus ou moins préjudiciables à l'organisme.

La seconde est une approche de la valeur attachée au confort acoustique relativement aux autres éléments qui concourent au confort du logement. Elle permet une estimation empirique de la notion de gêne et de la situer vis-à-vis des autres valeurs sociales ou économiques qui conditionnent l'appréciation de l'habitat. C'est pourquoi cette démarche a pu être qualifiée de pragmatique.

Ces deux démarches se complètent, car la première permet de définir les niveaux qui entraînent un traumatisme indiscutable et qu'il est de ce fait absolument indispensable de ne pas dépasser. Au-dessous de ces seuils, elle ne peut en revanche qu'enregistrer des réactions psychophysiologiques qui sont à l'image de répercussions encore mal connues et à partir desquelles il est encore difficile de porter un jugement de valeur sur le niveau sonore maximum admissible. En France, les principales expériences dans ce domaine se poursuivent au Centre d'Etudes Bioclimatiques de Strasbourg.

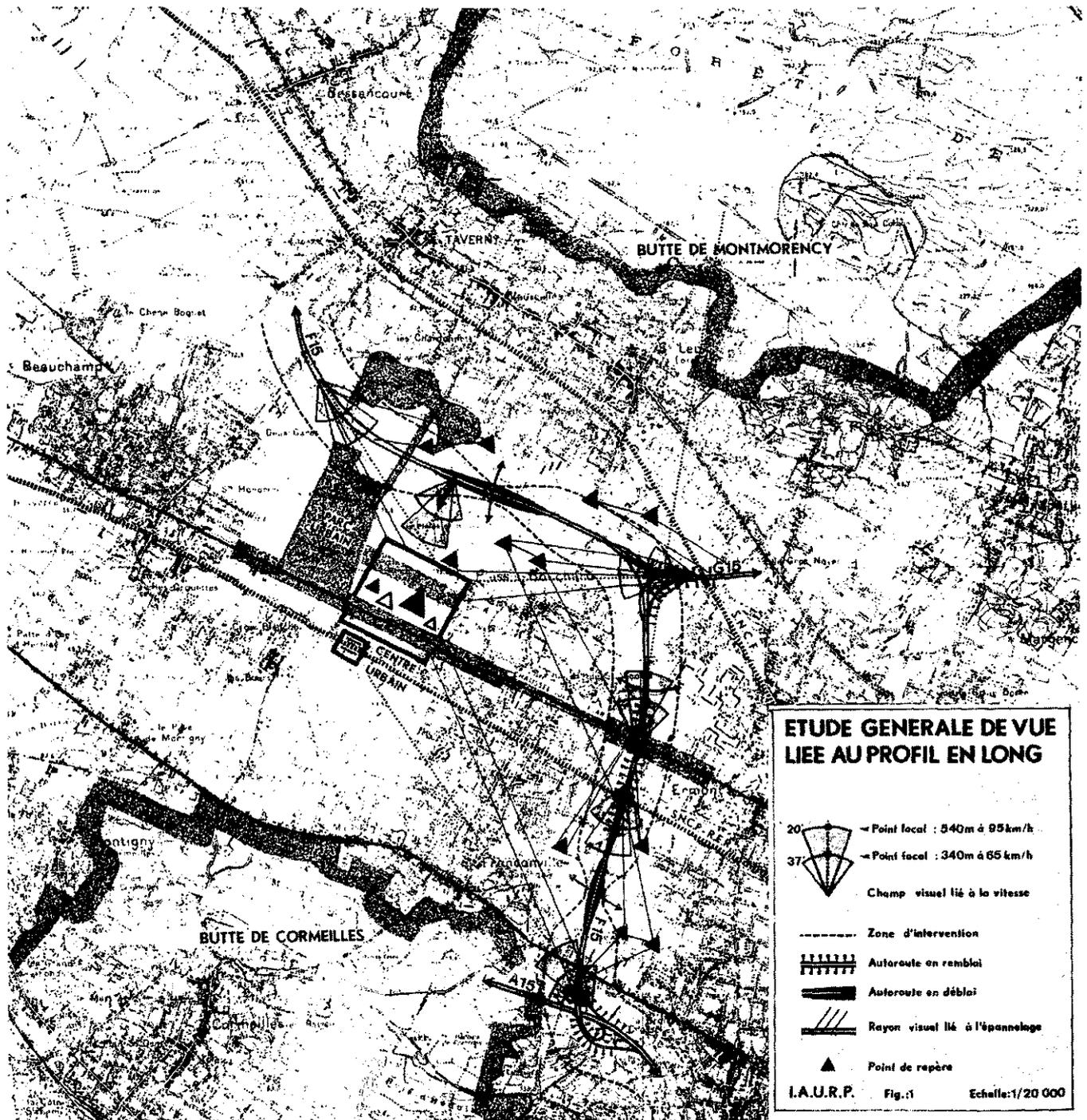
La seconde méthode, celle qui consiste à apprécier par des enquêtes la réaction des individus concernés par le bruit en remplaçant celle-ci dans le contexte de leur vie courante, permet d'apprécier la gêne, non plus à partir de critères physiologiques, mais en valeur relative, par exemple par rapport aux autres inconvénients du logement, ainsi que par rapport à la moyenne des individus puisqu'il est bien certain que selon les tempéraments la réaction aux bruits comme à toutes les excitations sensorielles diffère considérablement.

La plupart de ces enquêtes ont été effectuées en France par le C.S.T.B. Elles rejoignent les résultats de nombreuses enquêtes étrangères (Grande-Bretagne, Suède).

L'estimation des exigences humaines est fondée sur le résultat de ces deux catégories d'analyses. Ces exigences ne constituent pas une « norme », concept beaucoup trop statique pour tenir compte de l'état des connaissances et de l'évolution des valeurs humaines. Il s'agit d'une étape raisonnable permettant de fonder les décisions d'aujourd'hui.

Il faudra, à l'avenir, compléter ces approches partielles par une prise en compte globale de l'ensemble des effets du système de transports en évaluant en regard des services rendus, les diverses catégories de pollution et de consommation de ressources naturelles qui en résultent. Face à l'accroissement explosif des consommations et des pollutions qu'expli-

quent la démographie, l'élévation du niveau de vie et la technologie, il sera de plus en plus nécessaire de tenir compte de la limitation des ressources naturelles, dont l'exploitation ne peut être infinie. Une étape intermédiaire de cette balance globale pourrait consister en une taxation des usagers, modulée selon le degré de pollution, comme en matière d'eau. Le produit de cette taxe serait affecté à la lutte contre le bruit.



*Selon la répartition et l'aménagement des remblais et des déblais d'une voie rapide, selon la vitesse de parcours, l'usager appréhende et perçoit clairement l'organisation spatiale du milieu urbain traversé. (Etude de l'autoroute F 15).*

Cliché IAURP, Bruchet

### III-1. Bruits de la circulation automobile.

Les bruits de la circulation et les mesures de protection se classent selon la fonction des voies urbaines :

- les voies rapides sont caractérisées par un courant de trafic continu qui s'accompagne d'un bruit dont la structure est bien caractérisée (cf ci-dessus), et par une organisation très concentrée des échanges entre la voie et le tissu urbain ;
- les voies de distribution sont à l'origine de bruits non négligeables mais dont les paramètres sont très nombreux, et du point de vue fonctionnel doivent assurer des relations fréquentes, voire continues, entre la voie et les quartiers traversés ;
- les voies de desserte ont en principe un trafic modéré, lent, et négligeable la nuit, ne nécessitant pas de protection particulière.

Pour les voies de distribution la complexité des bruits et les interférences entre mesures de protection et considérations d'urbanisme n'ont pas encore permis d'aboutir à une conclusion, et une campagne d'enquête est engagée à ce sujet.

Les résultats concernant les voies rapides sont résumés ci-après. Ils résultent d'une enquête effectuée par le C.S.T.B. (3) auprès des riverains de plusieurs autoroutes de la région parisienne et il faut souligner qu'ils concernent de ce fait une population déjà accoutumée à une ambiance sonore de niveau élevé.

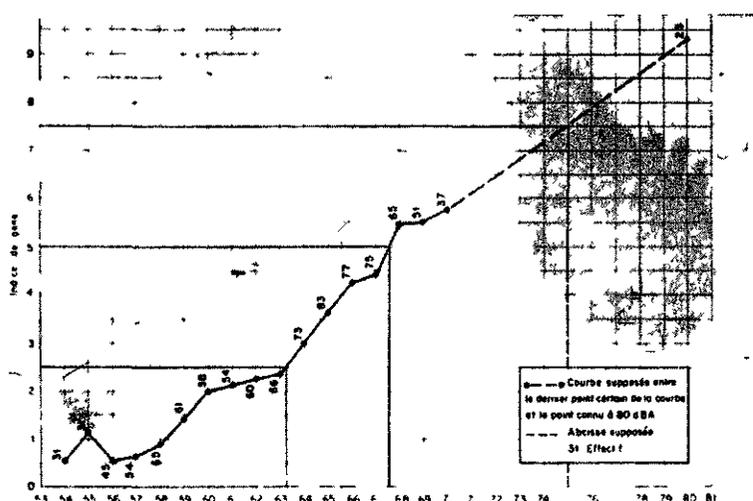
L'enquête apporte une appréciation très globale, mais qui par la variété des conditions de bruit étudiées permet d'apprécier la progressivité du phénomène de gêne.

Un seul paramètre a été pris en considération pour la définition du bruit : le niveau moyen à une heure déterminée de la journée (entre 11 h. et 12 h.). La bonne corrélation entre les variations de ce paramètre et celles des différentes manifestations de la gêne s'explique par la constance de la distribution des niveaux autour du bruit moyen et de la répartition du trafic au cours de la journée.

Le questionnaire d'enquête a été bâti de façon à éviter au maximum les réactions subjectives. Sur un total d'une trentaine, les questions discriminantes se sont avérées au nombre de 14 et ont permis d'élaborer un indice de gêne marquant une corrélation élevée avec le niveau de bruit moyen.

La courbe figurant la variation de l'indice de gêne en fonction du niveau de bruit moyen montre un accroissement net de la sensibilité à partir de 63 dBA (fig. 4). Ce niveau

Fig. 4 — Variation de l'indice de gêne en bordure d'une autoroute en fonction du niveau moyen Moyenne mobile sur 3 dBA (Doc. CSTB)



(3) Cf « La gêne due au bruit de la circulation automobile » - Cahier C.S.T.B, n° 88-762 d'octobre 1967.

est proposé comme maximum absolu du niveau tolérable, étant observé qu'il correspond à la note de gêne 2,5 sur 5 et qu'à ce niveau 30 % des riverains sont sérieusement gênés (perturbation des conversations, du sommeil, etc...).

Chaque fois que possible un niveau inférieur, de l'ordre de 58 dBA, devra être recherché. Il correspond au niveau à partir duquel les réactions de gêne présentent une croissance nettement liée à celle du bruit.

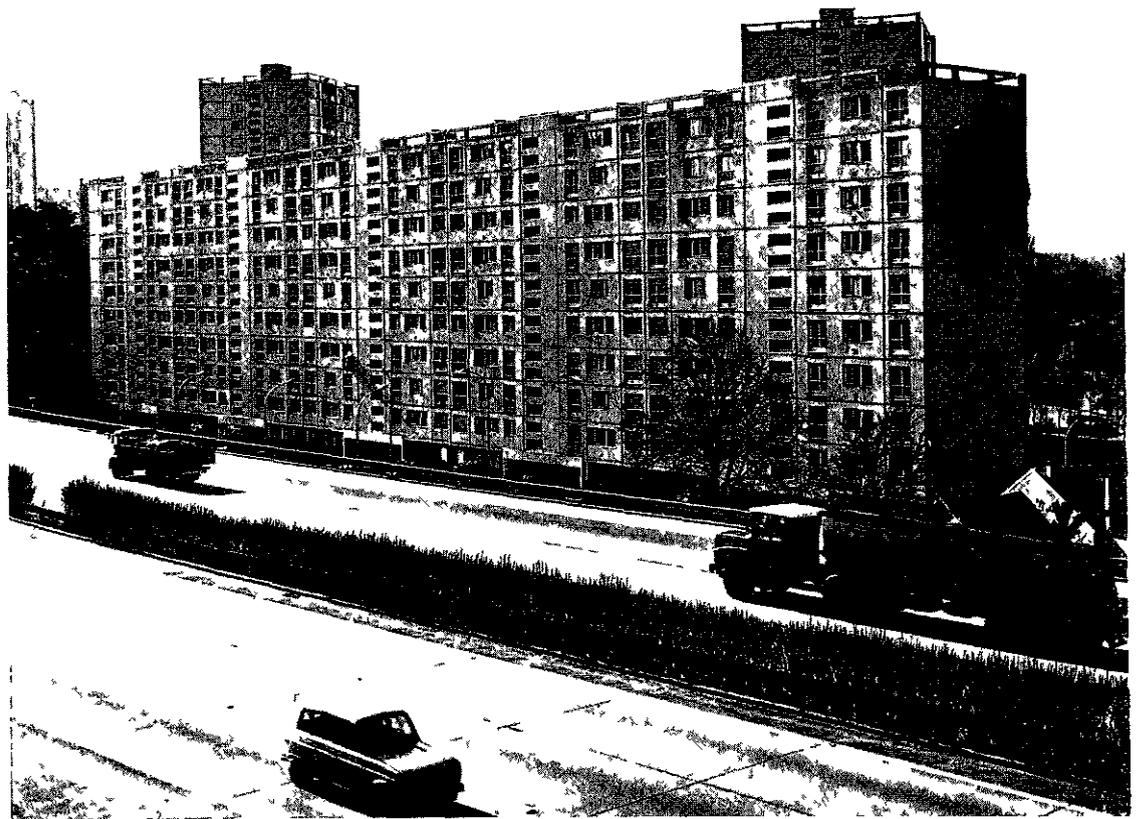
### III-2. Bruits d'avion.

Aux abords des aéroports, la gêne en un point dépend du niveau maximum atteint à chaque passage et de leur répétition.

L'étude de l'effet de ces bruits et des précautions à prendre pour s'en protéger a été engagée en France par la Commission du Bruit du Ministère de la Santé, puis poursuivie dans le cadre de contrats de recherche de la Délégation à la Recherche Scientifique et Technique par le C.E.B. de Strasbourg et le C.S.T.B.

L'effet de la durée expérimenté sur des bruits continus a montré qu'à un doublement du temps d'exposition correspond un abaissement de 3 dB du maximum admissible sans désordre physiologique grave.

L'extrapolation de ce résultat aux bruits d'avion se justifie difficilement par des considérations théoriques puisqu'il s'agit de bruits transitoires de courte durée (inférieure à 30 secondes), dont l'intensité varie très rapidement.



*La réglementation envisagée devrait permettre d'éviter le renouvellement d'implantations de ce type*

Des enquêtes analogues à celles faites pour les autoroutes ont cependant justifié empiriquement la transposition des résultats obtenus pour des bruits continus : pour tenir compte du nombre de passage on ajoute au bruit instantané un terme correctif égal à dix fois le logarithme du nombre de passage.

On construit ainsi à partir du bruit réel, et en tenant compte de facteurs secondaires, tels que la fréquence d'utilisation de la piste, un indice dit « isopsophonique » dont l'enquête a permis de constater la bonne corrélation avec la gêne exprimée par les riverains (0,93).

Par rapport à cet indice, on classe l'environnement d'un aéroport en trois zones sensibles :

- une zone A définie par les valeurs les plus élevées de l'indice, au-dessus d'un seuil qui s'identifie sensiblement au maximum physiquement supportable sans désordres importants pour le système auditif. Dans cette zone la gêne est ressentie par tous les habitants et pour la plus grande partie de leurs activités ;
- une zone B où l'indice est compris entre la limite inférieure de la zone A et un seuil correspondant à une brusque augmentation des réactions de gêne observées au cours de l'enquête. Cette discontinuité dans les variations de la gêne en fonction de l'indice s'explique par la gêne des conversations et de l'écoute radio-T. V. Dans cette zone le bruit est la cause majeure d'inconfort devant les autres inconvénients du logement ou du quartier ;
- une zone C qui constitue une transition entre la zone B et les secteurs où les bruits d'avion n'ont qu'un effet négligeable. Dans cette zone une proportion encore relativement importante de la population se déclare gênée sur des points particuliers : 40 % pour l'écoute radio-T. V. ; 20 à 30 % le sont pour s'endormir ou sont éveillés (pour un trafic interrompu la nuit de 22 h. à 6 h.).

Les résultats précédents ne concernent que le trafic de jour, car dans la plupart des aéroports faisant l'objet de l'enquête il n'y avait pas de trafic de nuit. Les effets de ce dernier sont d'ailleurs beaucoup plus difficiles à estimer, et le laboratoire du C.E.B. à Strasbourg poursuit des expériences sur le comportement des dormeurs. Celles-ci font apparaître l'existence d'un seuil de l'ordre de 95 PNdB et un accroissement rapide de la gêne avec le nombre de passages. Ces expériences n'ont pas encore permis de vérifier l'adaptation d'un indice analogue à l'indice isopsophonique pour représenter l'effet du trafic de nuit.

#### **IV. — MESURES DE PROTECTION CONTRE LES BRUITS DES VOIES RAPIDES.**

##### **Règles générales d'implantation des bâtiments.**

Le niveau de bruit extérieur dépend du trafic et des conditions locales de propagation du bruit. D'autre part le niveau toléré est fonction du bruit de fond et des avantages que présente par ailleurs le quartier où l'immeuble est implanté (dessertes, équipements, etc...).

En conséquence des règles générales d'implantation sont nécessairement simplificatrices. Elles devront, dès qu'il s'agira d'un projet important, être complétées par une étude tenant compte des conditions locales.

Trois types de règles sont envisagés, correspondant aux principales catégories de secteurs traversés :

- Voies rapides en dehors des agglomérations ou en bordure de certaines zones d'extension ;
- Voies rapides traversant l'agglomération, en dehors des centres ;
- Voies de pénétration ou tangentielles des centres urbains.

Dans les deux premiers cas, il est admis que la voie rapide sépare deux secteurs urbains ou ruraux, ou deux quartiers d'une agglomération. La protection des immeubles à

usage d'habitation sera donc essentiellement basée sur l'éloignement des constructions, et prévoit :

- une servitude non aedificandi s'appliquant à tous types de construction ; cette servitude serait de 100 mètres dans le premier cas et de 50 mètres dans le second, comptés à partir du bord extérieur de la plateforme ;
- une marge de reculement supplémentaire pour les constructions à usage d'habitation, ainsi que pour les bureaux et les bâtiments publics où le niveau sonore doit être limité (enseignement - santé) ; cette marge de reculement serait également de 100 mètres dans le premier cas et de 50 mètres dans le second ;
- des limitations de hauteur en fonction de la distance afin de tenir compte de l'atténuation due à l'effet de sol pour les premiers niveaux ;
- des possibilités de modification de la marge de reculement en fonction des conditions locales de propagation du bruit, en particulier pour les maisons individuelles dont il est plus facile d'assurer la protection.

Pour la troisième catégorie de secteurs traversés, au voisinage des centres urbains, on peut être amené à réduire l'effet de coupure et à utiliser au maximum un sol bien situé et de valeur élevée, et d'autres méthodes seront utilisées pour protéger les constructions à usage d'habitation. Ces méthodes sont basées, soit sur la réduction du niveau de bruit extérieur en interposant un écran entre la source et l'immeuble, soit sur une isolation phonique du bâtiment. Dans ce dernier cas, le niveau de bruit intérieur admissible pour les immeubles à usage d'habitation serait fixé à 40 dBA (bruit moyen).

Ces chiffres correspondent à des objectifs de confort modulés selon la nature du tissu urbain traversé. Les valeurs du bruit moyen toléré, auquel correspond le projet de règle ci-dessus, sont les suivantes :

- hors agglomération (ou en limite) .. Niveau extérieur compris entre 55 dBA et 60 dBA.
- dans agglomérations ..... Niveau extérieur compris entre 60 dBA et 65 dBA.

### **Autres moyens de protection.**

Parallèlement aux règles générales d'implantation qui constituent un moyen sommaire, mais particulièrement efficace pour assurer la protection des habitations, une série de moyens plus limités peuvent — outre l'isolation des bâtiments — être employés pour résoudre des cas particuliers.

### **Ecran bas.**

Constitué en général par le profil en travers de la voie elle-même, en déblai ou en tranchée, cet écran peut aussi être artificiel. Des projets en cours de réalisation prévoient par exemple la réalisation d'un remblai supplémentaire.

De tels écrans ne sont pas efficaces pour la protection d'immeubles de grande hauteur. Ils permettent en revanche de rapprocher sensiblement de la voie les maisons individuelles et les immeubles collectifs de 2 ou 3 étages (exemple : avec une tranchée de 4 m., des maisons individuelles peuvent être édifiées à 50 m. de la voie, et des immeubles R + 3 à 75 m.).

### **Adaptation du plan masse.**

L'enquête a montré que les habitants des immeubles parallèles à la voie semblaient, à niveau de bruit égal, moins gênés que ceux qui habitent des constructions présentant une autre orientation par rapport à l'autoroute. L'écart équivaut à un gain de 2 à 3 dB pour les immeubles parallèles à la voie.

Il est probable que ceci tient au fait que dans ces immeubles une partie du logement s'ouvre du côté opposé à l'autoroute, où l'effet d'écran du bâtiment lui-même peut abaisser le niveau de bruit de 10 dBA environ. Une telle disposition est donc à recommander tout en prenant la précaution de prévoir le maximum de pièces de séjour et de nuit sur la face la moins exposée.

D'autre part, les plans masses doivent être conçus pour éviter la réflexion des sons entre façades d'immeubles.

### Ecrans élevés.

Des bâtiments inertes (parking, entrepôt, etc...) ou protégés (bureaux insonorisés et conditionnés, etc...), édifiés à proximité de la voie, peuvent être très efficaces pour résoudre les problèmes posés par le passage d'une voie rapide dans une zone de forte densité.

C'est ainsi que dans un projet de rénovation qui devait nécessairement comporter des tours d'une dizaine d'étages, la construction des parkings de l'opération en bordure de la voie rapide a permis d'approcher les tours jusqu'à 40 m. de la voie (fig. 5 et 6).

### Couverture des voies.

Cette solution doit rester exceptionnelle, tant son coût et les sujétions d'éclairage et de ventilation la rendent d'une application difficile. Dans certains cas la couverture s'avère toutefois le seul moyen pratiquement utilisable.

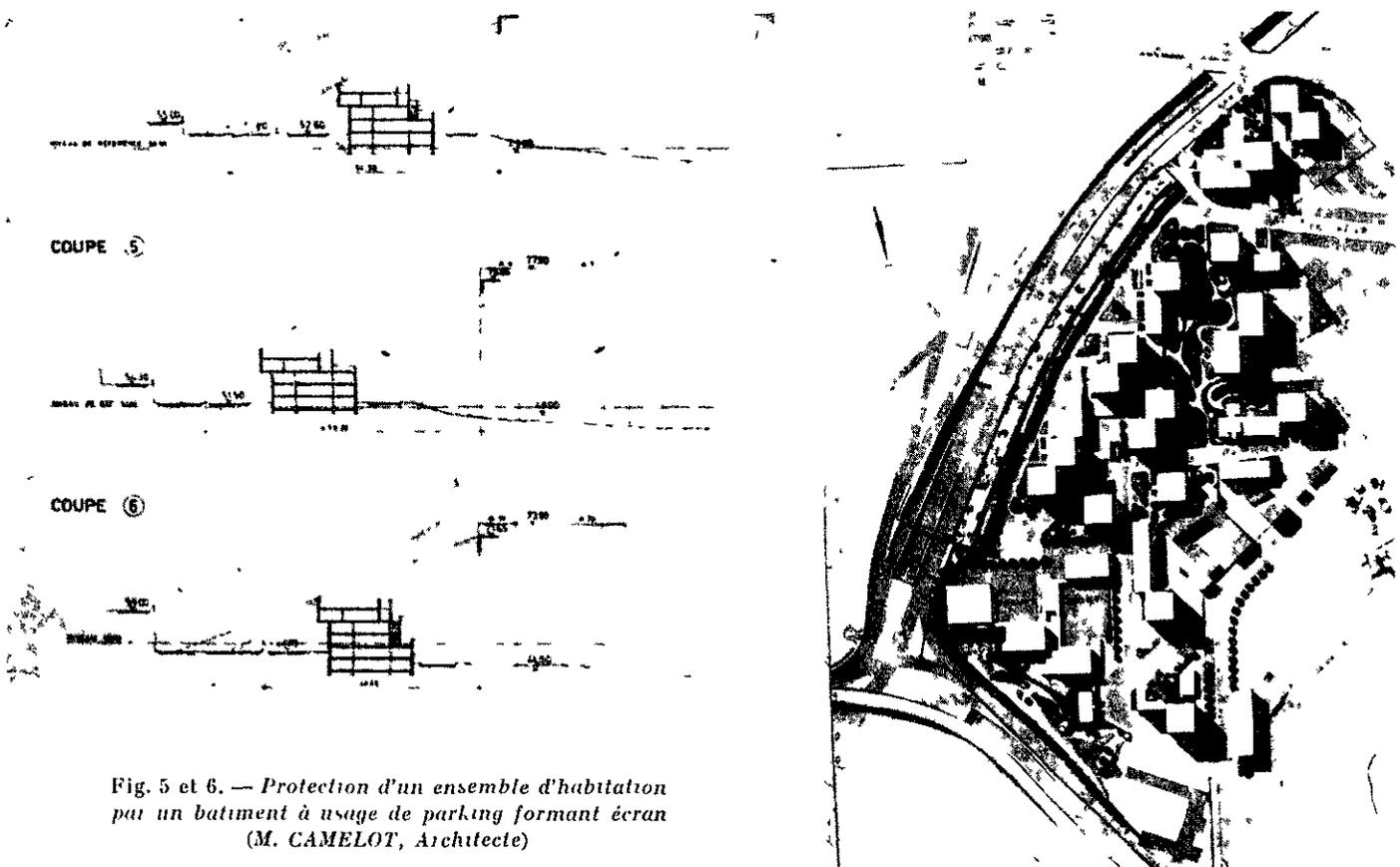


Fig. 5 et 6. — Protection d'un ensemble d'habitation par un bâtiment à usage de parking formant écran (M. CAMELOT, Architecte)

## V. — MESURES DE PROTECTION CONTRE LES BRUITS AUX ABORDS DES AÉROPORTS

La protection des immeubles d'habitation est modulée selon la valeur de l'indice isopphonique :

Dans la zone A, le bruit doit être considéré comme intolérable pour une présence humaine de longue durée. Aucune construction nouvelle non spécialement protégée ne peut y être édifiée. De plus les conditions à l'extérieur des habitations sont telles que même la construction d'immeubles dotés d'une isolation phonique doit être proscrite. Pratiquement la construction d'habitations sera interdite dans la zone A.

Dans la zone B, le bruit, sans être intolérable, est considéré comme très gênant. Il est indispensable de n'admettre que des bâtiments dont l'isolation phonique est renforcée pour que les conditions de vie, fenêtres fermées, y soient au moins comparables à celles correspondant à un bâtiment ordinaire situé dans la zone C. Cette condition permet de définir l'isolement à réaliser qui doit correspondre à un abaissement de 33 dB du bruit mesuré en façade.

Le corollaire de cette isolation est la nécessité de doter les bâtiments d'un dispositif de ventilation intérieure mécanique assurant le confort thermique en été et le renouvellement d'air en toute saison. Les sujétions de construction qui en résultent sont assez lourdes, et il serait illogique de prévoir dans ces conditions des extensions urbaines importantes.

En conséquence, les plans d'urbanisme restreindront dans la zone B les possibilités de construction à l'aménagement des quartiers existants, et le droit d'occupation du sol y sera faible.

Dans la zone C, le bruit demeure gênant. En conséquence, l'implantation d'ensembles urbains nouveaux y sera évitée. Le droit d'occupation du sol y sera réduit, toutes choses égales par ailleurs. L'isolation phonique des immeubles ne paraît pas devoir être imposée dans cette zone. Toutefois elle sera recommandée aux constructeurs.

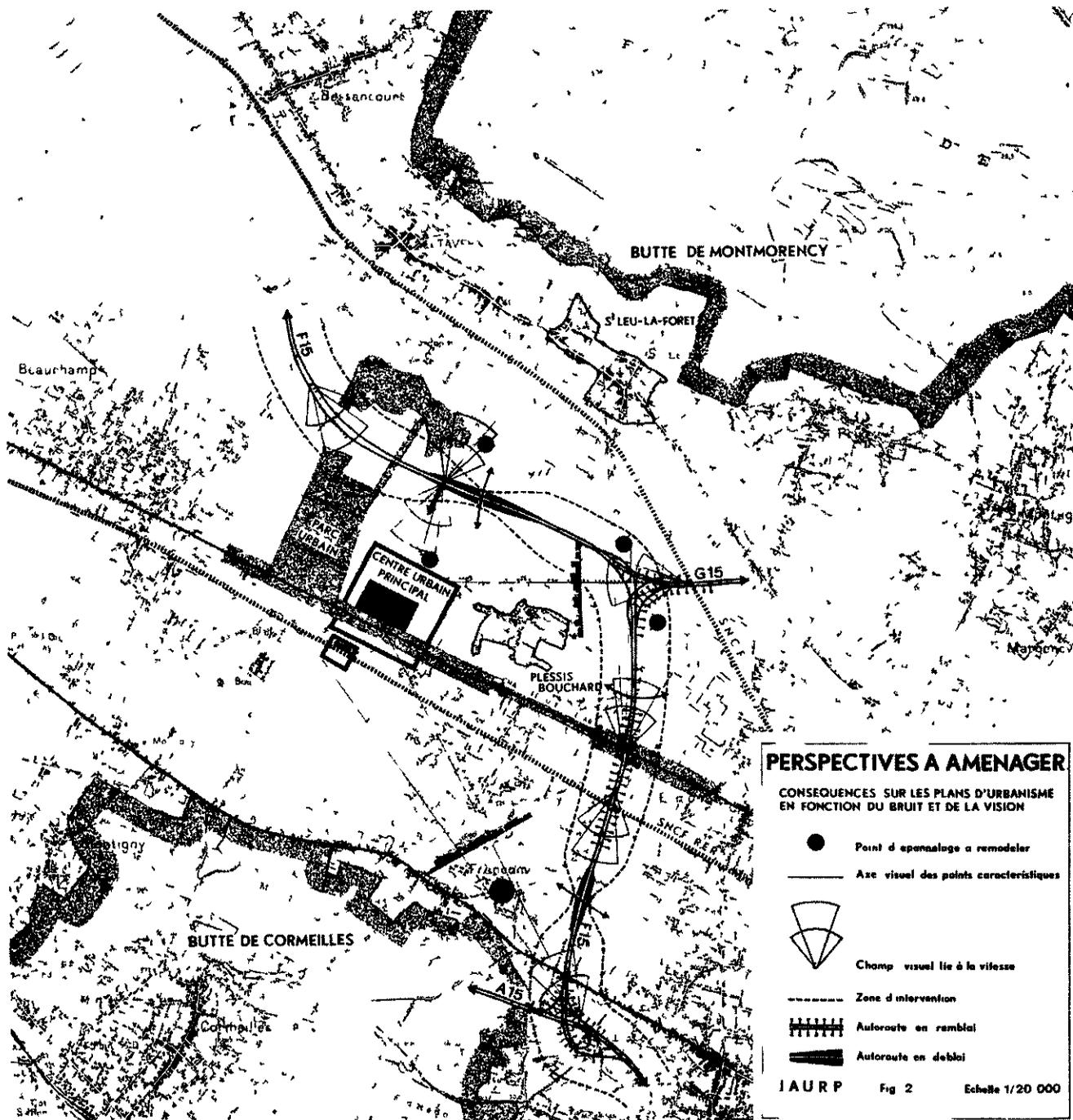
La gêne due au trafic de nuit paraît actuellement impossible à évaluer. En attendant le résultat des recherches qui se poursuivent dans ce domaine, il a été décidé de limiter le trafic de nuit de façon à ce qu'il ne soit pas plus gênant que le trafic de jour. Ceci fait peser une grave incertitude sur le mode d'exploitation futur des aéroports.

## VI. — CONSÉQUENCES URBANISTIQUES DES RÈGLES DE PROTECTION

La protection contre les bruits extérieurs repose pour l'essentiel sur la création de zones spéciales où la construction est, soit interdite, soit strictement réglementée.

La création de ces zones ne soulève pas de difficulté majeure lorsque les terrains où cette réglementation est édictée sont à usage agricole. Il n'en va pas de même à l'intérieur des agglomérations, où un zonage restrictif a des conséquences économiques.

Il est cependant impossible d'évaluer les conséquences de ces décisions en fonction de la seule valeur des terrains concernés par les zones de protection. Un des objets du plan d'urbanisme est une harmonieuse disposition des zones d'occupation dense et des espaces libres. Il est à cet égard probable, quoique non démontré, qu'un mode d'utilisation discontinu des terrains est préférable à un développement continu de l'urbanisation sur une très grande étendue. A condition d'assurer parallèlement un desserrement des emplois, le maintien de discontinuité paraît bien être dans les grandes métropoles le seul moyen de contenir la demande de transport au niveau de ce qu'il est physiquement possible de satisfaire.



*Compte tenu des impératifs visuels et des nuisances entraînées par le passage d'une voie rapide, l'étude du profil en long et celle de l'organisation de la ville peuvent être menées de front. L'aménagement de vues et des perspectives est alors prévu pour satisfaire à la fois l'automobiliste et le riverain de la voie rapide.*

Cléche IAURP, Bruchet

En dehors des centres urbains, les coulées de verdure accompagnant les voies rapides, les zones de dégagement aux abords des aéroports compartimentent l'agglomération en unités de dimensions suffisantes pour que puisse s'y organiser une vie urbaine propre. La pression pour l'utilisation maximum du sol que l'on constate à la périphérie des vieilles villes européennes devrait tendre à diminuer avec la mise en place d'un réseau de transport qui rapprochera entre elles, et avec le centre, les unités urbaines périphériques. Dans cette perspective les zones libres continues sauvegardées au long des infrastructures de transport paraissent comporter des avantages à long terme qui compensent largement leurs inconvénients à court terme.

Ce n'est que dans la zone centrale de l'agglomération que la compétition des différentes fonctions rend essentielle l'utilisation maximale du sol. Dans ce cas une affectation judicieuse des terrains placés en bordure des voies rapides permet encore de minimiser les inconvénients du bruit : des bâtiments à usage de parking, de services, d'entrepôts et commerce, de bureaux insonorisés permettent d'éviter l'implantation d'habitations dans la zone de nuisance maximum.

D'autre part si les surfaces concernées par les zones de protection paraissent élevées dans une agglomération de la taille de la région parisienne, ces surfaces restent modestes en valeur relative.

C'est ainsi que pour une maille de voirie rapide de 5 km de côté, la surface des zones non aedificandi est de 4 % et celle de la zone de servitudes spéciales de 8 %.

Pour un grand aéroport, les surfaces occupées par les zones de bruit intense sont de l'ordre de 50 km<sup>2</sup>, et celles où des mesures de protection doivent être prises, de l'ordre de 150 km<sup>2</sup>. Ces surfaces sont minimales en regard de celles des régions desservies qui représentent plusieurs dizaines de milliers de km<sup>2</sup>.

## CONCLUSION

Il est possible d'assurer en général, par des dispositions d'urbanisme judicieuses concernant le zonage et l'implantation des constructions, une protection efficace des quartiers d'habitation vis-à-vis des nuisances des infrastructures les plus bruyantes.

Ces mesures de protection intéressent une part faible, mais non négligeable des zones agglomérées et de leurs abords. D'autre part elles doivent dans certains cas, et en particulier dans la zone centrale, être remplacées ou complétées par un renforcement de l'isolation phonique des bâtiments, qui suppose des conditions d'existence dont il faut éviter la multiplication.

Enfin ces mesures de protection ne sont envisageables que pour les infrastructures les plus importantes et les plus bruyantes. Pour un grand nombre d'équipements de transport, et notamment pour les voies de distribution, l'adoption de règles d'urbanisme édictées en fonction du bruit paraît actuellement très difficile.

Des progrès peuvent être réalisés avec les moyens actuels à la disposition des urbanistes et des constructeurs pour protéger les habitants des grandes agglomérations contre les bruits extérieurs les plus importants. Mais cette protection ne sera jamais totalement satisfaisante et ne peut constituer qu'une solution partielle du problème. La poursuite d'une action parallèle pour la réduction du bruit à la source demeure une nécessité.

# LA RÉDUCTION A LA SOURCE DU BRUIT DES MOTEURS D'AVIONS

par **M. Bernard LATREILLE**, Ingénieur en Chef de l'Air,  
Chef du Bureau du Matériel volant à la Direction des Transports aériens

*La conférence mondiale qui va se réunir, à la fin de l'année 1969, sous l'égide de l'O.A.C.I. (Organisation de l'Aviation civile internationale), à Montréal, va marquer l'aboutissement d'un long processus d'étude et recherche et le couronnement de négociations engagées depuis de longs mois pour tenter de mettre un terme à « l'escalade du bruit » qui, depuis l'apparition de l'aviation commerciale à réaction, a accompagné la course au poids et à la capacité. Les progrès importants réalisés dans la technologie des moteurs, l'apparition des matériaux de traitement acoustique permettent aujourd'hui d'imposer des normes qui permettent de diviser par deux environ les niveaux de bruit subis par les riverains des aérodromes.*

*Chef du Bureau du Matériel volant à la Direction des Transports aériens, M. Bernard LATREILLE était particulièrement qualifié pour traiter de l'émission du bruit et des moyens de le combattre.*

*Claude ABRAHAM,  
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur adjoint des Transports aériens.*

Plusieurs raisons ont concouru à l'aggravation rapide de la gêne causée par l'envol et l'atterrissage des avions de transport aux riverains des aéroports.

Le développement rapide du transport aérien sur longues et courtes distances a conduit à une augmentation des fréquences de mouvements d'avions sur les grands aéroports.

La propulsion par réaction a changé la nature du bruit des avions ; si le niveau maximal du bruit n'est pas fondamentalement différent pour un Boeing 707 et un Super-Constellation au décollage, les fréquences en cause sont différentes, et le réacteur provoque à la fois des bruits plus aigus et un grondement grave et continu que l'organisme humain ressent d'une façon désagréable ; bien que les avions à réaction aient une vitesse sur trajectoire, après le décollage et en approche, supérieure à celle des avions à hélices, la gêne ressentie dure plus longtemps.

D'autre part, la nécessité d'atteindre de grandes vitesses en croisière a conduit les constructeurs d'avions à réaction à diminuer la surface de la voilure et à la doter de dispositifs hypersustentateurs à grande efficacité pour abaisser les vitesses d'approche à des valeurs acceptables ; or, ces bords et ces volets, s'ils augmentent la portance, augmentent aussi sensiblement la traînée et, dans sa configuration d'approche, l'avion a besoin d'une forte proportion de la poussée maximale des réacteurs : il provoque ainsi beaucoup de bruit sur une zone d'autant plus vaste que l'approche se fait sur dix à quinze kilomètres selon une pente très faible, entre 2,5 et 3°.

Enfin, et ce n'est pas la raison la moins grave, certains aéroports, qui se trouvaient naguère à des distances relativement grandes des zones urbanisées, se sont vus entourés de constructions habitées, puis des établissements nécessaires à la vie d'une collectivité et pour lesquels la gêne due au bruit est particulièrement sensible (écoles, hôpitaux, etc.) : ceci est dû, pour une part, à l'extension générale des villes desservies et, pour une autre part, au fait que des personnes vivant de l'actualité de l'aéroport ont une tendance naturelle à s'en rapprocher.

## LES ORIGINES DU BRUIT

Aux vitesses d'approche et de décollage, le bruit dû au déplacement de l'avion dans l'air est négligeable : le bruit perçu est celui qui prend naissance dans l'ensemble propulsif.

Le bruit des avions à moteurs à pistons était dû aux moteurs et aux hélices. Le bruit d'échappement reste une gêne dans le domaine de l'aviation légère dont les moteurs à pistons perturbent, en particulier par leur importante activité dominicale, le calme de régions souvent peuplées de résidences secondaires et de citadins à la recherche du calme : il reste du travail à faire dans ce domaine. Quant aux hélices, elles sont plus ou moins désagréables, en particulier selon leur diamètre et leur vitesse de rotation : il y a eu des avions légers très bruyants (T-6, Beechcraft 18), et le bruit d'hélice des avions à turbopropulseurs représente une part importante de la gêne créée par ce type d'appareil.

Le turboréacteur crée deux types de bruit : le bruit de jet et le bruit d'aubes. Le bruit de jet prend naissance dans la turbulence de la surface d'échange entre l'air ambiant froid et le jet de gaz chauds sortant du réacteur ; la turbulence a d'autant plus d'énergie, et le bruit est d'autant plus grand, que la vitesse d'éjection des gaz chauds est plus grande et que leur température est plus élevée. Le bruit d'aubes est celui créé, comme par les pales d'une hélice, par les nombreuses pales du compresseur et de la turbine. Jusqu'à l'apparition des moteurs à double flux, l'attention ne s'était guère portée sur les bruits de compresseur et de turbine : en effet, aux régimes élevés ils étaient noyés dans le bruit de jet nettement prédominant, et aux bas régimes le premier étage du compresseur des moteurs à simple flux, dont le diamètre est faible et qui tournait à vitesse relativement faible, ne provoquait pas un bruit important. Avec les moteurs à double flux, le bruit de jet était nettement diminué, comme on le verra plus loin, et le bruit de ventilateur devenait prédominant, en particulier en approche. Ce bruit est fonction de la vitesse périphérique du bout des aubes, donc du diamètre du ventilateur (proportionnel, à poussée donnée, au taux de dilution), et des interactions entre différents étages d'aubages (sillages). Sur les moteurs à capotages de ventilateurs courts à l'avant et à l'arrière, comme le JT-3-D des Boeing 707-320 B et C, ce bruit de compresseur rayonne dans un large angle solide tant vers l'avant que vers l'arrière. Enfin, les recherches sérieuses effectuées pour identifier toutes les sources de bruit d'un moteur ont conduit à se préoccuper du bruit de même nature que font les aubes de turbine et qui rayonne vers l'arrière, avec le bruit de jet dans lequel il se noie.

## LA RÉDUCTION DU BRUIT

Avant de passer en revue les moyens techniques touchant les moteurs ou leur installation sur l'avion et susceptibles de réduire le bruit à la source, citons deux autres types de facteurs pouvant conduire à la réduction de la gêne des riverains.

Pour diminuer le bruit des avions au décollage et à l'atterrissage, outre les procédés touchant au moteur lui-même, dont on parlera ensuite, il faut citer les « procédures opérationnelles » : procédures de réduction de la poussée au décollage, étude de la possibilité

d'effectuer une première partie de l'approche sous une pente plus forte de 2,75°. Les procédures de réduction de la poussée au décollage doivent être adaptées à chaque aéroport, la répartition des habitations à protéger autour des pistes déterminant l'altitude de réduction et son ampleur ; sur ce dernier point, les taux de montée résiduels optimaux des avions à moteurs double flux à haut taux de dilution ne seront pas forcément les mêmes que ceux des appareils actuels.

Enfin un autre élément tendant à diminuer la gêne due au bruit est l'apparition des avions à grande capacité : pour écouler un trafic donné, le nombre de mouvements nécessaires sera plus faible. Ce raisonnement, qui est valable en moyenne dans la journée, ne sera malheureusement pas vrai aux heures de pointe, où le nombre de mouvements sera de toute façon celui correspondant à la capacité d'écoulement de la zone terminale.

## DÉFINITION TECHNIQUE DE L'INSTALLATION PROPULSIVE

La réduction du bruit par des modifications de l'installation propulsive des avions est une tâche pratiquement très difficile. L'énergie rayonnée sous forme de bruit est de l'ordre de 0,5 % de l'énergie développée par le réacteur. L'individu moyen a l'impression qu'un bruit est réduit de moitié lorsque le niveau mesuré est abaissé de 10 db, ce qui nécessite une réduction de 90 % de l'énergie rayonnée sous forme de bruit. Une réduction de 3 db, c'est-à-dire de 50 % de l'énergie rayonnée, est à peine perceptible pour l'oreille moyenne.

Enfin, les mécanismes de création du bruit sont multiples et tous ne sont pas parfaitement connus. Chaque fois qu'on réduit une source de bruit, une autre source, que l'on ignorait ou que l'on considérait comme sans importance, devient significative : c'est aujourd'hui le cas des bruits de turbine des réacteurs double-flux à fort taux de dilution.

Quoi qu'il en soit, les modifications techniques apportées au système propulsif pour en réduire le bruit sont coûteuses en termes de rentabilité des avions : le traitement des moteurs ou des nacelles fait perdre de la poussée et fait augmenter la consommation et le poids, et plus particulièrement si, comme cela a été le cas jusqu'à présent, il s'est agi en quelque sorte du « rattrapage » d'un moteur qui n'a pas été au départ conçu en recherchant le moindre bruit.

Le bruit de jet est atténué, sur les moteurs à flux unique (P et W - JT-4 A - Rolls Royce Avon), par des silencieux dont le principe est toujours d'augmenter la surface d'échange entre le jet chaud et l'air ambiant, de façon à diminuer l'intensité de la turbulence qui prend naissance à leur contact (silencieux tubulaires de Boeing 707, silencieux Rolls-Royce).

Ces dispositifs sont plus ou moins efficaces (+ 3 à + 5 PNdB) et certains mauvais esprits prétendent que les moins efficaces ne font que ramener le bruit au niveau que produirait le moteur sans silencieux, si sa poussée était réduite par le pilote d'une quantité égale à la perte de poussée entraînée par la présence du silencieux... Car il est malheureusement vrai que ces silencieux diminuent la poussée et augmentent la consommation spécifique, même lorsqu'ils ne sont plus utiles, c'est-à-dire en croisière. Pour les avions supersoniques, pour lesquels les questions de consommation kilométrique sont cruciales, il est nécessaire de réaliser des silencieux de jet escamotables qui ne détériorent pas les performances après le décollage (silencieux SNECMA de l'Olympus, silencieux General-Electric). De toute façon la complexité et le poids de ces dispositifs se paient, même si la perte directe de performance a été éliminée.

Les moteurs double flux ont un niveau de bruit de jet très bas, car le flux extérieur procède de lui-même à la dilution du jet chaud avant qu'il ne soit en contact avec l'air ambiant. Tout se passe donc comme si on avait en moyenne un jet moins rapide et moins chaud. Cet avantage augmente avec la croissance du taux de dilution, elle-même favorable à la diminution de la consommation spécifique.

Mais l'existence du ventilateur et la réduction du bruit de jet se paient, sur les moteurs à double flux, par une augmentation sensible du bruit de ventilateur, qui dépasse le bruit de jet de 8 PNdB au décollage et de près de 20 PNdB en approche pour un taux de dilution de 5 (1).

Pour comprendre les moyens de réduction de cette sorte de bruit, il faut savoir que, en plus d'un bruit blanc provenant de phénomènes intimement liés au comportement aérodynamique des aubes (en particulier en présence d'une inévitable turbulence avant), le bruit de ventilateur comprend :

- une composante à fréquences discrètes, liée à la fréquence de passage des aubes dans le sillage d'aubages amont, ou de passage de leur sillage sur des éléments fixes (au minimum les inévitables bras supports du carénage de ventilateur) ;
- une composante qui, à la différence de la précédente, ne rayonne que vers l'avant et qui est créée par les ondes de choc attachées aux portions d'aubes se déplaçant à des vitesses supérieures à la célérité du son. Si les aubes étaient toutes rigoureusement identiques, ce bruit serait concentré sur une fréquence discrète. En fait, les inévitables micro-irrégularités de fabrication des aubes entraînent sa répartition sur tous les harmoniques de la fréquence de passage.

Pour diminuer le bruit de compresseur et de ventilateur, le motoriste dispose en principe de tout un arsenal de précautions : suppression des aubes directrices d'entrée, et donc de leur sillage ; calcul du nombre d'aubes optimal et de la distance optimale entre le ventilateur et les bras supports du capotage ; limitation à un étage de ventilateur ; dispositifs de ralentissement du ventilateur. Dans ce domaine, on est limité par le poids qu'il faut donner à l'ensemble tournant et à sa turbine d'entraînement pour obtenir le taux de compression nécessaire ; aussi ce système n'est-il proposé que pour les poussées réduites de l'approche. L'avionneur peut aussi intervenir pour limiter le rayonnement et la propagation de ce bruit : traitement intérieur absorbant des manches d'entrée d'air et des capotages de flux froid, dont l'efficacité est d'autant plus grande que ces manches et ces capotages sont plus longs (2) : « blocage » du rayonnement vers l'avant par un corps à géométrie variable situé dans l'entrée d'air et dont le gonflement crée un col sonique devant le moteur, ou par variation du calage des aubes de stator. Ces dernières mesures, qui ne sont applicables qu'à poussée réduite, ne sont acceptables que si l'on sait réaliser une sécurité absolue de retour en position de poussée maximale en cas de remise de gaz.

## LIMITES DANS LA RÉDUCTION DU BRUIT

On voit donc que, sans même parler de techniques entièrement nouvelles, il existe des possibilités sérieuses de réduire le bruit des moteurs à réaction. Cependant, il semble que l'étude sérieuse et détaillée des phénomènes en cause ait quelque peu réduit l'optimisme des motoristes.

On peut par exemple indiquer que, dans son programme révolutionnaire d'étude du « moteur silencieux », dont l'aboutissement prévu est très lointain (six années pour la mise au point technique), la NASA (3) espère un gain de 20 dB en approche et 15 dB au décollage par rapport aux moteurs en service.

Il faut en tout cas savoir que cet objectif nouveau que les constructeurs de moteur doivent prendre en considération dès la conception des futurs moteurs, au même titre que l'on recherchait jusqu'à présent la poussée maximale ou la consommation minimale, ne sera

---

(1) Un taux de dilution de 5 signifie que la masse d'air du « flux froid », brassé par le ventilateur et passant autour du corps du réacteur, est cinq fois supérieure à la masse d'air qui, après être passée dans le ventilateur, rentre dans le compresseur, passe dans la chambre de combustion et sort après avoir entraîné la turbine pour constituer le « flux chaud ».

(2) On est limité dans cette voie par l'effet défavorable sur les performances du moteur.

(3) National Aeronautics and Space Administration (U.S.A.).

pas atteint sans conséquences sur la rentabilité des prochaines générations d'avions : la lutte contre le bruit se traduira certainement par une pause dans l'amélioration de la rentabilité des avions.

Au stade actuel, celui de la recherche et des études, les gouvernements et les constructeurs doivent investir des sommes considérables. Il s'agit de mener à la fois des études appliquées pour résoudre les problèmes immédiats d'abaissement du bruit des moteurs actuels et des études fondamentales en vue d'élaborer des techniques nouvelles qui seront appliquées à la conception de moteurs pour lesquels la réduction du bruit sera un objectif principal au même titre que la performance et la fiabilité. En dehors des études propres au silencieux du moteur de Concorde, la participation budgétaire de l'Etat a été de 5 MF en 1968, elle est de 13 MF en 1969 et devrait se maintenir à un niveau analogue en 1970.

## NÉCESSITÉ D'UNE ACTION AUTORITAIRE DES GOUVERNEMENTS

Du fait de ces conséquences économiques, seule une action autoritaire des gouvernements est susceptible d'entraîner une diminution sensible du bruit des avions. A défaut d'une telle action, on n'assisterait qu'à des améliorations mineures proposées par chaque motoriste à titre d'argument commercial vis-à-vis des concurrents. Il est d'autre part évident qu'une telle action autoritaire doit faire l'objet d'un accord international, les conséquences économiques des limitations qui seront fixées devant peser du même poids sur les constructeurs de tous les pays.

C'est pourquoi, après une conférence internationale tenue à Londres en novembre 1966, la Grande-Bretagne, les Etats-Unis et la France se sont engagés dans des négociations détaillées pour mettre sur pied un schéma commun de « certification acoustique » des avions.

Tout avion de transport subsonique devra, s'il est mis en service après une date qui pourrait être 1971, posséder un certificat attestant qu'il ne dépasse pas certains niveaux de bruit réglementaires en certains points situés sous les trajectoires de décollage et d'approche et de chaque côté de la piste. Ce certificat sera une condition nécessaire, mais non suffisante, pour l'exploitation de l'avion, car des limitations locales plus sévères devront être imposées sur certains aéroports critiques. Disons seulement que l'ordre de grandeur du gain attendu de cette certification serait de l'ordre de 10 à 12 PNdB (par rapport à la situation présente) pour l'approche et le décollage, et de 6 à 8 PNdB pour le bruit latéral. On peut également dire qu'un avion de 150 tonnes certifié ne ferait pas plus de bruit que la moyenne des actuels avions de 50 tonnes.

En fait, l'élaboration d'une réglementation du « bruit à la source » est délicate du fait qu'il s'agit d'un domaine où les connaissances sont insuffisantes. Jusqu'au choix de l'unité de mesure, les diverses dispositions réglementaires peuvent faire l'objet de discussions prolongées que peut seule interrompre une volonté politique d'action immédiate et de compromis raisonnable entre les pays intéressés.

## CONCLUSION

Il est certain que les possibilités de la technique permettent d'attendre une sensible diminution du bruit des futurs avions, peut-être moins spectaculaire qu'on ne le pense, sans doute moins rapide qu'on ne l'espère. Il faut en tout cas se préparer à payer le prix de cette amélioration.

Mais ce serait une erreur qui pourrait porter un coup sérieux à l'avenir du transport aérien que de croire que les efforts faits sur le bruit à la source et les sacrifices consentis sur la rentabilité des avions seront suffisants et permettront d'éviter de traiter le difficile, mais réel, problème du contrôle de l'urbanisation des environs des aéroports.

# BIBLIOGRAPHIE

## De la cité d'aujourd'hui à celle de demain

Structurer et identifier son milieu est une faculté vitale chez tous les animaux.

Il semble nécessaire de faire renaître ce besoin dans les grandes métropoles, où les citadins vivent rarement « éveillés ». Le plus souvent, c'est la congestion et la monotonie qui sont associées à l'idée de la ville, si bien que l'on est à peine conscient de la valeur possible d'un environnement harmonieux.

C'est l'un des propos que s'est donné la collection « Aspects de l'Urbanisme » dirigée par notre camarade René Loué, Directeur général de l'OTAM, collection dont les deux premiers ouvrages viennent de paraître chez DUNOD (1). À partir d'une connaissance structurelle de la cité d'aujourd'hui, les ouvrages de Kevin LYNCH et Ebenezer HOWARD ouvrent des voies nouvelles pour l'organisation logique et psychologique du cadre urbain. Un environnement mis en ordre peut servir de vaste trame de référence, organisant les activités, les croyances ou les connaissances. L'habitant en a dès lors une image claire et rassurante.

Une telle structure est analysée en détail à partir d'exemples empruntés à plusieurs grandes cités américaines, aussi différentes que Boston ou Los Angeles, en vue de découvrir quelles formes conduisent à des images fortes.

On peut ensuite considérer la « cité-jardin » proprement dite telle que E. HOWARD l'a définie il y a quelques soixante-dix ans. L'une des solutions de l'ave-

nir, elle est aussi à envisager pour une décentralisation ou une répartition concertée en unités fonctionnelles.

Au delà de la réalisation et de l'harmonie architecturale, se pose la question de la municipalité considérée comme une entreprise, de l'attribution du pouvoir démocratique et du domaine de coopération volontaire.

À ce sujet, on peut citer en exemple Letchworth et Welwyn, créées conformément aux idées de HOWARD, qui étudie dans le présent ouvrage le fonctionnement, les revenus et les dépenses de ces villes de demain. Il expose également une conception globale de l'aménagement du territoire d'un caractère très moderne et dans laquelle est pris en considération l'essentiel de nos préoccupations : santé, économie, plus-values foncières, rapports producteurs-consommateurs, infrastructures, réseaux et équipement de l'agglomération.

Mais il reste une part d'imagination dans la création des villes ; comme le suggère LYNCH (2), l'observateur lui-même devrait jouer un rôle actif dans sa perception du monde et avoir une participation effective au développement de son image. Le « remodelage conscient » de la cité n'est pas simplement l'affaire des urbanistes et des sociologues ; ceux-ci ne peuvent que susciter la participation du principal intéressé : le citadin.

---

(1) Les cités-jardins de demain, par Ebenezer Howard.  
(2) L'image de la cité, par Kevin Lynch.

# MUTATIONS, PROMOTIONS et DÉCISIONS diverses

## concernant les Corps des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines

### DÉCORATIONS

#### Ordre national du Mérite.

Au grade de Commandeur :

M. **Mermier** Stéphane, Directeur honoraire de région à la Société nationale des Chemins de Fer français.

— Ministère d'Etat chargé des Affaires Sociales :

Au grade de Chevalier :

M. **Chemillier** Pierre, Sous-Directeur au Ministère d'Etat chargé des Affaires Sociales.

M. **Clarín** Pierre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé de l'arrondissement fonctionnel opérationnel à Besançon.

M. **Liochon** Marius, Chef de la Division à la Direction de l'Équipement social au Ministère d'Etat chargé des Affaires Sociales.

— Ministère de l'Équipement et du Logement :

Au grade de Commandeur :

M. **Vadot** Robert, Ingénieur général des Ponts et Chaussées à Nancy.

Au grade d'Officier :

M. **Bastard** Henri, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur du Port autonome du Havre.

M. **Briquel** Henri, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

M. **Colas** Gérard, Directeur départemental de l'Équipement de la Côte-d'Or.

M. **Gaudel** Jean, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

M. **Gruot** Jacques, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

M. **Joneaux** René, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, adjoint au Chef du Service de la coopération technique.

M. **Leclercq** Robert, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef du Service de la Navigation à Nancy.

M. **Occhiminuti** Jean, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

M. **Rattier** Claude, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Agence technique et foncière de la région parisienne.

Au grade de Chevalier :

M. **Charles** Pierre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, au Bureau central d'Équipement d'Outre-Mer.

M. **Gaudemer** Philippe, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

M. **Lacroix** Roger, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

M. **Lefoulon** Michel, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

M. **Soret** Félix, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en retraite.

M. **Tanzi** Jacques, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

— Ministère de l'Industrie :

Au grade de Commandeur :

M. **Drouhin** Georges, Ingénieur général des Ponts et Chaussées.

Au grade d'Officier :

M. **Busson** André, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Au grade de Chevalier :

M. **Pellecuer** Paul, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

M. **Pigeyre** Georges, Ingénieur en Chef des Mines.

J.O. du 15 mai 1969.

### NOMINATIONS

Par arrêté en date du 13 mai 1969, sont désignés en qualité de membres du Conseil d'Administration de l'Institut de recherche d'informatique et d'automatique :

M. **Allègre** Maurice, Délégué à l'Informatique, Président.

M. **El Adari** René, Conseiller technique au Cabinet du Ministre d'Etat chargé des Affaires sociales.

J.O. du 20 mai 1969.

## MUTATIONS

Par arrêté en date du 23 avril 1969, M. **Fenzy** Espérance, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est placé en service détaché auprès du Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer en vue d'effectuer une mission d'études à Madagascar, à compter du 27 janvier 1966 au 12 novembre 1967.

J.O. du 16 mai 1969.

Par arrêté en date du 23 avril 1969, M. **Maillant** Hubert, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est placé en service détaché auprès du Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer, pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable, en vue d'exercer des fonctions de Directeur d'une mission d'Etudes Autoroutière au Liban, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1968.

J.O. du 16 mai 1969.

Par arrêté en date du 10 mai 1969, M. **Laporte** Henri, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est placé en service détaché auprès du Ministère des Affaires étrangères, pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable, en vue d'occuper le poste de Chef de la Division des Services Techniques et Bâtiments de l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire à Genève, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1967.

J.O. du 16 mai 1969.

M. **Maillant** Hubert, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en service détaché, est réintégré dans les cadres de son administration d'origine à la Direction départementale du Var pour être chargé : de l'arrondissement « Autoroute A 8 » (poste hors organigramme) ; de l'intérim de l'arrondissement opérationnel en remplacement de M. **Cyrot**, à compter du 14 avril 1969.

Arrêté du 22 avril 1969.

M. **Bonnemoy** Guy, Ingénieur général des Ponts et Chaussées, est chargé d'une mission permanente d'inspection des transports terrestres (zone Sud) pour toutes les questions concernant les transports terrestres et notamment celles relatives à la coordination et à l'harmonisation des transports ferroviaires et routiers, en remplacement de M. **Pene** Pierre, Ingénieur général des Ponts et Chaussées, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 8 mai 1969.

M. **Charpentier** André, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, est réintégré dans son corps d'origine et mis à la disposition du Secrétariat général à l'Aviation civile pour occuper un emploi à la Direction de la Région aéronautique du Sud-Est à Aix-en-Provence, à compter du 7 avril 1969.

Arrêté du 12 mai 1969.

M. **Watel** Pierre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est mis à la disposition de la Société d'Etudes et de Réalisations pour le Traitement de l'Information en vue d'y exercer des fonctions de son grade, à compter du 1<sup>er</sup> mai 1969.

Arrêté du 12 mai 1969.

M. **Roux** Hubert, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en service détaché, est réintégré dans les cadres de son Administration d'origine et affecté à l'Administration Centrale (Direction des Routes et de la Circulation Routière) en qualité de chargé de mission auprès du Sous-Directeur des Investissements, à compter du 12 février 1969.

Arrêté du 16 mai 1969.

M. **Maurus** Robert, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en service détaché, est réintégré dans son corps d'origine et affecté à la Direction du Bâtiment et des Travaux Publics, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1969.

Arrêté du 16 mai 1969.

## DÉCISIONS

Par arrêté en date du 17 avril 1969, il est mis fin aux fonctions exercées en qualité de chargé de mission à temps partiel auprès du Préfet de la région d'Auvergne par M. **Thucaud** Bernard, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Est nommé en qualité de chargé de mission à temps partiel auprès du Préfet de la région d'Auvergne M. **Mayet** Pierre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1968.

J.O. du 18 avril 1969.

Par arrêté du 22 avril, est approuvée la désignation, par le Conseil d'Administration de l'Etablissement public pour l'Aménagement de la région dite de « la Défense », en qualité de Président du Conseil d'Administration, de M. **Millier** Jean, Ingénieur général des Ponts et Chaussées.

J.O. du 26 avril 1969.

Par arrêté en date du 23 avril 1969, M. **Guilhamon** Jean, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, en service détaché auprès d'Electricité de France, est placé en position hors cadres, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1966.

J.O. du 30 avril 1969.

Par arrêté en date du 23 avril 1969, M. **Vincent** Daniel, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en service détaché au Congo, est réintégré pour ordre dans les cadres de son Administration d'origine et replacé en service détaché auprès du Ministère des Affaires étran-

gères, pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable, en vue d'exercer des fonctions de son grade au sein de la Communauté Economique Européenne, à compter du 16 septembre 1963.

J.O. du 30 avril 1969.

Par arrêté en date du 18 avril 1969, est nommé Secrétaire adjoint du Bureau du Comité technique de la distribution du Gaz : M. **Martin**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur général des Services techniques de la Ville de Paris.

J.O. du 2 mai 1969.

Par arrêté en date du 15 avril 1969, participeront aux travaux du Comité régional de Tourisme, ayant son Siège à Lyon, en qualité de Conseillers techniques :

M. **Arnold** Claude, Ingénieur principal, Chef du 4<sup>e</sup> arrondissement de l'exploitation S.N.C.F.

M. **Desbazeille** Pierre, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

J.O. du 2 mai 1969.

Par arrêté en date du 23 avril 1969, M. **Maurice** Joël, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est placé en service détaché, pour une période de deux ans, auprès du Ministère des Affaires étrangères, en vue d'exercer des fonctions de son grade, en Algérie, au titre de la coopération, à compter du 2 octobre 1967.

J.O. du 2 mai 1969.

Par décret du 8 mai 1969, M. **Laure** André, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, est nommé Chef du Service régional de l'Équipement pour la région parisienne, avec rang et prérogatives de Préfet, en remplacement de M. **Millier** Jean, appelé à d'autres fonctions.

J.O. du 9 mai 1969.

M. **Legrand** Gilles, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, en service détaché auprès du Ministère de l'Industrie, est maintenu dans la même position en qualité de Professeur de mathématiques à l'École nationale Supérieure des Mines pour une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1966.

Arrêté du 22 avril 1969.

M. **Nicolas** Joseph, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en service détaché auprès du Ministère des Affaires Étrangères, est maintenu dans la même position pour une nouvelle période de trois ans, éventuellement renouvelable, en vue d'exercer des fonctions de son grade au Maroc au titre de la Coopération Technique, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1968.

Arrêté du 24 avril 1969.

M. **Teule** Eugène, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, est mis à la disposition du Secrétariat d'État aux Affaires Étrangères au titre de la Coopération Technique, à compter du 16 septembre 1968.

Arrêté du 28 avril 1969.

M. **Le Meur** Guy, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, en service détaché auprès du Ministère de l'Éducation Nationale, est maintenu dans la même position pour une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable, en vue d'exercer les fonctions de Chef de Service à la Direction de l'Équipement scolaire, universitaire et sportif, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1968.

Arrêté du 12 mai 1969.

## RETRAITES

Par décret en date du 21 avril 1969, M. **Alix** Pierre, Ingénieur général des Ponts et Chaussées, est admis à faire valoir ses droits à la retraite, à compter du 22 juin 1969.

Par décret en date du 21 avril 1969, M. **Macodier** Pierre, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, est admis à faire valoir ses droits à la retraite, à compter du 15 mai 1969.

J.O. du 26 avril 1969.

Par décret en date du 21 avril 1969, l'honorariat du grade d'Ingénieur des Ponts et Chaussées est conféré à M. **Baudoin** Léonard.

J.O. du 26 avril 1969.

## — MINES —

### DÉCISIONS

Par arrêté du 18 avril 1969, sont nommés membres du Comité technique de la distribution du Gaz :

À titre de représentants des Administrations intéressées :

— Ministère de l'Industrie, Direction du Gaz et de l'Électricité :

M. **Herbin**, Ingénieur en Chef des Mines, Chef du Service du Gaz.

M. **Dupuy**, Ingénieur des Mines.

— Direction du Fer et de l'Acier :

M. **Closson**, Ingénieur en Chef des Mines.

— Ministère de l'Agriculture :

M. **Vincotte**, Ingénieur général des Mines.

J.O. du 2 mai 1969.

Le Bureau du Comité technique de la distribution du Gaz est constitué ainsi qu'il suit :

M. **Herbin**, Ingénieur en Chef des Mines, Chef du Service du Gaz, Secrétaire.

M. **Dupuy**, Ingénieur des Mines, Secrétaire adjoint.  
J.O. du 2 mai 1969.

Par décret en date du 7 mai 1969, est nommé au Conseil d'Administration de l'Entreprise de Recherches et d'Activités pétrolières en qualité de membre titulaire pour y représenter le Ministre de l'Industrie :

M. **Daunesse**, Directeur des Mines, en remplacement de M. **Camous**.

Sont également nommés audit Conseil d'Administration :

M. **Gardent Paul**, Ingénieur en Chef des Mines, en qualité de suppléant de M. **Consigny**.

M. **Galatoire-Malegarie Henri**, Directeur du Gaz et de l'Electricité, en qualité de suppléant de M. **Daunesse** et en remplacement de M. **Chevrier Charles**.

J.O. du 8 mai 1969.

Par arrêté du 30 avril 1969, sont nommés membres du Conseil de perfectionnement de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, pour une durée de trois ans :

Représentant l'Industrie :

— Titulaires :

M. **Gardent Paul**, Directeur général des Charbonnages de France.

M. **Hutter Roger**, Directeur général adjoint à la Société nationale des Chemins de Fer français.

M. **Gibrat Robert**, Directeur général de Socia.

M. **Bouillot André**, Directeur général de la Société nationale des Pétroles d'Aquitaine.

— Suppléants :

M. **Chevrier Charles**, Directeur général adjoint d'Electricité de France.

M. **Couture Pierre**, Président de l'Entreprise minière et chimique.

M. **de Villemejeane Bernard**, Directeur général de Penarroya.

J.O. du 18 mai 1969.

## MYTHES ET RÉALITÉS DE L'URBANISME - MAI 1969 -

Par suite d'une erreur matérielle, nous avons oublié de signaler que l'article « Mythes et Réalités de l'Urbanisme », paru dans la Tribune libre du numéro de mai, a été écrit pour un numéro spécial de la revue Esprit, à paraître en octobre, qui sera consacré à l'urbanisme et à l'architecture.

# LES ANNALES DES MINES

---

Au retour d'un voyage de fin d'études, M. Y. **Coupin** nous communique ses IMPRESSIONS SUR LE BRÉSIL ET L'ARGENTINE.

La Société Geonuclear Nobel Paso décrit un outil révolutionnaire : L'EXPLOSIF NUCLÉAIRE.

M. A.-N. **Korotchansky** présente une méthode de la lutte contre la pollution par INJECTION DES EFFLUENTS INDUSTRIELS dans les couches profondes du sous-sol.

Chroniques et divers :

- Statistiques permanentes.
- Chronique des métaux, minerais et substances diverses.
- Technique et Sécurité.
- Bibliographie.
- Communiqués.
- Données économiques diverses.

## OFFRES DE POSTES

TRÈS IMPORTANTE SOCIÉTÉ D'ÉTUDES recherche INGÉNIEUR des Ponts et Chaussées — pour poste de grande responsabilité — pour Département GÉNIE CIVIL FRANCE et MISSIONS A L'ÉTRANGER — caractère strictement confidentiel des candidatures.

Adresser candidatures au P.C.M. qui transmettra.

BUREAU D'ENGINEERING — S.E.G.I.C. — recherche pour compléter son département d'études autoroutières jeune Ingénieur X ou X Ponts intéressé par la programmation des grands ouvrages par calcul électronique. Formation à l'informatique assurée si nécessaire. Tél. à 686 46-08 M. **Desenfant** (X 44).

## naissances

M. **Fonlladosa**, Ingénieur en Chef honoraire des Ponts et Chaussées, fait part de la naissance de ses 22<sup>e</sup> et 23<sup>e</sup> petits-enfants :

Laetitia **Fonlladosa**, le 1<sup>er</sup> septembre 1968.

Catherine **Guyard**, le 23 avril 1969.

## mariage

M. Jacques **Roux**, Ingénieur général des Ponts et Chaussées, fait part du mariage de son fils, le lieutenant Dominique **Roux**, avec Mlle Françoise **Rouleau**, qui a eu lieu le 12 avril 1969 à Saumur.

## décès

On nous prie de faire part du décès de notre camarade Philippe **Rechniewski**, Ingénieur des Ponts et Chaussées (X 62 - Ponts 67), survenu le 1<sup>er</sup> mai 1969 à Bastia.

---

## PLANNING RÉDACTIONNEL P.C.M. DES BULLETINS DU P.C.M.

JUILLET : Compte rendu de l'Assemblée générale et rapport moral.

AOÛT-SEPTEMBRE : Numéro régional « Nord-Pas-de-Calais ».

OCTOBRE : Méthodes modernes de gestion.

NOVEMBRE : Numéro sur la route (titre à préciser).

DÉCEMBRE : Numéro régional « Rhône-Alpes ».

## 1 9 7 0

JANVIER : Les équipements de sports d'hiver.

FÉVRIER : « Marseille ».

MARS : « La préparation du 6<sup>e</sup> Plan ».

AVRIL : Construction et logement.

MAI ou JUIN : Compte rendu de l'Assemblée générale.

JUILLET : Transports et infrastructures européennes et internationales.

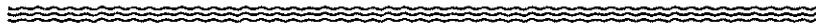
FIN DE 1970 : Autoroutes françaises an 10.

*Nos lecteurs trouveront, ci-après, des informations transmises par des entreprises travaillant pour les Ponts et Chaussées ou intéressant les services des Ponts et Chaussées par certaines de leurs productions. Le caractère documentaire de ces informations nous a paru justifier leur publication ; elles sont toutefois publiées sous la seule responsabilité des firmes intéressées.*

## NOMINATION A L'A.T.R.

Nous apprenons que M. André MATOUSSOWSKY, Directeur du Département Signalisation de Jean Neuhaus S.A., Président du Syndicat de la Signalisation et de l'Équipement des Voies de Circulation, vient d'être nommé Président de l'Association Technique de la Route.

C'est la première fois qu'un spécialiste de la Signalisation accède à ce titre ; âgé de 45 ans, M. MATOUSSOWSKY, qui succède à M. Pierre CAYOTTE, ex-Directeur Général de la Route Colas, présidera son premier Congrès A.T.R. fin avril prochain à Bâle.



Le système d'adressage MASTER s'impose lorsque la même adresse n'a pas besoin d'être répétée plus d'une centaine de fois, c'est-à-dire dans la plupart des problèmes d'adressage :

- publicité postale, — étiquettes d'expédition,
- adressage périodique ou sélectif, — relevés de compte mensuels, etc.

Le gain de temps réside essentiellement dans la vitesse de l'impression hectographique comparée à celle de la frappe machine à écrire ou de l'écriture manuscrite : 10 à 20 fois plus rapide, selon le modèle MASTER utilisé.

Le cliché-adresse MASTER se prépare facilement :

- au stylo-bille, — sur une imprimante d'ordinateur,
- à la machine à écrire, — sur un photocopieur thermique.
- avec une carte plastique estampée,

Le cliché se présente sous diverses formes :

- bande de papier se conservant sur une bobine, — étiquette gommée,
- bande de papier pliée en accordéon, — papillon auto-collant,
- fiche se plaçant dans une carte brevetée.

Selon le cas, la sélection se fait visuellement par couleur, repère, encoche, etc... ou mécaniquement par aiguille dans des perforations marginales ou intérieures.

La gamme MASTER va de l'imprimeur à main BABY, de fabrication française, aux modèles électriques et automatiques, de fabrication américaine.

 **master**

Tél. 706-19-37

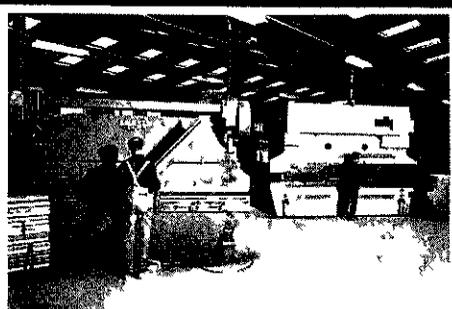
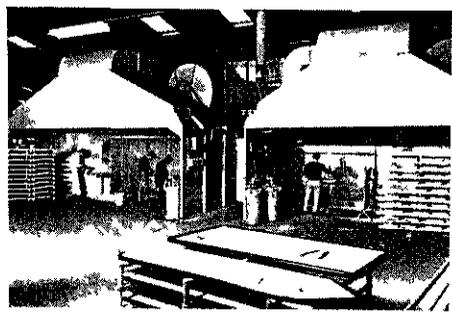
siège social : 18, rue du Cimetière, CHAMPIGNY (Val-de-Marne)

SYSTÈME D'ADRESSAGE HECTOGRAPHIQUE  
65<sup>bis</sup> boulevard de Stalingrad, 94 - CHAMPIGNY

TERRASSEMENTS  
TRAVAUX PUBLICS  
BÉTON ARMÉ & PRÉCONTRAIT  
BATIMENTS  
TRAVAUX SOUTERRAINS  
FLUVIAUX & MARITIMES

ENTREPRISE **MOINON**  
57, Rue de Colombes NANTERRE

TÉL. : 204-20-92 - 57-20 (9 lignes)



**LE POTENTIEL**

DE LA  
NOUVELLE  
USINE

**S.U.R.E.A.U.**

*confirme*  
**LA QUALITE REMARQUABLE**  
**des Panneaux Routiers**

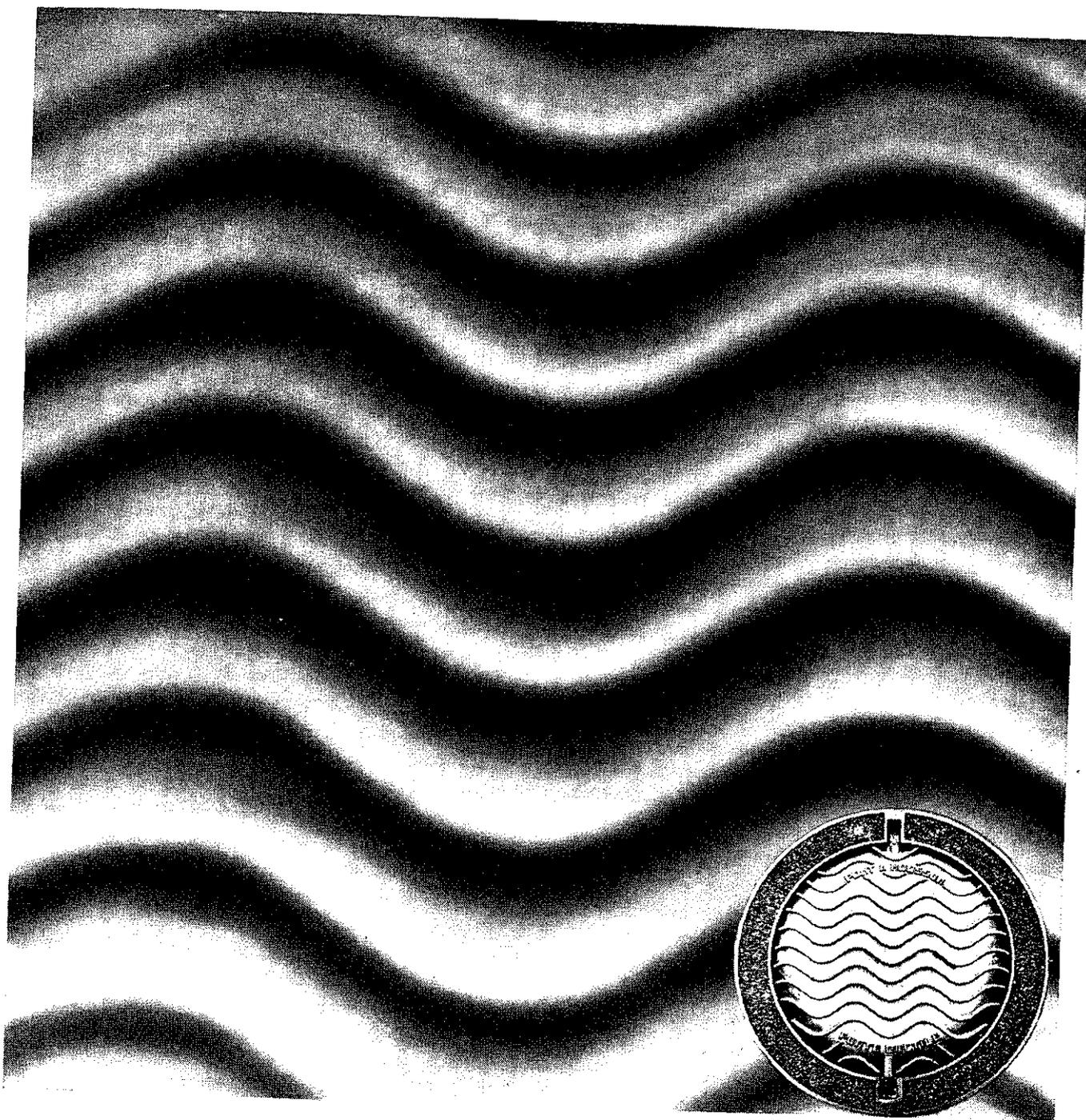


**garantis 10 ans**

**S.U.R.E.A.U.**

USINE ET BUREAUX GARROS INDUSTRIE  
**06 - CARROS**

☎ (93) 91.12.33 + ☎ (93) 91.12.06 +  
Lignes groupées



## Au-delà du regard...

Voici le tout nouveau regard GT Pont-à-Mousson pour chaussée. Nos spécialistes ont voulu un tampon léger (27 kg), incassable (il est en fonte ductile) et d'une sécurité de verrouillage totale. Au-delà de ce regard, s'étendent les réseaux complets d'assainissement que Pont-à-Mousson fournit également (en fonte, amiante-ciment ou plastique).



### **Société des Fonderies de Pont-à-Mousson**

91 avenue de la Libération 54-NANCY Tél. (28) 53.60.01  
54 avenue Hoche 75-PARIS 8<sup>e</sup> Tél. (1) 622.05.05 et 924.49.29

# Pau. Grand Prix Automobile.

## Samedi 16 h : revêtement virage 14 arraché.

## Dimanche 13 h : les essais doivent avoir lieu.

### Que faire?

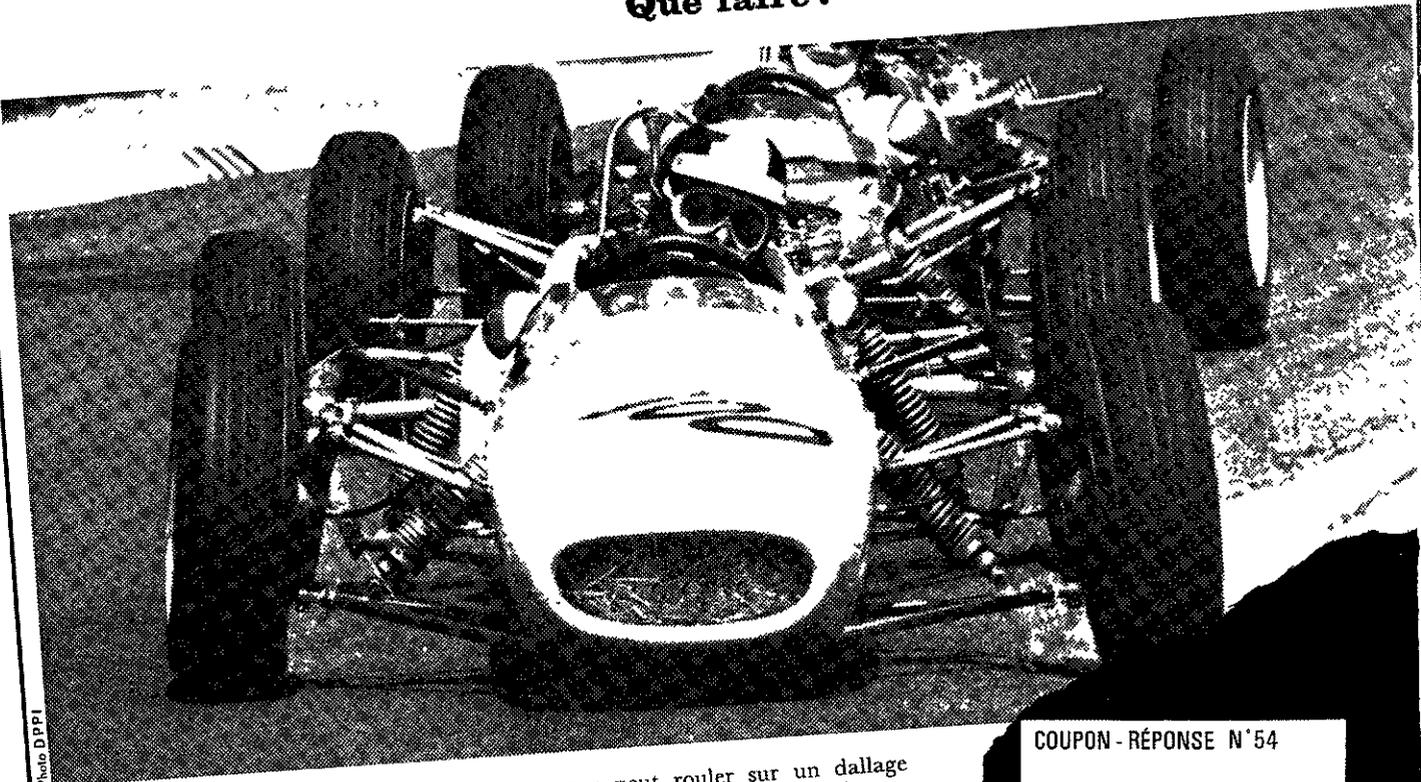


Photo DPPI

Monsieur Larribau, ingénieur en chef du service de la voirie, n'hésite pas un instant. Il appelle Monsieur Caumet, agent Lafarge, qui arrive immédiatement. A 17 h, les travaux commencent; à 22 h, ils sont terminés; à 13 h, le lendemain, les bolides vomissent, tournent, déferlent. Le virage 14 tient. Il tenait d'ailleurs dès 4 heures du matin, 6 h après la fin des travaux. Oui, 6 h après la fin des travaux, car il a été refait en ciment Fondu Lafarge. Or, le Fondu Lafarge possède, entre autres, ces deux propriétés exceptionnelles : durcissement rapide et résistances mécaniques élevées. Un camion de

30 tonnes peut rouler sur un dallage en Fondu Lafarge moins de 6 heures après sa réalisation. Résistance, rapidité d'emploi, économie de temps, de telles qualités ont appelé, bien sûr, de nombreuses et spectaculaires applications : réfection de piste (Orly), appontement réalisé entre deux marées (Port de Londres), massif de commande d'un train de laminoir (Société des Aciers Fins de l'Est), etc.

**Economie de temps, économie de moyens. Le Fondu Lafarge, véritable ciment de l'Industrie, est depuis 60 ans au service des hommes.**

#### COUPON - RÉPONSE N° 54

Nom

Profession

Adresse

désire sans engagement de ma part  
recevoir la documentation sur le  
FONDU LAFARGE

CIMENTS LAFARGE  
28, rue Emile-Menier  
Paris 16°



## RÉFECTION RAPIDE

## BÉTON