

Communication et technologie

dans la société future

Claude Ducot* et François Serrand*

L'Europe a vu aux alentours de 1960 la société industrielle se transformer en une société de « consommation de masse ». On s'attend à voir apparaître vers 1985, en Europe occidentale, une société « informationnelle » où les rapports humains seront plus déterminés par les échanges d'information que par les échanges de biens. Cela signifiera-t-il une individualisation plus poussée, un émiettement de la vie en société, ou au contraire l'apparition de nouveaux modes de relations au sein de la société?

Au sens le plus large, la communication peut être comprise comme le transfert ou l'échange d'éléments matériels, énergétiques ou informationnels entre des êtres ou des objets quelconques; elle sera prise ici en un sens plus restreint, comme le transfert ou l'échange d'information entre les hommes, avec ou sans l'intermédiaire de moyens techniques. Elle ne constitue pas pour autant un secteur isolé de la vie humaine. Celle-ci comporte en effet bien des interactions, c'est-à-dire des échanges plutôt que de simples transferts unilatéraux, entre l'homme et son environnement humain et matériel. La communication est donc une fonction, un mode particulier de ces interactions, et à son tour elle interfère avec le reste de la vie naturelle, individuelle et sociale de l'homme.

D'autre part, la technologie en général est faite des divers procédés et instruments utilisés par l'homme pour étendre ses possibilités de perception et d'action au-delà de celles de son corps physique. Il faut donc faire une place, à côté de la communication directe d'homme à homme, à la communication entre l'homme et ses prolongements techniques, les systèmes, voire entre ces systèmes eux-mêmes, dont bien entendu l'homme reste toujours en principe le maître d'œuvre.

Le processus élémentaire de la communication

Le processus élémentaire de la communication est le transfert unilatéral d'information; il consiste en ce qu'un destinataire (ou plusieurs) exerce une influence sur un destinataire (ou plusieurs) par une action consistant à imposer des modifications physiques, c'est-à-dire matérielles ou énergétiques, à un certain phénomène du monde extérieur, et cela de telle façon que l'essentiel de cette influence réside dans le « sens » que le destinataire s'attend à voir attribuer par le destinataire à la perception de certains aspects ou effets de ce phénomène modifié.

Ainsi le sens n'est pas une caractéristique du phénomène modifié en soi. Le phénomène a été modifié par l'action du destinataire en fonction d'un contenu objectif ou « message » qu'il veut transmettre, et de telle façon que, directement ou après une transformation convenable, ce phénomène modifié puisse donner lieu à la perception, par le destinataire, du message, auquel il attribuera le sens. La transformation en question peut être par exemple celle d'un courant électrique en une image ou en un son. Le message peut

être « représentatif » ou « symbolique » du sens qu'il est chargé de véhiculer.

Suivant l'usage, nous appelons « porteur » ou « médium » le phénomène physique mis en jeu, selon qu'on le considère comme le support du message ou le moyen de la communication, « modulation » l'opération par laquelle ce phénomène est modifié pour porter le message, et « démodulation » celle par laquelle le message en est extrait.

Si le phénomène utilisé est d'une nature telle qu'il puisse se propager à distance, on parle de « télécommunication ». Les télécommunications constituent évidemment le domaine privilégié, bien que non exclusif, des applications de la technique à la communication.

Bien que les notions de porteur, de modulation et de démodulation se soient précisées surtout avec le développement technique des télécommunications, elles ont une valeur plus générale : ainsi, on peut reconnaître même dans la communication orale d'homme à homme un porteur, l'état de vibration sonore de l'air ambiant, une modulation de ce porteur par la phonation, une démodulation par l'audition.

Le paradoxe de la communication

Nous avons jusqu'à présent décrit la communication élémentaire en faisant intervenir le sens attribué par le destinataire et le sens attribué par le destinataire au message, tout en supposant implicitement que ces deux sens étaient identiques et qu'il n'y avait pas de difficultés majeure à s'en assurer.

Or, s'il s'agit de communication d'homme à homme, ces deux sens sont en fin de compte des contenus mentaux privés, en toute rigueur incomparables, et l'on ne voit pas d'emblée comment déceler leur identité ou leur analogie.

D'autre part, si ces deux sens n'avaient entre eux aucun rapport de correspondance, le processus de communication ne signifierait plus rien.

La conjonction des deux affirmations précédentes constitue le « paradoxe de la communication ».

La communication bilatérale.

Pourtant il est évident que la communication humaine existe, puisqu'elle est même une composante essentielle de notre vie. Il y a donc des accommodements avec le paradoxe.

* Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée (LEP), Section Prospective,

* Société Anonyme Philips Industrielle et Commerciale, Département des Projets Coordonnés.

Il faut notamment replacer le processus élémentaire unilatéral de la communication dans sa pleine fonction humaine qui est de permettre l'échange réciproque d'information, le dialogue.

Or dans le dialogue, qu'il s'établisse directement ou par l'intermédiaire de moyens techniques, le fait de recevoir un message en retour, puis de continuer l'échange, confirme progressivement le premier destinataire dans la conviction d'être compris de son partenaire et de le comprendre; et il en est de même de celui-ci.

La communication opérationnelle

Comment cette conviction se développe-t-elle, alors que la comparaison des contenus mentaux n'intervient assurément pas plus dans le dialogue que dans le transfert unilatéral d'information?

Une première réponse à cette question, venant de l'horizon behavioriste, tend à faire l'économie de toute considération sur les contenus mentaux, et à remplacer la notion d'identité entre les sens que les partenaires attribuent au message par la notion d'une équivalence opérationnelle vérifiable dans le monde objectif. Autrement dit, la vérification par le destinataire du fait que le message est compris par le destinataire consiste à observer, de façon directe ou indirecte, le comportement externe que ce dernier adopte au reçu du message, et à reconnaître ce comportement objectivement observable comme l'un de ceux que lui, le destinataire, pouvait attendre. Cette explication rend compte de tout le vaste domaine des communications permettant d'instaurer une coopération entre les partenaires, tant à sens unique que bilatérale, domaine que nous pouvons appeler celui de la communication « opérationnelle ».

La communication intersubjective

Mais l'explication behavioriste échoue à rendre compte de la communication lorsqu'elle a pour but, pour le destinataire, non d'obtenir du destinataire un comportement observable ou une coopération, mais d'éveiller chez lui une nouvelle situation mentale, par exemple de lui donner des informations auxquelles il attachera lui-même une valeur subjective (de jouissance esthétique, de formation pour sa personnalité, de satisfaction sentimentale, d'accomplissement spirituel, etc.). Une telle communication établit une véritable relation de sujet à sujet. Or, dans la communication opérationnelle, le processus élémentaire de transfert

est toujours tel que, si le destinataire y apparaît certes comme un initiateur, un sujet, le destinataire n'y apparaît fonctionnellement, quelles que puissent être par ailleurs les fins altruistes ou les intentions morales du destinataire, que comme un objet dans l'horizon instrumental de celui-ci. Même si le processus se bilatéralise, même s'il donne lieu à une coopération fructueuse pour les deux partenaires, il reste qu'il est constitué de relations de sujet à objet, certes en sens alternés, mais sans qu'apparaisse jamais une relation de sujet à sujet.

Il y a ainsi dans la communication un « reste » irréductible à la communication opérationnelle; c'est pourtant dans ce reste que la communication est proprement humaine, et qu'en particulier l'homme ne peut être remplacé par la machine; nous appellerons ce reste communication « intersubjective ». Cette considération conduit à recommander des modes de communication favorisant l'initiative créatrice des interlocuteurs.

Communication et technologie

Nous voilà, semble-t-il, loin de la technique. Pourtant, comme nous venons de le voir, l'irréductibilité du phénomène de communication à des données objectives ne signifie pas que l'analyse qui conclut à cette irréductibilité n'ait aucune conséquence sur la définition objective des fonctions que doivent remplir des systèmes techniques de communication optimisés. En général, les services que la technologie peut rendre à la communication consistent évidemment à en étendre la portée, à en accroître la vitesse et à augmenter la richesse de l'information transmise.

A toutes les époques, la communication de l'information a été étroitement liée à sa conservation. Il y a longtemps déjà que l'invention du dessin et de l'écriture a permis à cette conservation de dépasser la capacité de la mémoire psychologique en utilisant celle des supports matériels. La notion même de message dans la technique des communications rappelle le fait que, depuis qu'existe l'écriture et largement encore de nos jours, la communication procède par l'envoi d'un support matériel (p. ex. une feuille de papier) sur lequel l'information est consignée par écrit. Le transfert des messages écrits a pris une extension profondément nouvelle, au plan de l'évolution de la civilisation, lorsque l'invention de l'imprimerie a rendu possible la production de livres, puis de journaux, en grands nombres d'exemplaires identiques. Il en est résulté

une diffusion considérable d'informations autrefois réservées à des cercles étroits — diffusion qui sans doute a rendu possible la révolution industrielle —, mais en même temps une généralisation massive de la communication unilatérale, qui auparavant se trouvait pratiquement réservée à la proclamation publique, à la transmission d'ordres ou au discours didactique dans les cas bien particuliers où la réaction de l'auditoire était interdite par l'autorité ou l'usage.

Au contraire, entre l'invention de l'écriture et le développement de la presse écrite, le moyen normal pour le citoyen de recueillir l'information était de se rendre à la place publique de sa ville, au forum ou à l'agora, voire à son substitut la cour, le salon ou le cabaret, où, en plus des nouvelles qu'il apprenait, il jouissait à la fois de la chaleur du contact humain et de la réciprocité de la communication.

Le développement des moyens techniques de communication quasi instantanée à distance s'est fortement accéléré avec l'invention de la télégraphie optique au XVIII^e siècle, celles du télégraphe puis du téléphone électrique au XIX^e, enfin celles de la radioélectricité et de la télévision au XX^e siècle. Ces dernières ont permis l'extension mondiale de la radiodiffusion, téléphonique puis télévisuelle, qui a apporté aux télécommunications une modification comparable à celle que la diffusion du livre et de la presse avait apporté à l'échange des messages écrits. La télévision a même ajouté au message une dimension nouvelle, atténuant la prédominance excessive du message symbolique ou verbal par l'enrichissement du message représentatif.

Il serait ridicule de minimiser les bienfaits — que nous avons tendance à oublier tant que nous n'en sommes pas privés — apportés par cette extension des réseaux de télécommunication et de radiodiffusion, par exemple : accroissement du bagage intellectuel de chacun, mise à la disposition de tous les connaissances qui autrefois auraient été réservées à de rares élites, information quasi immédiate de tous sur tout événement mondial important, un certain degré de conscience, même, d'appartenir à une communauté humaine. Il ne faut pas nier pour autant les inconvénients manifestes liés à l'extension universelle de la radiodiffusion, surtout télévisuelle : développement d'une attitude réceptive et passive de l'utilisateur pendant une part importante de son temps de loisir; isolement fréquent de l'individu

même, devant le récepteur familial; neutralisation des courants informationnels normaux de la conversation; possibilité — peut-être même, dans une certaine mesure, inévitabilité — d'une certaine manipulation de l'opinion par l'instance publique ou privée qui décide des programmes; absorption précoce, rapide et passive par les jeunes d'une grande quantité d'information mal digérée qui suscite chez eux d'abord l'illusion d'une maturité anticipée, puis parfois, avec la désillusion, le risque d'un dégoût de la société ou de l'existence.

Il semble que ces effets néfastes, à part ceux qu'il faut imputer au contenu des informations diffusées, relèvent tous plus ou moins du caractère passif de la réception, c'est-à-dire de l'unilatéralité des transferts d'information, notamment dans les systèmes de diffusion de masse. En effet, comme nous l'avons vu, la fonction humaine de la communication ne prend son plein sens que lorsque celle-ci devient interactive et bilatérale, même si les transferts à sens unique ont une utilité spécifique dans des cas bien particuliers.

Une des manifestations sociales de ces inconvénients est précisément, dans nos villes récentes ou dans nos mégapoles, la disparition de cette place publique qui constituait jadis le cœur de la cité. L'usage de cette place publique ne subsiste guère de nos jours, et comme une survivance, que dans les régions « en voie d'urbanisation ».

Vers une société informationnelle

Si nous considérons l'Europe ou même le monde occidental, on s'accorde en général pour reconnaître qu'à part quelques zones périphériques, cette région du monde a vu aux alentours de 1960 la société « industrielle » se transformer en une « société de consommation de masse ».

On s'attend à voir apparaître, vers 1985 en Europe occidentale, une « société informationnelle », c'est-à-dire une société où les rapports humains seront couramment plus déterminés par les échanges d'information que par les échanges de biens matériels (aliments, équipements, etc.) ou d'énergie, bien que ces autres échanges doivent certainement conserver sinon accentuer leur rôle de base, au moins par le caractère catastrophique de leur éventuelle paralysie.

Autrement dit, on verra se développer et prendre une importance de plus en plus grande, à côté des secteurs primaire (agriculture et extraction des matières premières), secondaire (industries de transformation) et tertiaire (services) de l'économie, un secteur quaternaire « informatique », ou même « informationnel » si on l'étend à certains services relevant actuellement du tertiaire.

Pour une participation active

L'individu moyen, submergé par un déluge d'informations dont beaucoup sont redondantes et dont la plupart lui sont inutiles, sera — heureusement, pensons-nous — de plus en plus enclin, et invité, à participer à cette activité informationnelle dont il perçoit plus ou moins consciemment la démesure.

Cette démesure est due en effet, fondamentalement, au développement « en porte-à-faux » des transmissions unilatérales dans les systèmes de diffusion, qui





s'explique par des raisons technico-économiques évidentes, mais ne satisfait pas et même contrecarre le besoin humain essentiel de communication bilatérale.

Les premiers éléments de cette participation consisteront évidemment pour l'utilisateur à choisir quelle information il veut recevoir — et pour cela un éventail suffisamment ouvert de contenus de qualité est nécessaire — puis à pouvoir déterminer lui-même le moment le plus opportun pour absorber le contenu choisi, quel que soit le moment auquel il a été transmis ou diffusé. Cela vaut pour les six principaux domaines de l'information sujette à diffusion, qui sont l'actualité, le divertissement, la culture, l'éducation, l'information à usage professionnel (scientifique, industriel, administratif, financier, commercial, etc.) et l'information tendancielle (mission, propagande, publicité). Il est probable que le développement de la société informationnelle continuera dans le sens d'une individualisation de la réception d'information, assortie d'une plus grande adaptabilité de cette réception d'information (dans son mode et de son contenu) à son destinataire humain (individuel ou formé de quelques individus groupés autour du même appareil terminal). Le processus est d'ailleurs déjà engagé, comme en témoigne le fait que la radio ou la télévision occupe le citoyen pendant un temps plus de 20 fois supérieur au temps qu'il passe au cinéma, au concert ou au théâtre, et a fortiori sur la place publique. Cette individualisation risque de contribuer au phénomène général d'émiettement de la vie sociétative lié à l'excessive concentration urbaine dans nos pays industrialisés : l'individu, plongé dans l'anonymat, est isolé de la cité sans pour autant être protégé des contraintes pesantes de la collectivité. Mais ce phénomène n'est pas inéluctable, et les technologies, notamment celles de la communication, peuvent fournir les moyens d'en atténuer l'ampleur et d'en maîtriser les contraintes. On peut imaginer, par exemple, de compenser les effets indésirables des systèmes de transmission audiovisuelle par les moyens de masse en intégrant à ces systèmes certaines facilités telles que :

- la connexion sur demande à une « banque de données », ou bibliothèque centrale, à partir de laquelle, par appel sélectif, l'utilisateur pourrait obtenir tel ensemble d'informations qui lui serait agréable ou utile;
- la bilatéralisation de la liaison terminale, qui permettrait, au moins dans certains cas (p. ex. dans les émissions culturelles et éducatives), une réaction directe et en temps réel de l'utilisateur, par son « récepteur » devenu un terminal domestique duplex, aux informations qu'il reçoit; à la limite, économiquement lointaine, le réseau de diffusion bilatéralisé permettrait la naissance d'une nouvelle sorte de forum;
- la communication interactive entre les terminaux domestiques d'un même réseau, sans remontée nécessaire au centre du réseau, mais à travers des centres secondaires locaux, ce qui permettrait, notamment dans le cas de l'éducation extra-scolaire, de constituer des groupes de réflexion ou de travail dépassant les limites du petit cercle centré sur un terminal domestique.

Une station relais de faisceau tertzien TRT à ondes centimétriques avec ses antennes à réflecteurs.

À cet égard, la tendance actuelle vers l'utilisation extensive de la télédistribution par câble, qui est surtout motivée par le besoin d'augmenter la capacité du réseau de télévision et par l'encombrement des bandes de fréquences radio-électriques, pourrait ouvrir certaines possibilités.

Prévisions en matière de communications futures

Plusieurs travaux de prospective (notamment par l'« Electronics Industries Association » aux USA, par le « Computer Usage Development Institute » au Japon par la DATAR en France) laissent présager la réalisation d'une partie importante de ces possibilités avant ou aux alentours de 1990, les prévisions ayant elles-mêmes évidemment une tendance à évoluer avec le temps.

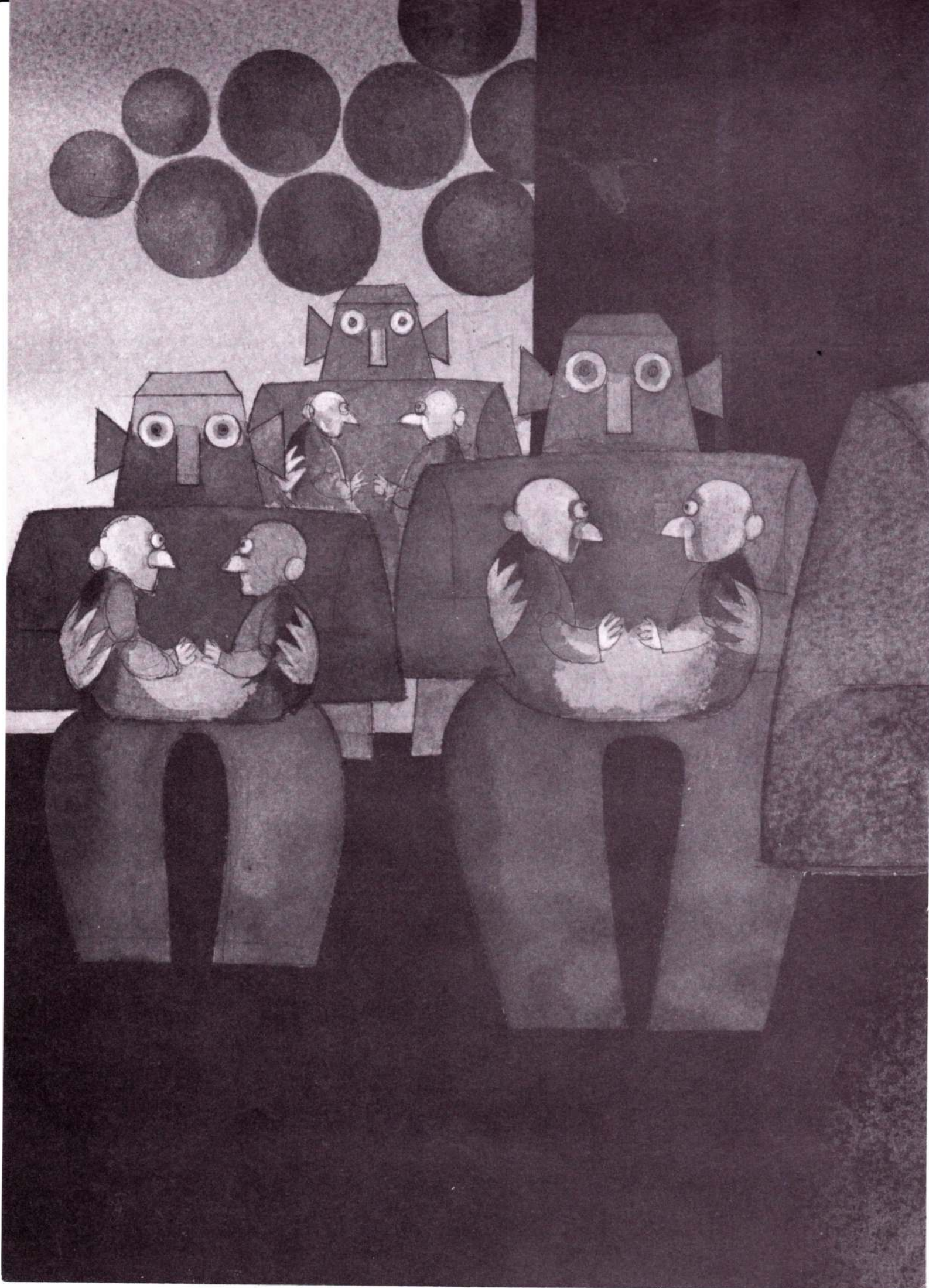
Pour étayer ces prévisions, on peut se référer à l'histoire des équipements domestiques électroniques de réception et de reproduction au cours du dernier demi-siècle : en 1920, ces équipements étaient économiquement inexistantes; en 1970, le ménage européen moyen de l'Ouest avait investi environ 300 dollars en postes de radio et de télévision, électrophones et magnétophones, et dépensait environ 50 dollars par an autour de ces appareils. En 1985, le revenu moyen par tête en monnaie constante aura augmenté au moins de 50% en tenant compte du coût croissant de l'énergie et des matières premières. On peut admettre qu'il en sera de même pour les équipements électroniques de communication d'alors (à savoir les « anciens » déjà mentionnés et les « nouveaux » que nous pouvons nous attendre à voir apparaître).

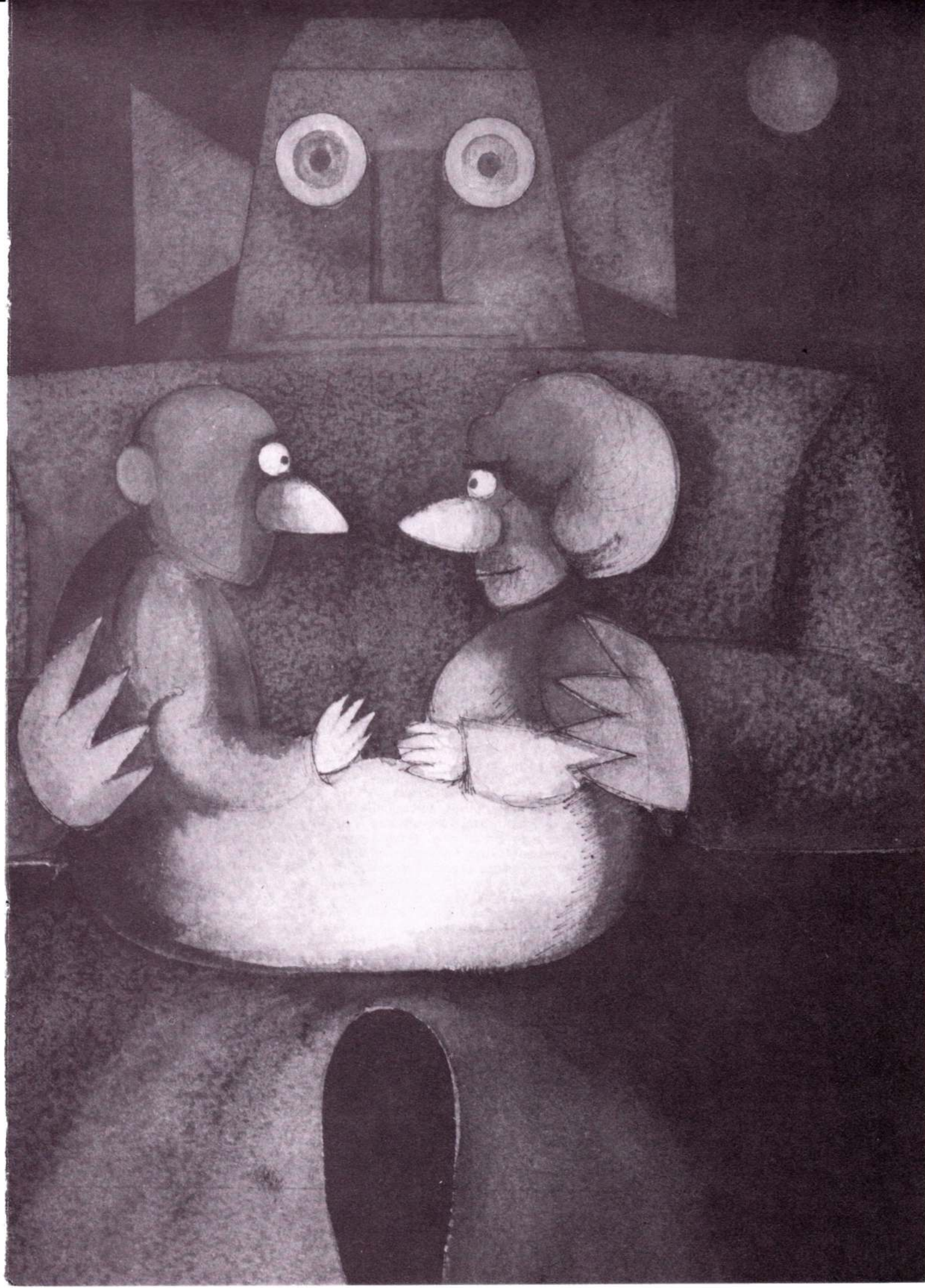
D'autre part, outre l'augmentation évidente, à certains égards même démesurée, du débit des informations publiées (dont témoignent aussi bien l'impact écologique de l'industrie papetière, la surcharge des PTT, l'encombrement des bandes de fréquences radioélectriques et la tendance vers la télédistribution par câbles), on peut trouver des indicateurs de l'importance croissante de l'information pour notre société dans certains chiffres, portant sur la décennie 1960-1970 :

- accroissement du pourcentage représenté par les dépenses publiques d'enseignement dans le produit mondial brut : 3,02% en 1960, 4,24% en 1968, léger fléchissement mais toujours croissance dans l'année postérieure (1);
- taux de croissance relativement élevé des activités économiques informationnelles : estimé de 10 à 20% par an;
- taux de croissance relativement (bien que moins) élevé des industries produisant l'appareillage utilisé par les activités économiques informationnelles estimé de 8 à 10% par an.

Cependant il ne faut pas oublier les facteurs qui peuvent ralentir l'évolution. Outre les questions de compatibilité avec les systèmes établis, il est certain que des problèmes administratifs, organisationnels et techniques, pouvant nécessiter des décisions importantes, se poseront concernant la coexistence et l'interface entre un réseau de diffusion largement bilatéralisé et le réseau des télécommunications; des problèmes ont certes déjà été résolus pour

(1) « Apprendre à être », rapport d'Edgar Faure et al. à l'UNESCO, Paris, p. 48.





l'utilisation à distance des gros ordinateurs mais il suffisait alors que des lignes PTT de capacité téléphonique soient affectées à la connexion des terminaux locaux avec l'ordinateur central. Les nouveaux problèmes liés à l'intégration beaucoup plus intime de liaisons bilatérales ou multilatérales aux systèmes de diffusion de l'information seront certainement d'une dimension et d'une complexité bien plus considérables.

Quelques équipements spécifiques

Les prévisions spécifiques peuvent porter sur trois types de changements:

- la plus grande pénétration des anciens équipements;
- l'introduction de nouveaux équipements dans des systèmes de structure ancienne;
- l'introduction de nouveaux équipements constituant de nouveaux systèmes.

Concernant les anciens équipements, on peut s'attendre dans la décennie 1980-1990 (sans préciser de date exacte) à voir chaque ménage européen occidental moyen disposer de:

- un poste téléphonique au moins d'extension (alors que la densité en téléphones pour 100 habitants en 1971, était de 18,5 en France, 23,2 dans l'ensemble des pays européens de l'O.C.D.E., 60,4 aux USA, 55,7 en Suède, 46,8 au Canada, 45 en Nouvelle-Zélande);
- au moins 2 ou 3 récepteurs de diffusion sonore reliés par câble;
- près de 2 postes de télévision, reliés par câble;
- au moins un magnétophone (enregistreur-lecteur);
- un magnétoscope (enregistreur-lecteur) pour 2 ménages.

Les récepteurs de radio et de télévision actuels (hertziens) ne disparaîtront pas mais seront limités à des postes personnels ou portatifs. Le magnétophone et le magnétoscope, surtout si ce dernier est muni d'une caméra de télévision à bon marché, ont une valeur certaine pour le développement de la créativité.

En ce qui concerne les télécommunications de point à point, on peut s'attendre à une certaine densification des réseaux et à une part croissante, mais sans doute encore minoritaire, de la transmission de données entre machines par rapport à la transmission de l'information verbale (orale ou écrite) d'homme à homme.

Cette densification s'accompagnera de changements du deuxième type. On complètera les systèmes de transmission sur câbles métalliques et sur faisceaux hertziens par des systèmes de structure

analogue, mais où la transmission se fera par ondes millimétriques guidées (technique déjà connue, mais non encore économiquement valable) ou par ondes lumineuses canalisées par des fibres de verre. La figure 1 montre une station relais de faisceau hertzien à ondes centimétriques (avec son antenne à réflecteur paraboloidal) établie par les Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques, la figure 2 montre une expérience des Laboratoires d'Électronique et de Physique appliquée sur la transmission d'un signal optique très bref par une fibre de verre. Ces photographies permettent de se faire une idée de la différence d'encombrement des équipements; mais il faut ajouter, bien sûr, que les télécommunications optiques, impossibles dans de bonnes conditions par simple propagation dans l'atmosphère, exigent que toute la distance entre émetteur et récepteur soit couverte par des faisceaux de fibres de verre.

En ce qui concerne l'enregistrement et la reproduction, l'introduction du vidéo disque, capable d'enregistrer plus d'une demi-heure de spectacle visuel animé sur une surface voisine de celle d'un disque sonore, va sans doute bientôt enrichir les possibilités ouvertes par le magnétophone et le magnétoscope.

Par ailleurs, dans les changements de deuxième type, on peut penser que les organismes de contrôle de la pollution (dont quelques exemples existent déjà en Europe) pourront de plus en plus, grâce à l'extension de leurs réseaux de capteurs, devenir polyvalents, et grâce à celle de leurs équipements de téléinformatique, jouer le rôle d'offices régionaux de protection de l'environnement efficaces et attentifs aux problèmes signalés par les habitants eux-mêmes.

Le troisième type de changement se traduira par l'apparition de nouveaux systèmes de téléinformatisation.

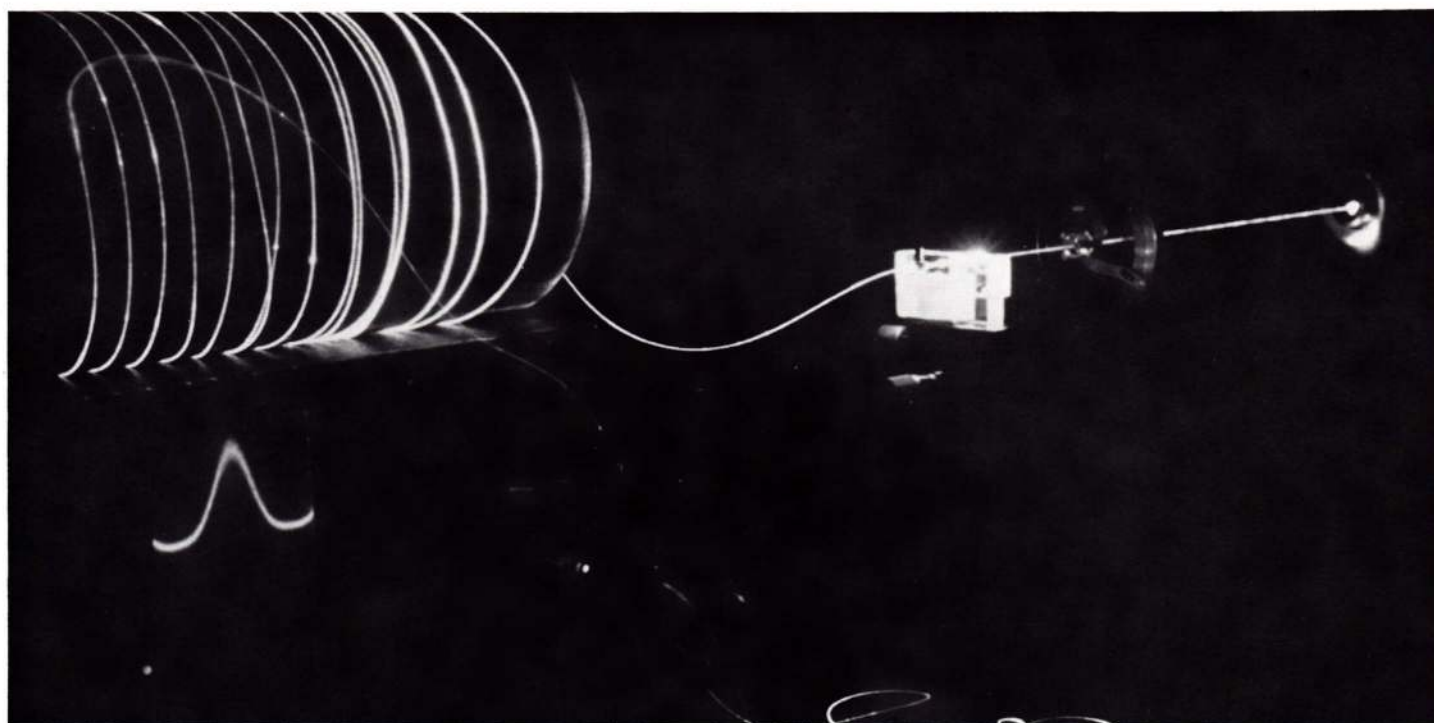
Par exemple, si l'on admet que doit être établi un réseau bilatéralisé et interactif suffisant, on peut songer à le charger d'un certain nombre de services économiques et sociaux (banque, commande d'achats, une part du service de santé, etc.) qui se trouveraient alors « informatisés » jusqu'au niveau de l'utilisateur. A plus brève échéance, l'existence administrative des citadins d'une ville nouvelle de dimension moyenne pourrait être simplifiée par la concentration en un lieu public central d'un jeu de terminaux interactifs, tenu par un personnel d'accueil et d'assistance. Des organismes de télésupervision des villes nouvelles assureront la gestion et le

contrôle automatique de l'infrastructure technique urbaine, par exemple la fluidité de la circulation privée et des transports publics.

Enfin la transmission de l'information visuelle animée et en temps réel (vidéotéléphonie ou « réunions par télévision ») peut aussi en venir à jouer un certain rôle vers 1985-1990, tout en restant sans doute assez limitée par rapport à la télégraphie, au télex, au fac-similé et à la téléphonie, mais en permettant l'intercommunication audiovisuelle entre les citoyens et les divers acteurs de la vie publique.

A ces deux derniers types de changements viendraient correspondre, chez le ménage européen occidental moyen, un certain nombre de nouveaux équipements dont il serait hasardeux de prédire la liste précise, mais dont un ensemble typique pourrait être:

- un lecteur (voire plus tard un enregistreur) de vidéodisques avec une vidéothèque;
- un récepteur de fac-similé (texte et image fixes en noir et blanc ou plus probablement en couleur) relié au système de diffusion publique d'information et permettant essentiellement de garder trace de certaines émissions (d'actualité, éducatives ou concernant les programmes des autres émissions); la vitesse d'inscription serait moyenne et pourrait correspondre à une page standard $21 \times 29,7$ cm, avec une résolution de 5 à 10 points par millimètre, en une minute; ce type de récepteur pourrait entrer sur le marché vers 1980 et avoir une pénétration de 10 à 20 % des ménages en Europe de l'Ouest vers 1990;
- un terminal bilatéral (émetteur-récepteur de fac-similé de vitesse comparable, mais où la couleur serait peut-être superflue), relié au réseau téléphonique ou à un réseau similaire et permettant l'échange rapide de textes et d'images avec conservation matérielle des documents (courrier électronique, peut-être aide aux services bancaire, médical, etc.); ce genre d'appareil pourrait entrer sur le marché vers 1977-1980 et le pénétrer de 5 à 15 % vers 1990;
- un récepteur-enregistreur d'images fixes (sans doute encore de type fac-similé) à vitesse d'inscription supérieure d'un ordre de grandeur à celle des précédents équipements, et permettant la réception et l'impression du journal ou d'autres documents similaires à domicile; l'entrée sur le marché pourrait intervenir en 1980-1985 et la pénétration être de 5 à 10 % en 1990;



- un terminal domestique bilatéral relié au réseau de diffusion (alors transformé par la généralisation de la télédistribution) ou à un nouveau réseau « informatique » au sens large, permettant la communication interactive (par exemple dans des processus éducatifs ou des échanges culturels en temps réel »); on peut songer ici à une entrée sur le marché vers 1985-1990, la pénétration pouvant être relativement rapide (par exemple 10% vers 1995) si le style inter-actif a lui-même progressé dans les relations humaines;

- peut-être un équipement de vidéotéléphone (images mobiles de qualité « télévision » ou voisine), avec entrée sur le marché vers 1985-1990 et pénétration de 5% seulement vers l'an 2000.

De tels appareils seront encore assez coûteux. Mais les habitudes d'exploitation en terminaux de groupe se seront sans doute développées suffisamment pour que, même avec les pénétrations indiquées, ils puissent donner un nouveau visage à certaines activités comme l'éducation extra-scolaire.

Au niveau de la cité, grâce aux moyens nouveaux, les espaces d'accueil ou de réunion dont les citoyens disposeront pour renouer la vie sociétative, autrefois trouvée sur la place du village, pourront être équipés de façon à être non pas des

univers cloisonnés, mais des lieux d'intercommunication intense.

Cette utilisation nouvelle des moyens modernes de communication ainsi offerts à la population locale pourrait bien provoquer une considérable évolution culturelle et une nouvelle forme de vie sociétative, d'une ampleur jusque là inconnue. Un mode efficace de relation se constituerait entre les citoyens et les responsables de la chose publique;

La plupart de ces services ou équipements ne posent pas de problème technique dont une solution ne soit déjà connue en principe, mais bien des problèmes industriels, administratifs et économiques d'exploitation. Leur intégration optimale dans la société implique en outre d'importants changements dans les mœurs et dans les structures.

C'est dire que, si entre 1920 et maintenant les possibilités ouvertes par la technologie au service des activités liées à la communication ont pour une grande part modelé la « vie informationnelle » de la population, il faut penser, et sans doute espérer, que les deux ou trois prochaines décennies verront au contraire les besoins humains et sociaux de la population déterminer les développements de l'industrie et des services correspondant à ces activités : le principe de la « poussée » technologique, loin de régner exclusivement sur

Transmission par fibre de verre d'un signal lumineux plus bref que le milliardième de seconde (expérience des laboratoires d'Électronique et de Physique appliquée).

les innovations, aura fait une place importante à l'« attraction » par les objectifs, c'est-à-dire à une approche systématique et fonctionnelle maintenant la technique dans son droit chemin, qui est le service de tous les hommes.

C.D. et F.S.

N.B. Les auteurs remercient le groupe « Recherches sur le futur » des Laboratoires de Recherche Philips (Eindhoven), avec lequel de fructueuses discussions ont permis de dégager plusieurs idées présentées dans cet article.

Scénarios d'aménagement et politique de transport

A. Plaud *
A. Fahri **

Une stratégie géographique d'aménagement du territoire pour un pays (ici la France) doit compter avec l'évolution probable de la technique et avec la politique à suivre dans quelques domaines : les transports sont l'une des clefs. Aussi dès 1967, en France, a-t-on analysé avec attention le lien entre les transports et la politique géographique d'aménagement.

Soulignons d'abord la difficulté d'établir une image de référence à l'horizon 1990. Par son rôle économique et social, par ses effets sur la localisation des activités et de l'habitat, la politique des transports constitue un instrument important de la politique d'aménagement du territoire. Si l'on veut assurer la cohérence des options prises dans le secteur des transports avec les objectifs de l'aménagement du territoire, il est donc essentiel de connaître ces derniers avec une certaine précision. Au niveau des orientations générales, il est admis que, pour la France, les objectifs correspondent aux six actions-clefs suivantes :

- freiner la croissance de la région parisienne,
- favoriser le développement des métropoles d'équilibre,
- créer des pôles de développement intermédiaires autour des villes moyennes,
- assurer un desserrement des activités dans l'espace européen en aidant au développement des régions périphériques (notamment façade atlantique pour la France),
- intégrer des régions encore défavorisées (montagnes, Bretagne, Sud-Ouest),
- assurer la sauvegarde et la mise en valeur de l'environnement.

Le problème se complique lorsque l'on veut préciser ces orientations générales. La tentation est alors grande d'essayer de définir, au préalable, une image de la répartition future des hommes et des activités sur l'ensemble du territoire, en utilisant divers processus d'extrapolation. Cette démarche constitue le parallèle, à l'échelon national, de la méthode adoptée au niveau des agglomérations urbaines où l'on s'appuie sur un schéma préalable d'utilisation des sols afin de déterminer la demande de transport et son évolution, et d'y adapter l'offre de transport.

Cette approche n'est pas sans mérite, mais elle est de portée limitée. En effet, basée sur l'extrapolation plus ou moins corrigée des tendances actuelles, elle n'est adéquate que pour les types de demandes et d'activités ayant une forte inertie et ne connaissant pas de mutation profonde. En particulier, elle ne permet de saisir ni au niveau national, ni au niveau urbain, l'effet en retour des transports sur la localisation des activités. Si cet effet en retour peut être contrôlé au niveau d'une agglomération par un urbanisme volontaire, il n'en est pas de même au niveau national où la politique d'aménagement du territoire reste essentiellement une politique d'incitations.

Plus généralement, la répartition des activités sur le territoire ne peut pas être étroitement contrôlée par les pouvoirs publics dans l'état actuel des choses, mais simplement infléchie. En effet, au-delà des inconnues concernant l'influence en retour des transports sur la répartition des activités, subsistent toutes celles qui sont propres aux décisions de localisation privées. En outre, le cadre dans lequel se situent ces décisions privées ne dépend pas uniquement de l'autorité de l'État ou des autres niveaux de décision politique; les modifications de l'environnement international, comme l'ont illustré récemment les augmentations des prix du pétrole et des matières premières, peuvent changer radicalement les avantages respectifs des diverses régions pour l'implantation des activités. On comprendra alors qu'il ne soit pas possible d'établir dans l'état actuel des choses un schéma général d'aménagement de la France, analogue national d'un SDAU (schéma d'aménagement et d'urbanisme) qui ait le degré de fiabilité requis pour établir une planification fine et complète des transports à l'horizon 1990. Les travaux de la DATAR et du SESAME en matière de prospective se sont d'ailleurs orientés vers l'examen d'une série de problèmes d'importance stratégique à long terme, plutôt que vers l'élaboration d'un schéma global de caractère normatif.

"Désenclaver" les régions...

En admettant qu'il soit possible de l'établir, un tel schéma ne tiendrait pas suffisamment compte des objectifs de l'aménagement du territoire. En effet, une adaptation trop étroite à la demande exprimée conduit souvent — cela est bien connu — à sous-estimer les besoins de désenclavement, et d'une manière plus générale à négliger les activités qui connaissent de fortes mutations. Or, le territoire français est justement caractérisé depuis une décennie par ses mutations — une industrialisation rapide et inégale et ses conséquences économiques et sociales multiples — qui, si elles sont largement engagées, ne seront pas achevées avant l'horizon 1990.

Au cours de ces mutations, on observe que les transports ont souvent un rôle stratégique dépassant celui d'un simple accompagnement de la localisation des activités. Ceci est évident lorsqu'il s'agit

* Chargé de mission à la Délégation à l'Aménagement du territoire.

** Chargé de recherches au laboratoire « Conjoncture et Prospective ».

de désenclavement. Mais l'effet structurant du transport est également sensible dans certaines régions, déjà bien reliées à l'ensemble du territoire et qui diversifient leurs services de transport pour attirer à elles des activités de pointe et des emplois qualifiés; à cet égard, l'évolution des transports dans les régions européennes les plus dynamiques est significative.

Les transports peuvent aussi être l'instrument d'une stratégie de répartition spatiale des activités en créant un décalage volontaire de l'offre par rapport à la demande. C'est précisément dans les situations de transitions qu'un tel instrument est le plus efficace.

Il semble donc souhaitable de distinguer, dans les décisions concernant la planification des transports, deux sortes de motivations.

D'une part, les motivations relevant d'une adaptation de l'offre à la demande future établie par extrapolation. Ces motivations sont loïsibles d'examen classiques basés sur le calcul économique dont les résultats peuvent contribuer aux orientations stratégiques ou aider dans le choix de variantes technico-économiques d'investissements en matière de transports. D'autre part, les préoccupations stratégiques sur le plan international comme dans le cadre de l'aménagement régional, c'est-à-dire celles qui traduisent les six objectifs présentés plus haut.

Scénarios et stratégie des transports

Le lien essentiel entre la planification des transports et l'aménagement du territoire concerne le rôle structurant des investissements de transport selon les diverses zones du territoire et les catégories d'activités : il s'agit aussi bien de la localisation d'activités nouvelles que de la redistribution des activités existantes. Il faut noter, cependant, que les transports constituent moins qu'autrefois le facteur

prépondérant pour la localisation des activités : des études récentes, en France et à l'étranger, ont permis de mettre en évidence la diminution relative de l'influence des coûts de transports sur la localisation industrielle et tertiaire (1).

Certes, cette influence reste prépondérante pour certaines activités au point d'imposer leur localisation (aluminium près des sources d'énergie par exemple), mais la masse et l'importance de ces activités dans la production nationale, notamment du point de vue de la valeur ajoutée a tendance constamment à diminuer. Cette tendance lourde peut connaître des inflexions passagères comme celle qui résultera du renchérissement des prix du pétrole.

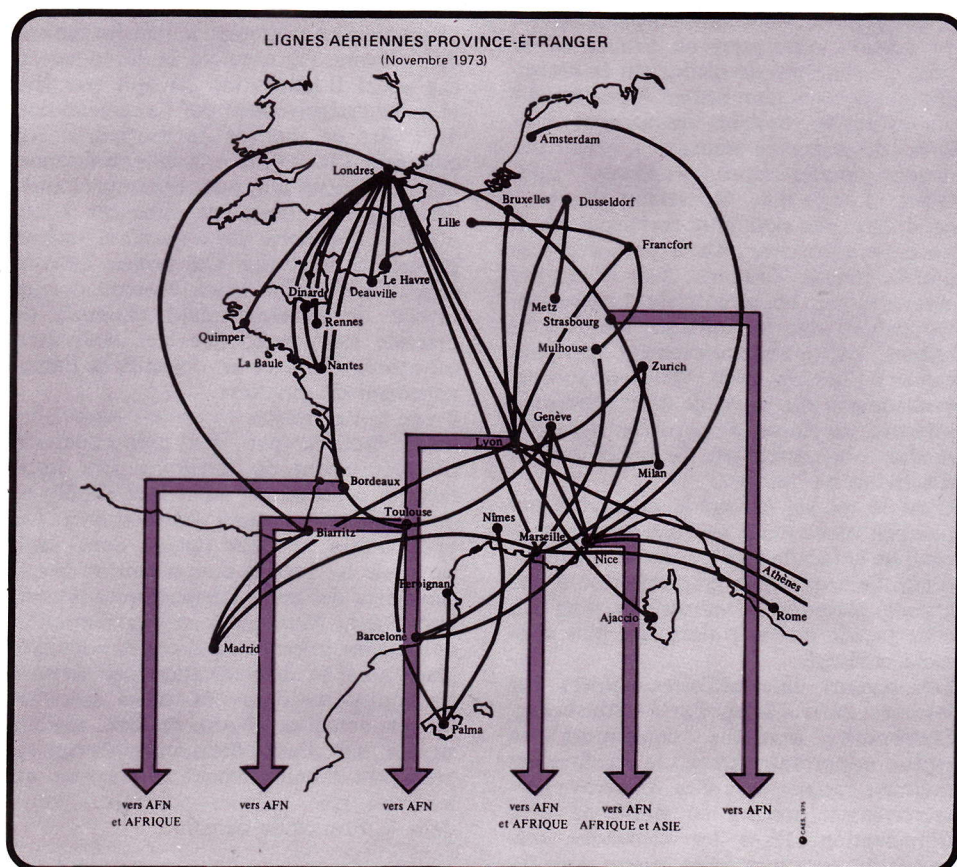
Les facteurs qui jouent un rôle prépondérant concernent de plus en plus la main-d'œuvre - disponibilité, coût, qualification, comportement social. - Malgré l'influence de la crise de l'énergie, en particulier, sur le raffinage et la pétrochimie, il est à prévoir que ces facteurs continueront à jouer un rôle essentiel dans les années qui viennent.

Trois zones en France

Le jeu de ces facteurs conduit à distinguer dans un territoire comme celui de la France, trois types de zones. Nous trouvons en premier lieu des zones d'innovation (exemple : la région parisienne) caractérisées par des activités industrielles et tertiaires à forte valeur ajoutée, de hauts revenus, un tissu industriel riche et diversifié. Elles concentrent les activités de gestion, de recherche-développement, de production de biens ou de services nouveaux.

Viennent ensuite des zones intermédiaires (exemple : les régions de reconversion,

(1) Voir à ce sujet les « Scénarios européens d'Aménagement du territoire » - Travaux et recherches de prospectives n° 47, et les références qui y sont citées.



comme le Nord), caractérisées par une abondance de main-d'œuvre moyennement qualifiée. Elles reçoivent les premières implantations de production en grande série et les activités de sous-traitance; en France et dans l'étape technologique actuelle, les biens intermédiaires y jouent un grand rôle.

Prenons enfin les zones périphériques (exemple : l'Aquitaine) caractérisées par une main-d'œuvre industrielle abondante mais non qualifiée, issue de secteurs en régression. Elles attirent les industries banalisées qui sont à la recherche de main-d'œuvre ou de terrain à bon marché (industrie de la chaussure) ou cherchent à éviter les contraintes dues à la politique de l'environnement (problèmes posés par les raffineries); elles sont également propices au tourisme grâce à leur situation géographique et leur faible densité de population.

A chacun de ces types de zones on peut associer un ensemble de services de transport qui lui est adapté, et qui finit d'ailleurs par être réalisé, car la demande en est exprimée tôt ou tard. On observe que les zones d'innovation ne sont pas uniquement caractérisées par une desserte interne et externe dense, mais surtout par une diversité de services de transports, offrant une grande souplesse de choix aux agents économiques (entreprises, industries) pour qui elle joue un rôle attractif essentiel.

L'organisation des transports dans les zones intermédiaires diffère, en général, de celles des zones d'innovation non pas par l'existence d'une desserte au niveau régional, interrégional ou international, mais par l'absence de cette diversité et de cette souplesse de choix, qui y seraient superflues. En ce qui concerne les zones périphériques, les grands axes de transport, s'ils existent, correspondent soit à un transit soit à des poches d'activités précises - ports, tourisme... - et la densité du réseau de transport reste en général faible. Les problèmes des zones d'innovation concernent essentiellement la congestion et la diversification; ceux des zones intermédiaires, l'adaptation d'un réseau de transport relativement peu diversifié aux changements d'activité; ceux des zones périphériques, le désenclavement.

Une organisation spatiale de cette nature, accompagnée d'une organisation des transports qui lui est adaptée, se superpose à une organisation préexistante avec laquelle elle a souvent peu de rapports, ce qui ne manque pas de poser de difficiles problèmes de liaison et de transition, surtout en ce qui concerne les transports. Ainsi, bien que l'on juge, en général, souhaitable de désenclaver une région périphérique, un désenclavement trop brutal peut entraîner des difficultés pour les activités existantes, difficultés qui ne seront pas compensées par l'attraction d'activités nouvelles. Il peut en résulter, en définitive, une régression globale de cette région.

Plus généralement, dans une France qui est encore en pleine mutation industrielle, le statut des régions - leur place dans la typologie que nous avons esquissée ci-dessus n'est pas encore déterminé. Les marges de manœuvre ne sont sans doute pas les mêmes pour toutes les régions et l'on peut affirmer que dans certains cas les transports peuvent jouer un rôle qui,

s'il n'est pas déterminant, présente un caractère stratégique fort; à condition que l'on accepte des décalages éventuels entre l'offre et la demande future prévue, décalages qui pourront se traduire soit par des anticipations, soit même par des retards.

Deux scénarios possibles

On peut esquisser deux types de scénarios en première analyse, fondés sur des images contrastées de la France dans la division internationale du travail.

Le premier situe la France dans le cadre d'une Europe forte et autonome à terme, et prévoit pour elle une place importante dans le domaine des industries de pointe et des activités qui leur sont associées. Ainsi se trouveraient rentabilisés des investissements audacieux que la France a depuis longtemps engagés. La France jouerait d'autre part un rôle politique clef notamment en ce qui concerne les relations avec le Tiers Monde, et mettrait à profit ce rôle pour accroître ses exportations de biens d'équipement et consolider sa position en Europe sur les plans économique et politique.

Le deuxième type de scénario voit au contraire une concentration accrue des industries de pointe aux États-Unis et dans une moindre mesure en Allemagne et au Japon. La France se spécialiserait dans la production des biens intermédiaires, mais se trouverait concurrencée par les nouveaux pays entrant dans ce domaine d'activités. Il est à prévoir qu'une telle évolution amène à terme à une rupture, soit de la construction de l'Europe avec un retour au protectionnisme français, soit de la croissance économique en France avec les conséquences sociales que cela peut comporter.

Sur le plan régional, la Région parisienne reste en tout état de cause une zone d'innovation éventuellement étendue à la Basse-Seine et à une partie du Bassin parisien. Elle se renforce dans le deuxième scénario, où aucune autre zone en France ne se trouve en mesure de réellement la décongestionner. La région Rhône-Alpes connaît une évolution similaire, moins nette dans le cas du deuxième scénario. L'avenir des régions périphériques - Ouest, Sud-Ouest, Languedoc, Roussillon, Corse - ne diffère pas non plus fortement selon les deux scénarios. Mis à part quelques poches comme Toulouse, avec l'industrie aéronautique, ou la côte du Languedoc-Roussillon avec le tourisme, ces régions restent encore essentiellement périphériques à l'horizon 1990. Mais leur sort est évidemment plus enviable dans le premier scénario, en raison d'une décentralisation rendue plus aisée par la concentration d'activités de pointe.

C'est le cas de la façade atlantique qui pourrait alors jouer un rôle équivalent à celui de la façade méditerranéenne aujourd'hui. Le projet d'un grand port ou d'une grande plate-forme industrielle situé sur cette façade pourrait alors être plus aisément envisagé.

Les régions intermédiaires, situées sur les axes Paris - Lille, Paris - Strasbourg, Strasbourg - Marseille constituent un enjeu important. Dans le cadre des premiers scénarios, elles peuvent progressivement accéder au statut de zone d'innovation. Dans les deuxièmes scénarios au contraire, elles restent soit des

régions de reconversion permanente, soit des régions ne réussissant pas à pousser leur décollage industriel au-delà des produits de première transformation. L'éventualité d'une régression n'est sans doute pas exclue. Le contenu futur de la deuxième extension de la zone industrielle de Fos apparaîtra comme un révélateur. Mais quel que soit le sens de cette évolution, ces régions connaîtront de fortes mutations. Il est probable que ces décisions de planification en matière de transports concernant ces régions influenceront très fortement la répartition globale des activités dans leur environnement géographique proche. On peut donc déjà affirmer que les décisions de planification des transports concernant ces régions révèlent une importance stratégique pour l'aménagement du territoire.

Mais il est évident que ces décisions stratégiques en matière de transport ne suffiront pas à déterminer l'avenir de ces régions : elles constituent sans doute des conditions nécessaires, mais non suffisantes. Plus généralement, on ne peut à l'heure actuelle trancher entre les deux types de scénarios esquissés ci-dessus. Aussi, ces décisions stratégiques en matière de transports devront ménager une certaine flexibilité pour s'adapter à d'autres évolutions possibles et éviter les gaspillages.

L'horizon 1990

On peut, à l'horizon 1990, distinguer deux types de projets d'investissement dans le secteur des transports : ceux qui sont motivés essentiellement par l'adaptation de l'offre à la demande, et les projets motivés par des préoccupations d'aménagement du territoire. Les projets motivés par l'adaptation de l'offre à la demande concernent les zones d'innovation, et en particulier le Bassin parisien et la Région Rhône-Alpes, ou un plan plus global à l'échelle de l'ensemble du territoire. Ces projets peuvent néanmoins avoir un lien direct avec les stratégies de l'aménagement du territoire. Par exemple, la décongestion des zones d'innovation ne doit pas être obtenue exclusivement par l'augmentation de l'offre en matière de transports. Au contraire, l'incitation à la décentralisation doit aussi intervenir, pour éviter que l'amélioration des transports dans ces zones n'aille à l'encontre des objectifs d'aménagement du territoire. Ces projets devront être analysés selon leurs répercussions au niveau du développement régional, de manière à s'assurer que leur réalisation est compatible avec les objectifs de l'aménagement du territoire.

En ce qui concerne les projets essentiellement motivés par des préoccupations d'aménagement du territoire, leur justification économique en termes d'offre et de demande doit aussi être examinée. On peut d'ores et déjà ranger dans cette catégorie les projets concernant le désenclavement des zones périphériques (Ouest, Sud-Ouest, Montagne) et l'amélioration de liaisons internes dans ces régions; s'y place aussi la diversification des services de transports dans les zones intermédiaires actuelles (Nord et Est, régions situées sur l'axe Strasbourg-Marseille), préparant éventuellement ces régions au nouveau rôle qu'elles pourraient jouer dans la France de demain.

LES MODES NOUVEAUX DE TRANSPORT URBAIN EN FRANCE

G. Dobias - J.P. Weiss *

Il semble particulièrement intéressant pour un pays de réfléchir à l'avenir des modes nouveaux de transport urbain dans les cinq prochaines années.

Cette réflexion doit évidemment s'appuyer sur le bilan de la situation actuelle, et sur les perspectives à moyen terme en matière de transport urbain dans les villes françaises.

Elle doit également intégrer les préoccupations plus générales qui régissent la politique française actuellement : le rétablissement de la balance des paiements – et dans ce cadre les objectifs d'économie d'énergie – la protection accrue de l'environnement, l'amélioration de la qualité de la vie des Français, et notamment des classes les plus défavorisées.

Le bilan

Le programme finalisé « modes nouveaux de transports collectifs » prévoyait au cours du VI^e Plan « la promotion de l'innovation technologique et l'expérimentation de modes nouveaux de transport en commun économiquement viables pour des débits sensiblement inférieurs à ceux du métro classique et avec une qualité de service élevée ».

Le projet de programme prévoyait des coûts d'investissement de 5 à 8 MF (valeur 1970) par kilomètre et évoquait la possibilité à terme de desservir par des transports nouveaux les 20 plus grandes agglomérations françaises.

De 1970 à 1974, la politique en matière de modes nouveaux s'est largement inspirée de ces idées. L'aide de l'État a porté sur le développement d'une demi-douzaine de systèmes nouveaux urbains, sans compter les transports hectométriques.

Les systèmes les plus prometteurs ont peu à peu concentré l'attention des pouvoirs publics : Val, Aramis, Poma 2000, Bi-Mode...

Toutefois, malgré les succès indéniables recueillis par ces techniques au cours du développement engagé, le processus n'a pas été aussi rapide que prévu.

S'il a été possible de mettre en face de chaque technique le nom de la première expérimentation commerciale et celui de l'industriel – Évry pour le Bi-mode, Lille pour le Val, Grenoble pour Poma 2000, Choisy-Créteil pour Aramis (1) – et si les études de ces liaisons sont bien

avancées, les travaux proprement dits n'ont pas débuté, à l'exception du cas particulier de la ville nouvelle d'Évry.

Pourquoi ces retards ?

Les difficultés technologiques sont pour partie à l'origine des délais supplémentaires imposés à la réalisation des lignes commerciales. Mais pas fondamentalement, puisque les expérimentations techniques engagées ont toutes démontré que les systèmes « marchaient ».

En fait, au fur et à mesure que les techniciens progressaient dans le développement des modes nouveaux, ils ont été amenés à répondre à des questions de plus en plus délicates sur certains aspects de leur système, et notamment la sécurité et l'exploitation.

En matière de sécurité, un revirement assez profond est en train de s'opérer. On s'est vite aperçu qu'à imposer la recherche d'une sécurité totale, absolue, d'ailleurs fictive, on aboutissait très vite à des coûts très élevés, sans doute inutilement élevés ; c'est la démarche même qui était en cause.

Aujourd'hui, les constructeurs avec l'aide des experts de l'État et des exploitants s'orientent vers l'idée qu'il faut fixer une limite, un objectif précis à la sécurité.

Le résultat sera sans doute absolument analogue pour l'utilisateur, qui ne risquera pas plus d'accident dans le système nouveau que dans un métro. Il risque d'être très différent pour le constructeur et les choix technologiques qu'il fera.

En ce qui concerne l'exploitation, les constructeurs ont été amenés là-aussi à remettre partiellement en cause leurs idées de départ. La confrontation de leurs systèmes avec la « demande de transport » qu'il leur faudrait satisfaire, même simulée par un ordinateur, et avec les points de vue d'exploitants de systèmes classiques a conduit également à des adaptations parfois importantes par rapport aux projets initiaux.

Sur un troisième point, la réalité a divergé des prévisions : il s'agit des coûts : dépenses d'investissements et dépenses d'exploitation.

L'objectif de coûts d'investissement très nettement plus faibles que ceux du métro sera sans doute difficile à tenir, d'abord

parce que les coûts de matériel, englobant les modifications dues à la sécurité et à l'exploitation se sont révélés supérieurs aux prévisions, ensuite parce que l'économie due au passage aérien généralement prévu sera limitée par la nécessité de prévoir dans les parties très denses proches des centres des villes des passages souterrains sur une portion de la ligne.

Quant aux coûts d'exploitation, il est encore trop tôt pour savoir s'ils tiendront leur promesse. L'économie escomptée du remplacement de personnel humain par des automatismes ne sera appréciable qu'à l'examen du comportement des usagers. Les coûts d'entretien restent le poste le plus délicat à déterminer.

Tandis que les modes nouveaux connaissent ces difficultés qui, pour n'avoir pas été prévues dans le détail n'en étaient pas moins normales eu égard à ce que représente la mise au point de ces systèmes, les idées évoluaient peu à peu en matière de transports urbains.

L'autobus, un rôle oublié

D'une part, les transports collectifs étaient globalement « revalorisés » dans l'opinion publique à partir du constat que l'automobile conduisait assez généralement par son usage excessif à des situations de congestion et d'insécurité inquiétantes, et surtout par l'exigence récente d'économiser l'énergie.

D'autre part, l'autobus retrouvait dans l'esprit des responsables des transports un rôle oublié et des efforts nouveaux étaient envisagés pour mieux adapter le véhicule et son exploitation aux situations contemporaines.

Parallèlement, l'idée que les transports devaient nécessairement équilibrer leurs dépenses par leurs recettes ne résistait pas à la confrontation avec les faits, et de nouvelles incitations mieux adaptées étaient recherchées, justifiées notamment par le fait qu'une exploitation très bien étudiée d'un système de transport existant pouvait conduire à couvrir des déficits d'exploitation permanents mais sans commune mesure avec des investissements lourds d'infrastructures nouvelles.

* Adjoint du directeur des Transports terrestres, Ingénieur à la Direction des Transports terrestres. Article paru dans *Équipement-Logement-Transports* (Oct. 74).

(1) L'Aérotrain n'appartient pas à ce créneau, mais à celui des dessertes suburbaines.

Il faut enfin mentionner l'apparition de nouvelles tendances remettant largement en cause l'objectif même de vitesse sous-jacent à tous les modes de transport développés, au nom des économies d'énergie notamment, mais plus généralement d'un certain mode de vie.

Tel est, brièvement résumé, le contexte dans lequel se situent les modes nouveaux de transport urbain aujourd'hui.

Il faut alors tenter de répondre aux questions suivantes :

- Les transports urbains nouveaux en cours de développement iront-ils à leur terme? Dans quel délai et pour quelles dépenses?
- Comment les modes nouveaux français et étrangers se situent-ils respectivement?
- Quelle est l'ampleur des lignes de transport en site propre qui pourront être achevées ou entreprises d'ici 1980?
- Quel sera le rôle respectif des autobus et des modes nouveaux?
- Peut-on voir réapparaître des transways ou des trolleybus?
- Faut-il lancer de nouveaux programmes de recherche dans les transports urbains et sur quels points?
- Quel devra être le rôle de l'État en matière d'aide à la réalisation de lignes nouvelles en site propre?
- Faut-il adapter les procédures d'aide au développement et comment?

Dix ans pour voir le jour...

La mise au point de chacune des techniques nouvelles s'inscrit dans le cadre d'un projet précis de première expérimentation commerciale. Il y a là un élément évidemment stimulant pour les partenaires en présence, dont les efforts prennent une justification plus importante, et une référence concrète aux problèmes à traiter. Il y a aussi, bien entendu, le risque que les délais de développement du système nouveau se révèlent incompatibles avec les besoins en transport sur le site choisi, et que la substitution d'une technique classique à la technique nouvelle s'accompagne d'une condamnation globale de cette dernière.

On peut considérer que ce risque est désormais faible pour les techniques en cours de développement, soit que les sites choisis sont volontairement encore assez éloignés de la saturation, tout en représentant un véritable besoin à moyen terme, soit - c'est le cas de Lille - que le développement du système nouveau soit suffisamment avancé pour que les délais escomptés pour son ouverture au public se révèlent assez proches.

Il n'en reste pas moins qu'il faut sans doute environ dix ans pour que les techniques les plus intéressantes voient le jour, et s'il est permis de croire aujourd'hui qu'elles seront toutes en service sur une ligne

rale d'Allemagne, ont entrepris de développer des techniques semblables, mais n'ont pas atteint le stade des techniques françaises. Dans la concurrence internationale qui s'établit actuellement, plusieurs éléments



Le véhicule du système POMA 2000, avec ses tourets d'accélération et de décélération, sur la piste d'essai de Grenoble.

avant 1980, les délais très optimistes qui avaient été annoncés par les constructeurs ont été presque doublés.

Les dépenses de mise au point d'un système nouveau s'échelonnent entre 40 et 70 millions de francs. La réalisation d'une première ligne commerciale coûte, selon sa longueur et les problèmes d'insertion dans les sites, de 20 à 40 millions de francs du kilomètre.

Modes nouveaux français et étrangers

Il semble qu'actuellement les techniques françaises n'aient de concurrents sérieux qu'aux États-Unis. D'autres pays européens, et notamment la République Fédé-

semblent être des données intangibles :
- aucune commande ne sera passée par un pays étranger avant la réalisation d'un circuit technique et en général d'une première ligne commerciale dans le pays d'origine;

- la vente de techniques françaises implique que les industriels aient noué des liens avec des homologues du pays étranger, et suppose une adaptation de leur technique.

– à travers les procédures d'homologation mises en place par divers pays, ceux-ci disposent de moyens pour limiter l'implantation de techniques étrangères. Des accords de réciprocité analogues à ceux que connaît l'aviation civile devront être sans doute élaborés.

On peut raisonnablement penser que les cinq années à venir seront l'occasion d'un nouveau tri parmi les techniques en cours de réalisation dans les divers pays et qu'à partir de 1980, les termes de la concurrence internationale dans ce domaine seront précisés. S'il est plausible de croire que les pays développant actuellement des techniques s'équiperont très largement avec leurs propres réalisations, le faible nombre de ces pays donne la mesure des marchés à l'exportation, sans doute élevée.

Les lignes en site propre d'ici 1980

Quelle sera la part respective des techniques classiques et nouvelles dans les transports urbains?

Cette question pose le problème de la politique en matière de transports urbains et nous n'aurons pas l'ambition d'y répondre complètement.

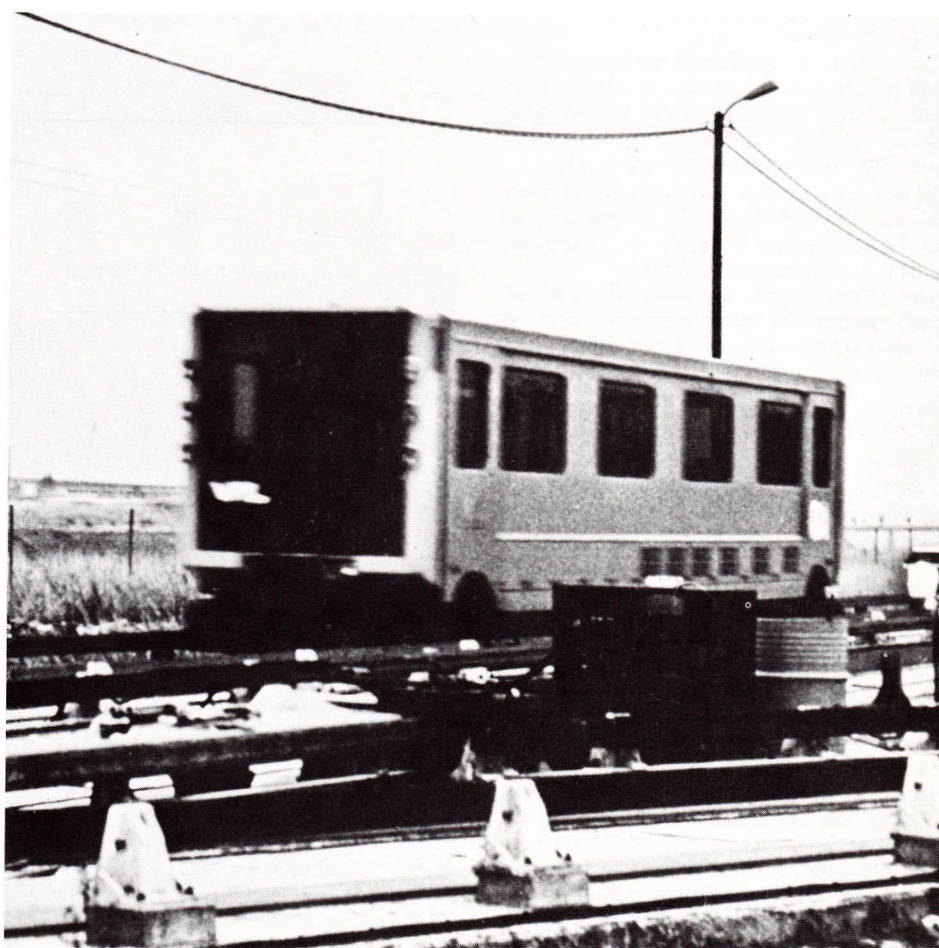
Il est possible d'apporter cependant un certain nombre d'éléments à ce débat. Les premières expérimentations commerciales des modes nouveaux seront décisives pour décider de leur avenir : en effet, si le risque d'un échec technique aura très largement été écarté avant même l'ouverture au public, il reste que la technique devra faire la preuve de son succès économique. Elle devra attirer par sa qualité de service une part importante du trafic urbain de personnes concernées, et maintenir ses coûts d'exploitation à un niveau suffisamment bas pour que ceux-ci soient couverts totalement ou largement par les recettes perçues auprès des voyageurs. Aussi paraît-il raisonnable d'attendre pour décider de choix technologiques face aux demandes de réalisation de lignes en site propre que les premières lignes commerciales aient fonctionné normalement pendant un an au moins.

Ce délai s'inscrit normalement dans la période 1975-1980.

Cela dit, les projets de lignes en site propre se multiplient actuellement en France. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut déjà citer les villes suivantes où des projets ont été étudiés; Toulouse, Bordeaux, Strasbourg, Rouen, Nice, Nancy... Sans compter divers sites évoqués en région parisienne et les villes de Lyon et de Marseille où un métro est en cours de réalisation.

Il apparaît très souhaitable que les études économiques et techniques soient menées dans de bons délais, tout en laissant le choix de la technologie à retenir ouvert le plus longtemps possible.

Mais il apparaît également souhaitable de comparer systématiquement du point de vue des coûts et de la qualité de service un projet de ligne en site propre et un effort particulier d'amélioration de l'offre par



Parallèlement la réflexion devra être poussée pour savoir jusqu'à quel seuil de population l'implantation d'un système en site propre se justifie. Dans certaines configurations urbaines, ce seuil est sans doute très inférieur à celui des villes citées et des sites propres légers sont sans doute envisageables notamment pour relier des pôles excentrés (Z.U.P., universités, zones industrielles...) à des centres de ville.

La part respective des techniques nouvelles et classiques s'inscrit dans ce contexte. Chaque implantation de ligne nouvelle permet une large restructuration du réseau d'autobus existant, servant notamment au rabattement des usagers vers les stations de la ligne.

Le VAL : un mini-métro développé par la société MATRA, choisi par Lille (France) pour relier la ville nouvelle au centre de la cité et pour assurer la desserte interne de la ville nouvelle.

autobus réservant notamment des emprises pour leur passage.

Quant aux tramways et aux trolleybus, si les experts sont nombreux à redécouvrir leurs vertus aujourd'hui, il paraît difficile de rétablir en l'état, purement et simplement, ce qui avait été supprimé il y a quelques années et il conviendra donc de réfléchir aux formes nouvelles que pourraient revêtir ces techniques modernisées.

Les nouveaux programmes de recherche à lancer

Parmi les créneaux qui n'ont pas encore été explorés, il reste sans doute des techniques proches du prémétro bruxellois. Toutefois, il s'agit sans doute surtout d'applications de techniques existantes, modernisées et automatisées.

Les efforts de recherche devraient surtout porter dans les années à venir sur les techniques d'exploitation des modes nouveaux ou des autobus : régulation de trafic, information des passagers, etc.

Un effort particulier sera sans doute effectué sur les techniques de propulsion, et sur la conception générale de l'autobus, dont le marché est considérable.

Mais il paraît peu probable aujourd'hui, sauf découverte extraordinaire, que le développement de nouveaux systèmes soit entrepris.

Le rôle de l'État

Ce dernier point nous servira de conclusion. L'aide de l'État au secteur des transports urbains et plus particulièrement au développement des techniques nouvelles est à la fois financière et technique.

L'aide financière au développement devra évidemment se poursuivre. Il est cependant souhaitable que la concentration des efforts apparue récemment se maintienne. Si l'on peut penser que l'ampleur des efforts financiers à consentir implique que l'on déroge à la règle en matière d'aide au développement en France (avance remboursable de 50 % à l'industriel) en faveur de taux plus élevés, au fur et à mesure que progresse le développement, il reste souhaitable que l'industriel prenne une part du risque dans la mise au point du système, et que l'État puisse bénéficier directement ou indirectement des retombées financières de l'aide qu'il aura consentie. Il reste à arrêter là une doctrine définitive. L'aide financière à la construction de lignes en site propre sera sans doute nécessaire tant que les collectivités locales n'auront pas été dotées de moyens importants sur le plan financier. L'instauration du versement transports et son projet d'extension aux villes de 100 000 habitants au moins, constitue un pas important en ce sens.

L'aide technique sera fournie comme par le passé par l'Institut de Recherche des Transports. L'expérience a montré en outre que les exploitants de transports, et notamment la R.A.T.P. bénéficient d'une expérience importante adaptable aux questions que pose la mise au point des techniques nouvelles.

Enfin il est très souhaitable que les services d'études locaux, soit municipaux, soit l'État (C.E.T.E., D.D.E.) soient en mesure d'apporter une aide technique ou économique aux municipalités concernées.



Aramis, système de transport en site propre, entièrement automatique, expérimenté sur le site de l'aéroport d'Orly depuis 1973 : vitesse moyenne 50 km/h, 15 000 passagers à l'heure.

A l'heure actuelle, l'ensemble des questions liées à la mise en œuvre de techniques nouvelles de transports urbains est loin d'être figé. Il reste à élaborer ou à mettre au point nombre des rouages qui doivent aboutir à l'amélioration générale des transports dans les villes. La coordination des efforts locaux et nationaux s'impose particulièrement, mais également la réflexion sur les expériences passées ou en cours.

G.D. - J.P.W.

Transports urbains : horizon 1990

Xavier Godard et S. Naessany*

Nous nous proposons d'analyser les principaux problèmes possibles à l'horizon 90 pour les besoins de transport dans les agglomérations : ceci revient à étudier les conditions dans lesquelles l'offre de transport satisfera les besoins tels qu'ils pourront être façonnés par l'évolution du système urbain.

L'appréhension des problèmes à l'horizon 90 doit reposer sur une analyse approfondie de la tendance actuelle en matière de politique de transports urbains, soit que ces problèmes résultent du prolongement de cette tendance, soit qu'ils apparaissent à l'occasion d'une rupture.

A la suite des contradictoires engendrées par l'usage intensif de la voiture particulière dans les agglomérations, et notamment dans les zones centrales, on observe depuis quelques années les éléments d'un retournement de tendance en faveur des transports collectifs. Cette nouvelle tendance de « réhabilitation » des transports collectifs qui va de pair avec le souci d'un maintien de l'attractivité des centres, peut être décelée à travers les éléments suivants :

- tarification du stationnement et réglementation plus stricte de la voiture particulière dans les zones centrales,
- mise en place de bandes réservées pour autobus,
- efforts de promotion sur certaines lignes de bus (confort, fréquences, etc.),
- nouvelles sources de financement des transports collectifs (taxes employeurs),
- études de projets de lignes de transport collectif en site propre dans de nombreuses villes de province,
- recherche de nouvelles technologies de transport collectif,
- réalisation de lignes de métro, ou de prolongements de lignes, en Région Parisienne, à Lyon et Marseille.

Mais on ne peut se contenter d'une approche superficielle : il faut analyser de manière plus détaillée les principales composantes de la tendance - offre de transport et évolution urbanistique conditionnant la demande - en distinguant notamment les zones centrales des zones périphériques.

L'évolution urbanistique

On peut s'attendre à un accroissement élevé de la population des villes (de l'ordre de 70 % d'ici l'an 2000) dont une bonne partie contribuera à la croissance de l'urbanisation périphérique des agglomérations de province. Il semble bien qu'il s'agisse là d'une tendance lourde difficile à infléchir et l'incertitude porte bien plus sur les différences de croissance, suivant la taille des villes, ou suivant les régions

auxquelles elles appartiennent, que sur le mouvement d'ensemble.

Ce que seront les formes d'urbanisation périphérique (plus ou moins grande densité de l'habitat et des activités, création de pôles structurants, etc.) est plus incertain et dépend en partie de l'organisation des transports qui sera adoptée. Toujours est-il que la tendance « naturelle » est celle d'une urbanisation diffuse, faiblement structurée, fondée sur l'usage de l'automobile : habitat diffus et quelques concentrations d'emplois.

Sur le plan de la demande de transport, il faut s'attendre à ce que l'importance croissante de l'urbanisation périphérique soit lourde de conséquences. On peut distinguer au moins trois effets :

- fort accroissement du nombre des déplacements périphériques. Ces déplacements devraient, à l'horizon 1990, avoir une importance sensiblement équivalente à celle des déplacements à destination du centre.
- allongement des distances de déplacements, qu'il s'agisse des déplacements périphériques ou centre-périphérie. Ce phénomène est renforcé par un développement urbain diffus permis par l'automobile, et va à l'encontre des solutions classiques de transport collectif (lignes de bus).
- importance nouvelle des déplacements suburbains, qui conduit à l'éclatement de la notion de transport urbain. Les liaisons entre agglomérations limitrophes s'accroissent d'autant plus que de larges zones urbanisées, ou conurbations, apparaissent peu à peu. D'anciennes communes rurales ou de petites villes tombent peu à peu dans la zone d'influence des grandes agglomérations. L'intégration des transports urbains et des transports régionaux deviendra ainsi probablement une nécessité impérieuse.

Automobile contre transports collectifs

L'effort que l'on peut constater et prévoir dans les prochaines années en faveur des transports collectifs concerne essentiellement les zones centrales, là où les problèmes de transport urbain se posent de la manière la plus aigue : il s'agit de favoriser l'usage des transports collectifs pour les liaisons à destination du centre ; c'est pourquoi des mesures de priorité sont envisagées en faveur des autobus pour la partie centrale des déplacements, de même que sont envisagées des lignes en site propre pour certaines liaisons essentielles reliant le centre ancien à un pôle périphérique.

Par contre, peu d'améliorations sont réellement envisagées pour les transports de surface à la périphérie des villes et même

dans les banlieues proche du centre : l'accent est mis, lorsque la demande est suffisante, sur d'éventuelles lignes en site propre qui permettraient de modifier profondément l'offre de transport collectif. Mais l'on sait que ces lignes en site propre ne seront mises en place que lentement dans quelques agglomérations et qu'elles ne desserviront qu'une partie des zones périphériques.

Pour la majorité des déplacements centre-périphérie, il semble que les transports de surface (lignes de bus) exploités de façon traditionnelle soient peu compétitifs avec la voiture particulière, même si des mesures de priorité sont prises en leur faveur dans la partie centrale des agglomérations. Par exemple, si l'on suppose un parcours d'une distance de 5 kms, une fréquence de l'ordre de 10 minutes, une vitesse commerciale de 15 km/h, (hypothèse relativement favorables) on obtient un temps de parcours porte à porte supérieur à 30 minutes.

Il apparaît donc que les mesures de priorité aux transports de surface dans les zones centrales bénéficient essentiellement aux déplacements réalisés entre le centre et la proche banlieue.

Quant aux déplacements périphériques, la tendance actuelle est très nette, c'est celle d'un large développement de l'usage de la voiture particulière. Cette tendance est non seulement celle observée mais aussi celle projetée dans les études de plan de transport des agglomérations.

En d'autres termes, la nouvelle tendance actuelle est caractérisée par le principe d'une adaptation minimum en faveur des transports collectifs, selon les forces en présence.

Les problèmes à l'horizon 1990

Il faut s'attendre à ce que tous les investissements prévus ne puissent être réalisés en raison d'exigences accrues en matière d'environnement.

Ceci concerne les opérations de voirie urbaine pour des raisons connues (bruit, effet de coupure, expropriations...), de même que la construction de parkings dans les zones centrales.

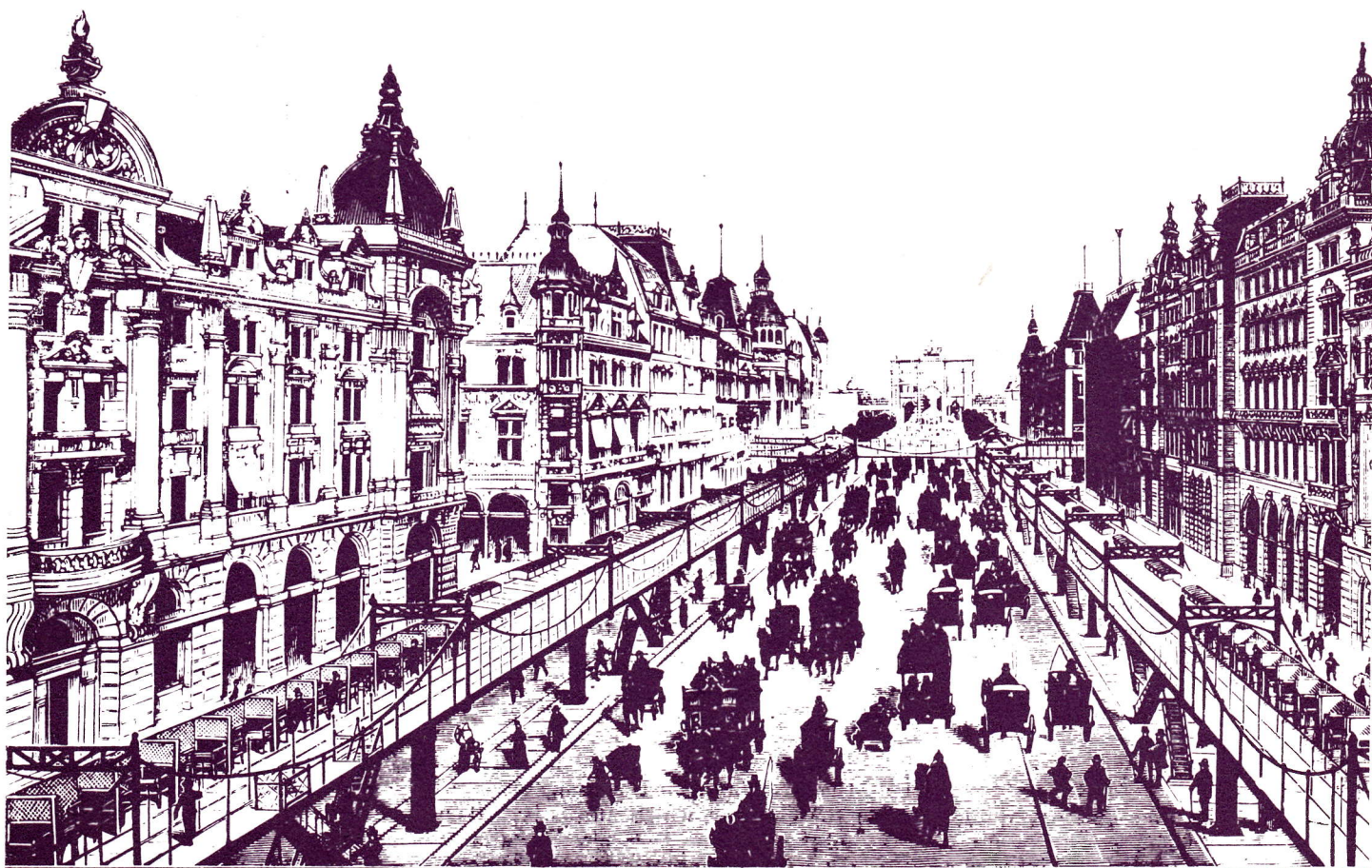
Ceci concerne également la construction de lignes de transport collectif en site propre pour les parties aériennes (esthétique...) et les parties en tranchées : les travaux dans les villes risquent d'être ressentis comme de plus en plus pénibles par les riverains et les habitants en général

* Économiste, Institut de Recherches des Transports ; Ingénieur, Service des Affaires Économiques et Internationales, Ministère de l'Équipement.



Le chemin de fer-trottoir roulant, imaginé par Alfred Speed, du New Jersey, en 1890.

Le voyageur monte d'un trottoir à l'autre et atteint les sièges placés sur le troisième.



(gêne à la circulation, nuisances diverses...). Ces facteurs d'environnement tendent à retarder les réalisations d'investissements, sinon à annuler certaines d'entre elles, de même qu'ils conduisent à des modifications des projets, avec les hausses de coût corrélatives.

En ce qui concerne la mise en place des lignes de site propre dans la plupart des grandes agglomérations de province, on peut prévoir que la construction de ces lignes sera lente. En raison des difficultés rencontrées (mise au point des technologies nouvelles, financement, déblocage du pouvoir de décision au niveau local...), les délais nécessaires aux études et aux travaux, des hésitations des responsables (choix du tracé, de la technologie...) : il faut compter de 6 à 10 ans entre la décision de principe (sur un avant-projet sommaire) et l'ouverture au public de la ligne. Ainsi, en hypothèse favorable, seule une dizaine de villes de province pourraient être dotées d'une ligne de transport collectif en site propre à l'horizon 90, certaines d'entre elles parvenant exceptionnellement à disposer d'un « réseau » de deux lignes... Cette situation ne manquerait pas de susciter des contradictions et des tensions, provenant de l'écart entre les aspirations et l'efficacité nécessairement limitée offerte par une seule ligne de site propre.

Toutes ces difficultés accentueront les problèmes relatifs à la saturation des réseaux de transport aux heures de pointe.

3 millions de personnes en week-end

La question risque de se poser de manière aiguë pour les déplacements de loisirs (vacances...) et en particulier pour les déplacements de week-end qui tendent à prendre une place de plus en plus importante dans le mode de vie des citoyens français, et pour cause ! (problème de l'aménagement de l'espace urbain pour les loisirs, contradictions de la société urbaine...).

Il est vraisemblable que le taux élevé de motorisation, le développement du réseau autoroutier et le besoin croissant d'échapper à la ville entraînent une augmentation rapide des déplacements de week-end, sans que les infrastructures puissent être adaptées à ce phénomène. Qu'on imagine au départ de Paris un train toutes les cinq minutes aux cinq gares, une dizaine d'autoroutes radiales, une voirie classique excellente : le nombre de ceux qui pourraient s'évader entre le vendredi après-midi et le samedi matin ne dépasse pas 3 millions.

Tout ceci illustre les blocages possibles du système, blocages d'autant plus aigus que ce ne sont pas des mesures de transport qui permettraient de les résoudre : ce sont les phénomènes de concentration excessive dans le temps et l'espace qui sont en cause.

Une critique radicale du mode de vie

Il est possible que le développement de la tendance de base qui vient d'être présentée suscite avant 1990 des forces contraires obligeant à une adaptation plus radicale. Mais de nouveaux problèmes se poseraient alors, dont nous esquissons la présentation. Une pression beaucoup plus forte pourrait se développer en faveur de la création de lignes de site propre : le discours en faveur des transports collectifs, dont le rôle était à l'origine de réduire les tensions, finit par jouer un rôle effectif d'en-

traînement dans les décisions. Les risques d'échec d'une politique très volontariste en faveur des transports collectifs en site propre (recours à de nouvelles technologies) ne sont cependant pas négligeables : difficultés de mise au point des systèmes, incertitudes en matière de sécurité, dépassements importants des prévisions de coûts, etc.

Une forte pression en faveur des transports collectifs de surface peut également avoir lieu, soit comme complément aux décisions de créations de lignes de site propre, soit surtout comme alternative, partielle ou totale, au recours à ces investissements.

Il n'est en effet pas exclu qu'un mouvement réclamant la priorité effective aux transports collectifs se dessine et exige les arbitrages nécessaires en faveur des transports de surface. C'est pourquoi ce type de mouvement peut dans certains cas aller à l'encontre de la création de lignes de site propre intégral (l'échec du référendum concernant le projet de métro à Zurich est significatif à cet égard, de même que l'hostilité constatée à l'encontre de la construction du métro d'Amsterdam). Mais on risque de tomber dans d'autres travers si l'on prétend résoudre les problèmes avec les seuls transports classiques de surface (capacité insuffisante, nuisances, coût d'exploitation, qualité de service parfois insuffisante...).

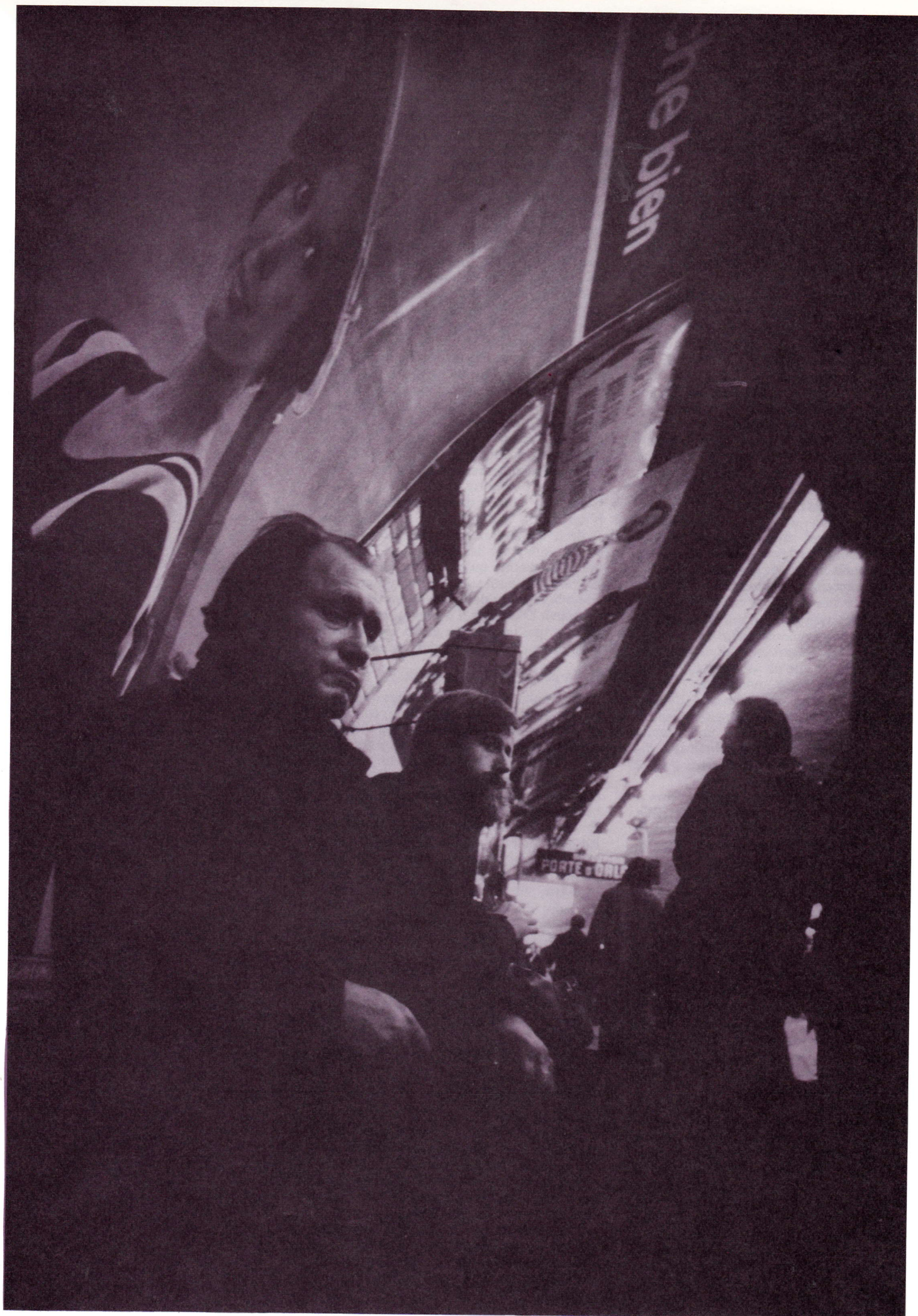
Une volonté politique de maîtriser l'urbanisation périphérique pourrait apparaître, en relation avec la desserte des zones périphériques par des « axes lourds » de transports collectifs (site propre, site protégé, aménagement progressif). La politique d'urbanisation amènerait alors à une densification le long de ces axes lourds, et notamment dans les zones périphériques. Des stratégies originales pourraient même être envisagées dans quelques agglomérations où une autorité unique assurerait une coordination effective des décisions : les lignes de transport collectif, maintenues en surface dans les zones centrales (bandes réservées ou rues réservées) seraient mises en site propre intégral dans les zones périphériques structurées, comme c'est le cas à Brême.

La pression en faveur des transports collectifs dans les zones périphériques pourra susciter un large développement de formules d'exploitation souple (bus sur voies rapides, bus à la demande, taxis collectifs...) de même que les contradictions suscitées par l'usage intensif et privatif de l'automobile pourraient conduire à l'extension de modes originaux d'utilisation de la voiture (car pool, location...).

La rupture par rapport à la tendance actuelle peut également provenir des piétons et des usagers des deux roues : des mouvements d'envergure peuvent être organisés pour obliger les autorités à un changement radical de politique : de nombreuses situations conflictuelles apparaîtront en effet entre ces groupes et celui des automobilistes.

Enfin, il ne faut pas exclure l'éventualité d'une critique radicale du mode de vie urbain, dépassant de beaucoup le cadre des transports, puisque visant essentiellement la société industrielle actuelle. Les transports urbains sont un support privilégié de cette contestation de sorte que de

*Retournement de tendance
en faveur des transports collectifs ?*



nombreux conflits pourront se localiser sur ce plan. Il en découle au moins deux types de problèmes : possibilités de blocage du système de transports; absence ou difficultés de mise en place de procédures d'information, de consultation et de participation des habitants des villes aux décisions sur l'aménagement urbain en général et sur les transports en particulier.

Un véhicule urbain

L'adaptation de l'industrie automobile à l'évolution des transports urbains et à une éventuelle politique de priorité aux transports collectifs constitue l'un des problèmes-clé qui se poseront d'ici 1990.

On court le risque d'une adaptation qui ne soit que partielle, par introduction progressive de modèles répondant aux exigences urbaines. Une stratégie probable de la part des constructeurs d'automobiles consiste en la mise au point, vers les années 80, d'un véhicule dont les caractéristiques générales seraient les suivantes : dimensions réduites raisonnablement (pratiquement pas en-dessous de 3 mètres); performances adaptées à la conduite urbaine (vitesse de pointe réduite, bonnes accélérations); faibles nuisances (bruit et pollution) probablement grâce à un générateur électrique, mais pas nécessairement. On voit que ces caractéristiques ne sont pas très éloignées de celles de certains véhicules actuels de bas de gamme; l'idée d'un véhicule spécifiquement urbain « révolutionnaire » semble devoir être abandonnée. Cette adaptation de l'automobile à la ville est certes rendue souhaitable et indispensable par les exigences d'environnement et d'énergie, et elle ne sera possible qu'en présence de mesures suffisamment incitatives de la part des pouvoirs publics. Mais elle ne doit pas faire illusion : l'introduction du véhicule urbain ne résoudra pas les problèmes d'encombrement des réseaux de voirie, et n'apportera pas de solution à l'isolement des captifs.

Le risque est donc que les constructeurs se contentent de cette adaptation partielle, déjà difficile, et entretiennent l'illusion qu'ils pourront échapper en tout état de cause à une adaptation plus radicale.

En ce qui concerne les transports collectifs de surface, la tendance de recherche d'un autobus adapté à de nouvelles exigences de confort, rapidité et d'environnement, ne pourra que s'accroître. Le problème est alors de mettre au point rapidement une nouvelle conception de l'autobus, mais aussi sans doute de déterminer plusieurs types d'autobus adaptés aux différentes fonctions spécifiques d'un réseau de surface, par exemple en distinguant les déplacements périphériques et suburbains et les déplacements sur un site protégé dans les zones centrales.

En ce qui concerne les technologies nouvelles dont nous ne voulons pas faire ici l'analyse prospective, nous nous contentons de noter l'un des problèmes de base : quelle est l'échelle du marché pour un système donné? Deux facteurs limitent cette échelle : d'une part la diversité des systèmes actuellement proposés; d'autre part, la complexité des systèmes obligeant à une adaptation cas par cas aux caractéristiques des agglomérations concernées. Ceci tendrait à limiter les possibilités de production des nouveaux systèmes sur une échelle industrielle satisfai-

sante. Mais là encore, il convient de dépasser le cadre national et considérer les possibilités d'exportations.

Innovation technologique

On trouve couramment l'idée que l'innovation technologique pourra résoudre la majeure partie des problèmes de transports urbains, notamment grâce à de nouveaux moyens de transport collectif.

Nous avons vu qu'en fait peu de réalisations de lignes de site propre pourraient être menées à leur terme avant 1990. C'est dire que l'impact réel de ces technologies nouvelles se situe à un horizon plus éloigné que l'horizon 90. C'est dire également que les principales innovations technologiques susceptibles d'aider à la résolution des problèmes de l'horizon 90 seront plus des innovations en matière d'exploitation et d'organisation.

Bien sûr, l'aboutissement des recherches technologiques pourrait permettre la résolution de certains problèmes particuliers (par exemple la pollution). Mais les hypothèses que l'on peut faire sur les technologies, en raison de l'incertitude sur l'aboutissement des recherches, ne nous semblent guère déterminantes pour l'analyse des problèmes de l'horizon 90.

Quant à l'hypothèse suivant laquelle les progrès dans le domaine de télétraitement et de la circulation de l'information viendraient diminuer les besoins de déplacements, il semble qu'elle doive être rejetée (au lieu d'une substitution, on observerait une modification des motivations de déplacements). D'ailleurs, l'observation actuelle montre une corrélation entre équipement téléphonique et taux de déplacement.

Taxis collectifs, bus bi-mode

La pression en faveur de mesures d'exploitation souple des transports collectifs et d'utilisation originale de la voiture particulière devrait provenir de deux préoccupations majeures : tirer le meilleur parti des infrastructures disponibles, et adapter l'offre de transport aux types de besoins jugés prioritaires.

En ce qui concerne les transports collectifs, les principales formes « souples et adaptées » d'exploitation auxquelles on peut penser actuellement sont les suivantes (d'autres formes pourraient être mises au point d'ici 90) :

- réadaptation du statut des taxis (à intégrer au système des transports collectifs),
- taxis collectifs (à l'itinéraire plus ou moins fixe),
- bus sur voies rapides (bus express)
- bus à la demande (ou à itinéraire variable)
- dessertes cadencées entre pôles suburbains
- ramassage de main d'œuvre (par ou pour les employeurs)
- bus bi-mode.

C'est essentiellement dans les zones périphériques des agglomérations d'une certaine taille (plus de 200.000 habitants) que ces formes originales d'exploitation seront suscitées. Mais elles pourront également jouer un rôle dans les zones centrales, en complément aux réseaux plus classiques de bus ou de site propre. Dans certaines villes de petite taille, elles pourraient constituer l'offre principale de transports collectifs.

Lorsqu'on retrace l'évolution technique de l'automobile, il paraît possible de distinguer deux périodes, au moins, quant à l'orientation et à la signification des innovations techniques, et une analyse de la situation actuelle autorise à formuler l'hypothèse que nous nous trouvons probablement dans une phase de transition vers une troisième période.

1880-1914 des progrès « tous azimuts »

La première période, allant très approximativement des origines de l'automobile que l'on situe généralement vers 1880-90 jusqu'à la première guerre mondiale, est celle pendant laquelle l'automobile se constitue en tant que système technique fonctionnel.

Les innovations, nombreuses, sont souvent le fait d'individus isolés parfois extérieurs à la construction et au commerce des véhicules dont l'objectif n'est pas de rendre cohérent le produit automobile mais de mettre au point des composants ou des sous-ensembles techniques satisfaisant une fonction bien déterminée. Les considérations techniques priment les considérations socio-économiques. C'est une période de progrès « tous azimuts », l'« âge d'or » de l'automobile qui aboutit vers 1910 à donner à celle-ci la structure générale relativement stabilisée que nous lui connaissons aujourd'hui et qui était la condition nécessaire à sa production industrielle en grande série. Mais, à partir de cette époque, commence une période durant laquelle l'évolution de l'automobile résulte d'un double mouvement :

- en tant que système fonctionnel technique, un mouvement de simplification structurale par la recherche d'une cohérence technique accrue et de « synergies fonctionnelles » entre les sous-ensembles;
- en tant que système fonctionnel utilitaire, un mouvement qui tend à faire de l'automobile un complexe de valeurs d'usage de plus en plus diversifiées, de mieux en mieux adaptées aux besoins et désirs de l'utilisateur.

Le couple « homme-automobile »

Après avoir trouvé son identité technique, l'automobile va se lancer à la conquête du consommateur, s'adapter à ses revenus, à ses besoins et à ses désirs, et en même temps, développer, orienter, éduquer ceux-ci. C'est alors et sur ce terrain que se noue et se développe cette relation dialectique - devenue thème privilégié de réflexion (et de discours) de certains sociologues - de co-détermination, de co-développement entre le produit d'une

part, le besoin ou les désirs qu'il satisfait d'autre part : en facilitant les déplacements individuels, l'automobile a permis une restructuration des différentes fonctions de la vie sociale (habitat, travail, loisirs, commerce, services administratifs, etc.) notamment dans les agglomérations urbaines; cette restructuration a multiplié les besoins de déplacements et rendu l'automobile plus indispensable.

Considéré sous l'angle de la valeur d'usage, le parc automobile apparaît lui aussi comme le produit d'un double mouvement :

- l'un qui conduit à une segmentation croissante du marché par spécialisation des véhicules et ajustement de leurs caractéristiques techniques et morphologiques à des usages déterminés et spécifiques : déplacement en milieu urbain ou rural, déplacement individuel ou familial, à des fins de loisirs ou à des fins professionnelles, adaptation à la marchandise à transporter, etc.;
- l'autre qui vise à répondre simultanément à plusieurs usages (véhicules multifonctionnels).

Les deux mouvements coexistent et se développent simultanément sous contrainte d'une rationalité économique marchande - d'une rationalité de profit - rendue de plus en plus prégnante par une concurrence exacerbée. Ceci a conduit les constructeurs à rechercher la conciliation d'exigences contradictoires telles que l'accroissement des séries qui permet les économies d'échelles et la diversification du produit qui permet d'élargir son marché en l'adaptant à des usages de plus en plus diversifiés, par une « politique des modèles » qui revient à multiplier les combinaisons d'un nombre aussi restreint que possible de composants standardisés.

Sur un autre plan, celui de la psychologie, enfin, il est bien connu que l'homme ne vit pas que de pain, mais aussi de symboles et, dès son origine, l'automobile - comme l'habitat dans une période antérieure - s'est trouvée chargée de valeur symbolique, promue au rang de signe de puissance, de prestige, de promotion, d'intégration ou de différenciation sociales. Pour élargir leur marché, les constructeurs ont été conduits à fonder en partie, aux U.S.A. plus qu'en Europe semble-t-il, leur stratégie de vente sur cet aspect de la psychologie humaine, à y subordonner leur politique technologique en essayant de reproduire dans la technologie et dans

* Chargé de recherches à l'Institut de Recherche Économique et de Planification (I.R.E.P.) Grenoble.

la morphologie des véhicules les différences et les écarts sociaux. Le « design », le « styling », les changements mineurs n'apportant souvent aucune nouveauté technique, constituant même de véritables regressions aux plans technique, économique ou utilitaire, mais destinés à séduire l'acquéreur ont, à certaines époques, absorbé une part importante des dépenses de R. D. (Grillsches et Kaysen évaluent à 25 % du prix d'une voiture le coût des changements n'apportant aucune amélioration technique qui ont été apportés aux voitures américaines au cours des années 1950 (The Cost of automobile model change since 1949; Journal of Political Economy. October 1962).

Le quatrième grand axe de l'effort d'innovation a porté sur les techniques de production. Très tôt, dès 1910 aux U.S.A., après la première guerre mondiale en Europe, l'automobile a été le champ d'élection de l'organisation scientifique du travail : décomposition en gestes de plus en plus simples, puis insertion du travailleur dans un ensemble technique rationnel ou les cadences sont imposées à l'ouvrier par la machine avec une implacable rigueur.

Pour caractériser, sur le plan technologique, la période considérée qui s'étend en gros de la première guerre mondiale à l'époque actuelle, on peut dire que la politique technologique des firmes a été progressivement et de plus en plus étroitement subordonnée aux considérations de rentabilité et de politique commerciale. Ceci d'ailleurs n'a rien de surprenant, la vocation — la finalité — de la firme dans nos sociétés n'est pas de faire de la technique mais du profit, condition de sa survie. L'innovation n'est que l'un des moyens au service de la firme pour atteindre ses buts. C'est de surcroît un moyen risqué auquel elle ne recourt que lorsque le marché lui en fournit l'occasion ou l'y contraint.

L'automobile américaine et européenne

Pendant toute cette période, l'innovation a tendu à adapter, à ajuster l'automobile, en tant qu'objet technique, aux caractéristiques de son environnement socio-économique dans la mesure bien sûr où ces caractéristiques trouvent une expression en termes de demande monétaire sur le marché. On peut mettre ce fait en évidence en comparant l'évolution de certaines caractéristiques (taille, poids, puissance, cylindrée, filières propulsion, transmission, etc.) de la voiture-type européenne et de la voiture-type américaine

d'une part, des caractéristiques du marché européen et du marché américain d'autre part. On constate que les voitures issues de la première période - période de genèse technique de l'automobile - sont identiques en Europe et aux États-Unis. C'est à partir de la fin des années 1920 environ qu'elles amorcent une divergence d'évolution dont les principales variables explicatives résident dans :

- les différences de dimension et d'organisation de l'espace (distances, type d'urbanisation, réseau routier, etc.);
- les différences de niveau de revenus et en définitive de structures sociales;
- les différences de fiscalité sur l'automobile et sur les carburants;
- les différences dans la structure de l'industrie automobile elle-même;
- un ensemble de différences, enfin, qui relève en gros de l'idéologie et de la culture.

Cette divergence d'évolution s'accuse jusque vers les années 1950, puis s'atténue; un mouvement de convergence s'amorce enfin à partir de 1960, qui correspond à la mondialisation des marchés et la tendance à l'uniformisation des conditions socio-économiques qui en résulte. Il serait nécessaire d'actualiser l'analyse, pour dire si la crise pétrolière et la hausse des prix qu'elle a entraînée est de nature à renforcer ou freiner - voire renverser - les dernières tendances constatées.

Des facteurs d'inertie technologique

Si, nous plaçant étroitement dans cette optique de marché qui s'est imposée tout au long de la période considérée, nous essayons d'analyser les données - ou les facteurs - qui commandent aujourd'hui l'innovation dans la construction automobile, trois éléments - ou caractéristiques - nous paraissent jouer un rôle particulièrement important :

L'industrie automobile fournit l'un des exemples type d'oligopole concurrentiel. Une dizaine de firmes (y compris les filiales des trois constructeurs américains) de très grandes dimensions, sauf exception, peu diversifiées, ayant plus que dans d'autres secteurs échappé au mouvement d'interpénétration financière, se partagent la production européenne et se livrent une concurrence qui porte encore largement sur le terrain des prix.

*Ford « Lincoln » 1946 (U.S.A.).
Des changements de forme mineurs
n'apportant aucune amélioration technique :
se montent à 25 % du prix d'une voiture
américaine dans les années 1950.*





L'automobile est devenue un produit de masse dont la demande, surtout pour les modèles de très large diffusion, est, aux dires des constructeurs, particulièrement sensible au prix. Dans le contexte de concurrence signalé ci-dessus, il en résulte des véhicules au rapport prix/services rendus souvent très serré, ne laissant qu'une place extrêmement limitée aux risques liés à l'innovation. Ceci incite les constructeurs à tenir le plus grand compte du comportement de l'utilisateur face à la nouveauté technique; or, l'attitude de celui-ci est ambivalente, faite d'attraction et de crainte dans un dosage qui varie considérablement d'un individu à l'autre, suivant l'âge, le statut social, le revenu, l'idéologie. L'industrie automobile, enfin, est simultanément une industrie que l'on peut qualifier de fortement capitaliste et d'industrie de main-d'œuvre (même si cette affirmation prend quelque liberté avec la rigueur théorique). Elle n'est sans doute pas la plus capitaliste des industries, mais de toutes celles qui produisent des biens de consommation, elle est probablement la seule qui mette en œuvre, de façon aussi intégrée, pour la production d'un seul produit, des masses de capital aussi considérables. Le coût d'une unité complète de production de 300 000 véhicules-an était, en 1972, d'environ 3 milliards de francs. Il est évident que de telles données sont de nature à freiner l'introduction d'innovations importantes qui nécessiteraient des modifications profondes dans les équipements. Cet ensemble de caractéristiques donne naturellement une dimension considérable aux risques économiques et sociaux que comporte toute innovation technique importante. Sur le plan technique, l'automobile cumule aujourd'hui les effets de rigidité que donnent la masse des investissements fixes en fonction, l'inertie du consommateur face au produit nouveau et la crainte des troubles sociaux qui pourraient résulter de modifications trop brusques dans les conditions de travail ou la situation de l'emploi. Le principal moyen (sinon le seul) de diminuer de tels risques est de choisir une évolution technologique qui procède par touches successives dans la direction principale des habitudes de consommation et en demeurant dans le champ de filières technologiques bien maîtrisées. Ce type de situation oriente en définitive vers l'innovation de perfectionnement que le client est spontanément disposé à payer, c'est-à-dire vers la moindre innovation technique sur le produit et vers l'innovation sur les procédés de production.

De nombreux faits confirment cette conclusion, notamment :

- les délais relativement longs, comparés à ceux constatés dans d'autres industries, de diffusion de certaines innovations techniques importantes. La transmission automatique, les freins anti-bloquant ne sont pas encore parvenus à s'insérer dans l'industrialisation, le moteur rotatif connaît des débuts difficiles et incertains malgré sa simplicité logique qui en fait une technique théoriquement plus avancée que le moteur à pistons.
- la lenteur avec laquelle des matériaux nouveaux (plastiques, aluminium) ou des techniques de pointe (électronique) pénètrent la construction automobile et, le plus souvent, par les hauts de gamme.
- significatif nous paraît également le fait que les constructeurs aient « naturellement » recherché la réduction des nuisances (bruit, pollution) par des améliorations souvent très coûteuses du moteur à explosions plutôt que par un effort de mise au point de technologies radicalement nouvelles, telles que, par exemple, la traction électrique.

Une nouvelle période d'innovations techniques?

Après cette rapide esquisse de l'évolution technique de l'automobile et des impératifs auxquels a été soumise l'innovation technologique, il nous faut évoquer maintenant trois données relativement récentes et qui nous paraissent annonciatrices de profonds changements dans la situation que nous venons de décrire, et poser en termes nouveaux la problématique de l'innovation :

- la prise de conscience des problèmes de l'environnement, qui semble révélatrice des changements d'attitude qui s'opèrent dans les profondeurs du corps social à l'égard de la science et de la technologie, et peut-être, au-delà, à l'égard des valeurs dominantes de notre système social.
- la probabilité, à horizon encore incertain mais qui se précise, de la mise au point de générateurs électrochimiques assez performants pour se substituer aux hydrocarbures comme source d'énergie.
- troisième donnée : si les grandes firmes qui dominent actuellement l'industrie automobile veulent maintenir les rythmes de croissance qu'elles ont connus depuis la seconde guerre mondiale, et en tous les cas leur poids relatif dans l'économie, ceci dans un marché en voie de saturation progressive, elles devront s'engager dans une politique de diversification, et pénétrer des secteurs d'activité où les problèmes

d'innovation se poseront en d'autres termes que dans la construction automobile proprement dite.

Technologie anti-nuisances

C'est un fait bien connu que l'usage de l'automobile est générateur d'accidents, d'encombrements, de bruits, de pollution. Dans les agglomérations principalement, ces nuisances atteignent des seuils physiologiquement difficilement supportables et socialement très coûteux. On peut raisonnablement penser, les choses étant déjà engagées dans ces directions, que la lutte anti-nuisances se développera selon deux voies : l'une tendant à discipliner et probablement restreindre l'usage de la voiture individuelle, l'autre à diminuer, par des innovations techniques, les externalités émises.

Ce type de « demandes sociales » nées des effets négatifs du développement technique et qui se rattachent au concept de « qualité de la vie », concept peu rigoureux au plan scientifique mais qui exprime une aspiration, un « besoin » profondément ressenti, à cette particularité de ne pas s'exprimer spontanément en termes monétaires sur le marché, ou de ne s'exprimer qu'imparfaitement, ne serait-ce que parce qu'elles naissent comme externalités du marché. De ce fait, ces aspirations, ces « nouvelles demandes sociales » doivent être prises en compte par d'autres mécanismes que les mécanismes marchands. Elles posent donc de plus en plus la nécessité de trouver des mécanismes sociopolitiques substitués du marché, c'est-à-dire des structures et des processus propres à permettre leur émergence et à imposer leur prise en considération, à la fois par l'appareil de production et par le consommateur individuel, dont les finalités ou les comportements restent fondamentalement dominés par les mécanismes du marché.

Le circuit dans lequel s'est située, jusqu'ici, l'industrie automobile est le circuit type interne au « marché ». Mais il y a un autre circuit, partiellement « hors marché », dans lequel l'industrie automobile se trouve d'ores et déjà placée pour les innovations technologiques anti-nuisances. L'origine du circuit - ou du besoin - se trouve le plus souvent, nous l'avons dit, dans les externalités émises par le marché. Mais la demande correspondante, du fait même de sa nature, ne peut trouver qu'une expression « hors du marché ». Jusque-là, ces « besoins » se sont surtout exprimés par l'intermédiaire des mouvements environnementalistes, des orga-



La « citadine (France).
Le type même de la voiture urbaine,
non-polluante, peu encombrante.
Partout, en ville, dans 15 ans?

nisations de consommateurs, parfois appuyées par les partis politiques ou les organisations syndicales, et la « demande » a été définie, formulée et transmise à l'industrie sous forme de normes à atteindre, par l'administration. Dans un dialogue avec l'industrie sur des questions techniques, les administrations sont inévitablement en position inégalitaire face à la résistance des entreprises à admettre des innovations qui, dans la plupart des cas, conduiront à des hausses de coûts et vont donc à contre-courant de la logique d'entreprise. On peut trouver confirmation de cette situation dans le fait, par exemple, qu'aux États-Unis, au cours des dix dernières années, un nombre important d'innovations technologiques dans le domaine nucléaire est d'origine réglementaire et que pour les faire admettre, l'Administration a souvent dû apporter la preuve de leur faisabilité technique, donc pratiquement assurer la charge des dépenses de R-D.

Autrement dit, les innovations technologiques qu'appelle la lutte anti-nuisances se situent dans un « circuit » de l'innova-

tion qui n'a pas encore trouvé ses institutions, ses acteurs, son système d'information, son réseau de communication, ses principes et ses mécanismes de financement.

La difficulté majeure que présente ce circuit de l'innovation vient de ce qu'il se déroule à la fois dans le hors marché et dans le marché, qu'il tire sa finalité et reçoit ses objectifs du hors marché qui possède son système de valeurs. Système qui n'exclut pas la rationalité et le calcul économique, mais ne les privilégie pas non plus, où par conséquent le système de préférences des individus ne peut se dégager que politiquement par un jeu démocratique, alors que tout le reste du circuit, de la Recherche-Développement à la production, se déroule dans la sphère du marché, impérativement soumise au principe de la rationalité économique. En définitive, ce type d'innovation cristallise les conflits de valeurs les plus fondamentaux de notre époque.

On pourrait illustrer ceci en analysant les difficultés que rencontre actuellement la mise au point d'un véhicule électrique

dont l'idée a été relancée il y a quelques années, pour des considérations d'environnement précisément. Certes, le véhicule électrique soulève encore des difficultés techniques, mais elles pourraient probablement être assez rapidement surmontées si on lui consacrait seulement 1/10 des sommes que l'on continue à consacrer au véhicule thermique et si on élaborait une véritable stratégie pour son développement.

15 ans pour la voiture électrique

Pour terminer, c'est pourtant un autre aspect de la problématique de l'innovation que j'aborderai avec le véhicule électrique. Mon hypothèse, en effet, est qu'un véhicule électrique compétitif avec le véhicule thermique verra le jour à l'horizon de 15 à 20 ans - peut-être beaucoup plus tôt. Ceci non seulement pour des raisons d'environnement et d'amélioration de la circulation urbaine, mais parce que nous nous trouvons en présence d'un complexe de recherches qui tournent autour de l'utilisation de l'hydrogène comme source ou secteur d'énergie d'une part, de la pile à combustible Hydrogène/Air d'autre part, recherches qui progressent et dont l'enjeu dépasse considérablement la traction automobile. Elles ont par conséquent de puissantes raisons d'être poursuivies voire accélérées, et l'automobile électrique pourra tout naturellement en profiter.

Bien entendu, on pourrait sensiblement accélérer la naissance du véhicule électrique et gagner probablement une dizaine d'années, par l'industrialisation d'autres filières de générateurs, par exemple la filière Air-Zinc. Mais, au moins à première vue, la rentabilité de l'opération paraît très largement fonction de la valeur que l'on attribue à la réduction des nuisances automobiles.

Les avantages potentiels de la traction électrique sont tels que sa substitution à la traction thermique paraît inévitable dès qu'aura été mis au point un générateur capable d'assurer une autonomie de marche de 200 à 300 km, en condition réelle de marche, même si son coût est encore légèrement supérieur à celui de la chaîne de traction thermique. La traction électrique, en effet, permettra non seulement d'éliminer la pollution et le bruit, mais encore de réaliser des véhicules techniquement plus simples, plus souples, plus maniables, plus stables et donc plus sûrs, et, je pense, en définitive beaucoup plus économiques que les véhicules actuels, du moins en consommation d'énergie. Le rendement de l'ensemble pile-moteur élec-

trique en conditions réelles de circulation paraît devoir être 3 à 4 fois supérieur au rendement de la filière thermique.

L'apparition du véhicule électrique ouvrira inévitablement une nouvelle période d'innovations nombreuses qui, sans être nécessairement comparable par son foisonnement, sa diversité, à celle qui a marqué la fin du XIX^e siècle, obligera très probablement les constructeurs à sortir de leur conservatisme technologique actuel.

L'automobile électrique sera encore une automobile avec une chaîne de traction, un châssis, quatre roues, une carrosserie et quelques gadgets en plus. De ce point de vue, elle ressemblera encore à son ancêtre de 1910, mais derrière cette apparence, il y aura une réalité profondément différente.

Le véhicule thermique s'est progressivement organisé autour et en fonction de sa source d'énergie et de son moteur. Il est parvenu à un très haut degré de cohérence fonctionnelle tant sur le plan technique que sur le plan utilitaire. Les véhicules électriques actuellement expérimentés, qui sont des véhicules thermiques de série sur lesquels une chaîne de traction électrique a été substituée à la chaîne thermique, sont bien des systèmes fonctionnels, puisqu'ils roulent, mais ce sont des systèmes peu cohérents tant du point de vue technique que du point de vue utilitaire. C'est non seulement toutes les parties mécaniques du véhicule qui seront à repenser, mais le véhicule lui-même et sa structure, ainsi que les techniques et équipements de production. Il y a probablement autant de différences entre les prototypes de véhicules électriques qui circulent actuellement avec des accumulateurs au plomb et le véritable véhicule électrique, qu'il y a entre la voiture à essence du début du siècle et la voiture de 1975. C'est l'industrie automobile qui devra se saisir de ces innovations, si elle ne veut pas se laisser réduire à une simple industrie d'assemblage, perdant la maîtrise des parties nobles du futur véhicule.

Pour l'instant, les constructeurs ont observé à l'égard du véhicule électrique une attitude d'expectative, parce qu'ils estiment que la mise au point des générateurs n'est pas de leur compétence technique, parce qu'ils ont aussi, en matière technologique, une politique de moindre risque et de freinage des innovations importantes susceptibles de précipiter l'obsolescence de leurs équipements en fonction, susceptibles de les obliger

à exploiter pendant une période de transition plus ou moins longue deux filières techniques avec des séries moindres dans chaque filière; parce qu'enfin ils ont la conviction que lorsque le véhicule électrique sera mûr pour la production industrielle, celle-ci ne pourra leur échapper du fait qu'ils sont seuls aujourd'hui à posséder une réelle maîtrise de la production en très grande série.

Cependant, compte tenu des délais de mise au point d'un nouveau véhicule - cinq ans en moyenne pour sortir un modèle ne comportant aucune innovation technique importante, plus de 20 à 30 ans pour acquérir la bonne maîtrise d'une technologie comme celle de l'hydraulique (Citroën) - les progrès réalisés depuis 4 ou 5 ans sur les générateurs électrochimiques devraient les obliger à sortir bientôt de leur réserve.

Repérer les « crêneaux »

Le conservatisme technologique que l'on a si souvent reproché à l'industrie automobile ne paraît pas refléter un affaiblissement significatif de sa capacité innovatrice.

D'ailleurs, l'effort propre de recherche des constructeurs tend, depuis 10 ans, à croître plus vite que l'effort moyen de l'industrie. Seulement, les conditions socio-économiques générales de leur activité, les caractéristiques de leur appareil de production, de leur produit, de leur marché, ne les ont pas contraints à mobiliser cette capacité innovatrice à des fins techniques; elles les ont, au contraire, orientés vers des fins commerciales. Les changements qui s'opèrent dans leur environnement technique et dans leur environnement socio-économique pourraient cependant les contraindre à reconsidérer la répartition de leurs efforts de recherche et à redonner une certaine priorité aux objectifs techniques.

Mais il est nécessaire de souligner avec force que les solutions aux problèmes de transports urbains ne sont pas à rechercher prioritairement dans la voie de l'innovation technologique. Celle-ci peut sans doute aider mais, fondamentalement les solutions doivent être recherchées dans une meilleure maîtrise de la croissance urbaine; dans un effort pour discipliner l'usage de la voiture individuelle et développer les transports collectifs.

Et si on pose ainsi le problème, on pourrait sans doute assez facilement repérer les « crêneaux » qui appellent un réel effort d'innovation technologique.

A.N.

*La voiture électrique Jamet
(Mars 1971, France)
ou l'automobile réduite
à sa plus simple expression.*

**Scénario pour
la voiture
électrique**



Les premières voitures électriques ont circulé à la fin du siècle dernier et leurs performances leur permettaient de concurrencer les « voitures à pétrole ». La première voiture à avoir dépassé les 100 km/heure était même une voiture électrique. Par la suite les qualités énergétiques de l'essence et son prix ont conduit à abandonner les recherches sur la traction électrique. Ces recherches rencontrent pourtant aujourd'hui un regain d'intérêt, du fait de l'approvisionnement en pétrole et de son prix, ou des questions d'environnement.

« Promesse ou réalité ? » se demandaient les participants aux journées d'Arc et Senans le 8 et 9 février 1973, consacrées à la voiture électrique. Les expérimentations qui ont été entreprises durant les dernières années ont apporté de nombreuses informations : il semble certain désormais que le véhicule électrique soit une solution d'avenir.

Le symposium de Washington qui s'est tenu en février 1974 a d'ailleurs apporté la preuve de l'intérêt évident des constructeurs automobiles et des bureaux d'étude spécialisés. Aux États-Unis, la société OTIS a commercialisé avant tant de succès son électrobus qu'elle ne peut répondre à la demande, malgré un accroissement du rythme de fabrication. En Allemagne, la ville de Mönchengladbach, près de Dusseldorf a lancé l'exploitation d'une ligne complète d'autobus électrifiés. C'est donc dans ce contexte qu'en France, dans sa séance du 22 avril 1974, le Comité Interministériel d'Action pour la Nature et l'Environnement a demandé à M. Saulgeot, ingénieur général des Ponts et Chaussées de présenter un rapport sur le véhicule. L'objectif de ce rapport était de définir de manière approfondie les axes de recherche, d'expérimentation, de développement en déterminant les enveloppes financières requises, et de faire un inventaire des problèmes relatifs à :

- l'insertion du véhicule électrique parmi les autres véhicules et engins de transport et la recherche des créneaux les mieux adaptés à ce type de propulsion;
- la logistique liée au développement de ce type de véhicule et les délais nécessaires pour une production industrielle;
- la fiscalité et la réglementation.

Il proposait, enfin, des méthodes de travail et une planification des études destinées à résoudre ces problèmes.

Quelques cinq Ministères ont participé à la rédaction de ce rapport, qui a ainsi bénéficié de l'apport de divers spécialistes, des services publics ou des différents secteurs industriels. Ce rapport a été remis au Gouvernement le 15 novembre 1974 et publié par la Documentation Française sur le titre de « Pour un développement des véhicules électrique »*. La Revue « 2000 » présente ici le scénario du développement de la voiture électrique jusqu'en 1990.

Le scénario

Quelles pourraient être, avec une assez bonne probabilité et dans les perspectives actuelles, les étapes successives de développement du véhicule électrique...

Jusqu'aux alentours de 1982

Les techniques accessibles seront classiques. En particulier, la source d'énergie restera l'accumulateur au plomb, avec

ses inconvénients bien connus : une faible autonomie, des performances limitées et des immobilisations du véhicule pour recharge trop longues. Cependant, d'ores et déjà, des marchés potentiels non négligeables existent :

Le véhicule utilitaire léger (150 à 200 kg de charge utile).

De nombreuses réalisations existent déjà à l'étranger dans ce créneau. La plupart des petites livraisons urbaines pourraient être effectuées à moyen terme par des véhicules électriques de cette gamme.

La camionnette (500 kg à 3 tonnes de charge utile).

L'exemple fort connu des dizaines de milliers de camionnettes électriques britanniques confirme l'intérêt de ce créneau. Des études françaises ont par ailleurs démontré que le type d'utilisation de ces véhicules en zone urbaine parisienne correspond aux performances rendues possible par les accumulateurs au plomb. Le minibus (20 places assises environ) et l'autobus (50 places assises environ).

Les industriels américains et allemands semblent s'intéresser à ce créneau. En France, la densité des centres villes, la nouvelle orientation donnée à la politique des transports en commun, les qualités attractives de la traction électrique favoriseraient tout particulièrement l'implantation de minibus électriques.

L'électrocyclo.

Plusieurs modèles sont sortis en Allemagne et aux U.S.A. Ce véhicule peut intéresser les usagers du vélomoteur classique, et certains ménages multimotorisés dont le second véhicule n'est utilisé que pour des petits déplacements autour du lieu de résidence.

Le bateau électrique.

De nombreux responsables de voies d'eau ou de lacs semblent prêts à interdire l'utilisation de bateaux à moteurs thermiques, dès que la traction électrique sera commercialisée dans ce créneau.

Le coût de premier investissement, les astreintes de recharge, le réflexe de recul devant une nouvelle technique font qu'une très faible part de ces marchés potentiels pourra être absorbée par la technique électrique.

On peut chiffrer à quelques milliers de véhicules par an la production envisageable jusqu'en 1982.

Le marché pourrait se situer dans la frange supérieure de cet ordre de grandeur si les actions proposées ci-après étaient lancées.

De 1982 à 1990

Deux nouveaux types de sources peuvent apparaître : les accumulateurs zinc-nickel et le générateur zinc-air à circulation. Ces deux sources semblent concurrentes, car leurs caractéristiques permettent de doubler ou de tripler les performances permises par les accumulateurs au plomb et par conséquent, leurs marchés potentiels sont très voisins :

le véhicule utilitaire léger, les camionnettes, les minibus et autobus, le camion.

La benne à ordures électrique bénéficie d'une diffusion croissante. D'autres types de véhicules peuvent être électrifiés. Dans

* « Pour un développement des véhicules électriques ». Collection « Environnement » n° 36. Un volume 16 x 24 cms, 160 p. (Éd. Documentation Française).

la plupart des cas, la configuration pourrait être celle d'un container sur roues remorqué par un module de traction électrique. Le générateur zinc-air à circulation permet d'accéder à un créneau supplémentaire, le taxi électrique. Le cahier des charges du taxi électrique est très sévère au niveau de l'autonomie urbaine (150 km en théorie, mais de l'ordre de 180 km, en pratique). Il paraît possible d'envisager une électrification des trois quarts de la flotte des taxis des grandes agglomérations. Moyennant la mise au point d'au moins une de ces deux sources nouvelles d'ici 1982, on peut estimer à quelques dizaines de milliers d'unités par an le marché du véhicule électrique.

A partir de 1990

Ce n'est qu'aux alentours de 1990, que pourront apparaître, commercialement parlant, les sources réellement performantes : la pile à combustible et l'accumulateur sodium-soufre. Comme dans le cas précédent, ces deux sources risquent de se concurrencer d'un point de vue strictement technique. Cependant, la pile à combustible ouvre un marché qui semble

beaucoup plus important, puisqu'il englobe la clientèle de la voiture particulière. Ce n'est probablement pas le cas de l'accumulateur haute température sodium-soufre qu'il semble difficile d'embarquer sur des petits véhicules. Mais, un avis définitif ne pourra être porté avant que des études plus complètes n'aient été engagées. En tout état de cause, il apparaît que, en 1990, l'ensemble du marché de l'automobile sera alors accessible au véhicule électrique. Le marché réel dépendra cependant de la mise au point éventuelle d'autres techniques non polluantes, et de l'acuité des problèmes de l'environnement à cette époque. Il dépendra aussi des conditions de circulation, et surtout des modifications de mentalité des conducteurs et des nouvelles conceptions de qualité de la vie. Il est néanmoins possible de prévoir que le marché sera de quelques centaines de milliers de véhicules par an.

10 % du parc automobile

Il faut signaler, pour compléter cette étude prospective, que le scénario retenu, permet d'estimer que le seuil d'électrification de 10 % du parc automobile sera atteint

entre 1990 et 1995. Ce pourcentage est un objectif intéressant, puisqu'il est admis qu'il représente la part du marché qui conduit les industriels à mettre en jeu toutes leurs ressources pour l'absorber. Il est bien évident que ce scénario de développement, considéré comme le plus probable, suppose qu'il n'y a pas de bouleversements importants de la conjoncture et que les pouvoirs publics engageront un certain nombre d'actions parmi celles citées ci-après et visant à faire déboucher les nouvelles techniques, à faire baisser les coûts tant du point de vue de l'investissement que celui de l'exploitation, et à faire apparaître une volonté politique de promouvoir le véhicule électrique.

Promouvoir le véhicule électrique...

Il est fréquemment plus difficile d'exploiter les connaissances théoriques et les résultats de prototypes que de les acquérir. C'est ainsi que les stades de production et de commercialisation sont longs à mettre en œuvre, avec un risque d'échec d'autant plus grand, qu'il s'agit de techniques nouvelles.

Le véhicule électrique n'échappe pas à cette règle : c'est pourquoi, il est nécessaire que les pouvoirs publics interviennent soit directement pour le promouvoir, soit indirectement par des actions d'accompagnement.

Tout d'abord créer un premier marché du véhicule électrique... En l'absence de production de série, les véhicules restent chers, donc difficilement commercialisables et en l'absence de commercialisation, il n'y a pas de vente et donc pas de série. Les pouvoirs publics semblent seuls capables d'intervenir dans ce cercle vicieux, en créant un premier débouché qui inciterait les industriels à s'engager.



*Toute la gamme
des voitures électriques
au Centre International de Réflexion
sur le Futur à Arc-et-Senans
(Février 1973).*

*Prototype de moto électrique,
qui pourrait remplacer
le vélomoteur classique.
Plusieurs modèles déjà sortis
en Allemagne et aux États-Unis*



Pour accroître l'impact d'une intervention allant dans ce sens, les administrations, les secteurs publics et para-publics pourraient donner l'exemple et équiper une certaine part de leur flotte utilitaire, avec des véhicules électriques. Il s'agit principalement du Secrétariat d'État aux Postes et Télécommunications, du ministère de l'Équipement, d'Électricité de France (E.D.F.), de la Régie Autonome des Transports Parisiens (R.A.T.P.)...

Ensuite en liaison étroite avec certaines municipalités intéressées à l'amélioration des transports en commun dans les centres villes, lancer la réalisation de prototypes de minibus électriques de vingt places assises (50 places au total).

Ce véhicule serait, en effet, particulièrement adapté à la circulation dans les centres villes où les problèmes de pollution et de nuisances sont plus particulièrement ressentis. Une action de ce type s'intégrerait aussi dans le cadre de la politique d'amélioration des transports en commun. C'est pourquoi, les pouvoirs publics pourraient : susciter la création d'un groupe d'une vingtaine de villes désirant participer à la mise au point d'un minibus électrique et susceptibles d'en assurer un premier marché ;

intervenir auprès des municipalités pour leur recommander de prendre en compte, au moment du remplacement de leur parc de bennes à ordures ménagères, la solution électrique.

POUR UN DÉVELOPPEMENT DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Rapport remis au Gouvernement
le 15 novembre 1974



LA DOCUMENTATION FRANÇAISE

Un accueil favorable

Il est particulièrement important d'insister sur le fait qu'une technique ne peut déboucher si un milieu d'accueil favorable ne lui est pas préparé. C'est pourquoi, il est nécessaire que les pouvoirs publics décident des actions d'accompagnement. Lancer une étude complète sur les différentes filières et leur consommation respective en matières premières.

Pour l'ensemble des matières premières utilisées dans chacune des filières, cette étude permettra de définir le niveau des ressources mondiales, les prix pratiqués et leur évolution prévisible, les conséquences que pourraient avoir leur utilisation sur la balance commerciale du pays.

Ces différentes informations sont essentielles pour les décideurs au moment des choix.

Cette action peut d'ailleurs s'intégrer dans le cadre d'une mise en place d'une comptabilité matière au niveau national. Appuyer les recherches en cours ou à entreprendre pour chiffrer les conséquences de la pollution.

Il est essentiel de disposer, au niveau des décideurs des pouvoirs publics, d'un outil de décision susceptible de servir de support uniformisé à une évaluation du « coût social » de la pollution engendrée par les différents composants de l'environnement (polluants chimiques, bruit...). Des recherches devraient être entreprises pour établir les facteurs de pondération de chacun de ces paramètres (choix d'un nombre de paramètres restreint au départ). Procéder au lancement d'une nouvelle expérimentation de véhicules banalisés. L'expérience de Montpellier s'est terminée sur un échec. Cependant, une étude des raisons de cet échec, ainsi qu'un suivi des expériences étrangères permettront d'envisager raisonnablement une nouvelle expérimentation dans un avenir proche. Les efforts, en ce domaine, sont pleinement justifiés par les perspectives d'accroissement de qualité de vie qu'un tel système, s'il fonctionnait correctement, apporterait aux citoyens.

Instituer un dialogue international, ou tout au moins européen, pour réaliser une coordination entre les différents pays intéressés au véhicule électrique.

Il est indispensable de tenir compte de l'imbrication économique européenne. A ce titre, accepter quelque part en Europe une technique nouvelle, qui pourrait se révéler incompatible avec les solutions retenues par les autres grands pays européens serait extrêmement néfaste. Les véhicules franchissent les frontières, et les constructeurs exportent chez nos voisins. Si les techniques, pour autant qu'elles appellent des infrastructures ou des règlements différents, n'étaient pas harmonisées, on assisterait, de fait, à l'introduction de barrières d'échanges qui ne seraient pas sans inconvénient.

Lancer une concertation avec toutes les parties prenantes sur les aspects de logistique et d'infrastructure.

Les différentes possibilités qui sont offertes aux pouvoirs publics pour faciliter l'introduction du véhicule électrique dans l'environnement actuel ont été recensées. Il importe désormais de choisir celles d'entre elles qui peuvent assurer le meilleur milieu d'accueil, ceci en liaison avec l'ensemble des intéressés tant de l'administration que des secteurs publics ou privés.

Créer un cadre légal au véhicule électrique. L'ambition, à moyen terme, des responsables doit être, dans la mesure du possible, de ne pas créer un cadre propre au véhicule électrique, ceci afin de respecter la règle de neutralité de la législation française.

Or, la législation actuelle a été créée en fonction des véhicules thermiques. L'ensemble des problèmes réglementaires est donc à réétudier pour tenir compte de l'apparition du véhicule électrique. Actuellement, une nouvelle définition de la puissance fiscale est en cours d'élaboration et devrait être officialisée pour le véhicule électrique dans les six mois à venir. Au cours de 1975, un travail identique doit être fait sur les aspects réglementaires de sécurité.

Lancer une évaluation des mutations industrielles qui seront obligatoirement provoquées par l'implantation du véhicule électrique.

Cette évaluation est à faire dans un délai assez court en collaboration avec les industriels concernés. En effet, la traction électrique modifie radicalement certains processus de fabrication. Il est nécessaire de prévoir ces modifications et de les planifier afin de minimiser les conséquences de ces mutations. Une bonne programmation permettra en outre de réduire les délais de passage de cette technique à la phase industrielle.

La mise en place d'un groupe responsable de la promotion du véhicule électrique. L'ensemble du programme d'action porte sur les deux années à venir. En effet, le scénario qui a été évoqué précédemment n'a pas la prétention de prédire l'avenir,

il ne fait qu'extrapoler la situation et les tendances actuelles. Il ne peut donc servir efficacement de point de mire que dans un espace de temps relativement restreint. De nombreuses inconnues techniques seront levées au cours de ces deux années, tant en ce qui concerne l'aboutissement de certains travaux sur les sources, que les résultats des premières commercialisations, que les conclusions des études de marché qui seront lancées.

La conjoncture est actuellement très évolutive et peut subir de profondes modifications dans les deux années à venir. Pour ces mêmes raisons, il semble essentiel que le travail de synthèse qui a été entrepris à l'occasion de ce rapport soit poursuivi et que, pour la fin de l'année 1976, l'ensemble de la politique des pouvoirs publics vis-à-vis du véhicule électrique, soit réétudié dans un nouveau rapport, à remettre au Gouvernement.

Sur la lancée des travaux qui ont été entrepris pour la rédaction du présent document, il serait alors possible de constituer un groupe interministériel chargé d'assurer un suivi de l'évolution de la technique chez les différents industriels.

Il semble qu'une telle structure soit la plus apte à agir de manière opérationnelle dans le cadre des orientations générales qui seront adoptées lors de la cession du Comité interministériel d'action pour la nature et l'environnement.

*Le « cab »,
mini-camionnette de livraison :
une grosse part du marché
entre 1982 et 1990.*



Sans la possibilité de se déplacer et de transporter des choses, le premier homme n'aurait pas réussi à trouver de la nourriture, à la rapporter à sa famille et donc à survivre. Ainsi le transport est la plus ancienne activité du genre humain et jusqu'à maintenant est resté l'une des plus importantes.

Malgré cela, on peut dire que c'est aussi aujourd'hui une des moins bien traitées — au moins en ce qui concerne le transport des personnes. Il y a beaucoup de raisons pour expliquer un tel état de choses; à mon point de vue deux des plus importantes sont les suivantes : le succès et le « laisser-faire » dans le cas de l'automobile et du transport aérien; le poids historique et sociologique du passé en matière d'un certain nombre d'autres techniques. Il est généralement admis aujourd'hui que quelque chose doit être fait rapidement pour préserver aussi bien la santé physiologique et mentale des hommes qu'un développement harmonieux de l'économie. Les moyens techniques et les outils appropriés existent pratiquement; ce qui est réellement nécessaire aujourd'hui est la volonté de le faire.

Avant d'examiner une manière d'utiliser les différents types de moyens de transport ainsi que leur avenir technique et économique, je voudrais rappeler un certain nombre de principes généraux qui doivent être pris en compte lors de toute approche d'une solution convenable à un besoin de transport donné.

Il n'y a aucune opposition fondamentale entre transport individuel et transport public. Ces deux domaines ont été trop souvent traités dans le passé comme s'il y en avait une, mais il est évident qu'ils sont entièrement complémentaires. Les temps ont changé depuis qu'aux alentours de 1962 la fermeture d'une des dernières lignes de transport public à Los Angeles avait été célébrée un peu comme une fête « dans une ville entièrement construite avec et pour l'automobile ». Un système de transport public est une nécessité pour au moins 1/3 de la population. Mais parmi les deux autres tiers, il y a aussi un grand nombre de gens qui prennent leur voiture parce qu'il n'existe pour eux aucun autre moyen convenable de se déplacer. Si le service offert par les transports en commun était

suffisamment bon et adapté, un grand nombre de conducteurs actuels d'automobiles se tourneraient vers lui.

Le même type de remarque s'applique aux systèmes guidés ou libres : les systèmes libres (automobile, aviation, bateaux) ont pour eux la souplesse d'adaptation, les systèmes guidés la possibilité de traiter en toute sécurité de très grands débits de marchandises ou de passagers. Aucun problème de transport ne peut être traité aujourd'hui sans tenir compte du prix du temps passé pour atteindre le point d'embarquement, pour attendre et voyager. Ceci amène immédiatement à distinguer : a) les gens ou les biens qui sont pressés et « peuvent payer »; b) ceux qui ne le sont pas; ils peuvent généralement perdre un peu de temps, mais souhaitent du même coup payer le moins cher possible. Dans le premier cas, il faut associer grande vitesse et grande fréquence des départs. Dans le second cas, il est possible d'accepter des vitesses réduites et seulement un ou deux départs par jour, comme cela arrive souvent avec les grands trains lourds. Pour transporter une charge, marchandise ou voyageur, on doit transporter également en contrepartie la masse du véhicule. Comme seule la charge utile paie, le poids mort - en fait nous préférons l'appeler le « poids associé » du véhicule - doit être réduit dans toute la mesure du possible. Ce sera une tendance importante et générale dans le futur. A cause des propriétés particulières du coussin d'air, le rapport du poids associé à celui du passager sera compris entre 1, 2 et 3 pour les véhicules guidés de cette technique au lieu de 4 à 12 pour les véhicules ferroviaires conventionnels.

L'avenir du coussin d'air

Dans le monde moderne, le coût du travail humain s'accroîtra sans cesse. Le paramètre économique ne sera pas nécessairement, comme d'aucuns essaient de le faire croire, la consommation d'énergie, mais bien plutôt le coût d'investissement initial et plus encore le coût d'entretien. Ceci est une autre raison de croire dans l'avenir des véhicules guidés à coussin d'air. Leur mode supprime toutes les fatigues et vibrations liées au roulement à grande vitesse des roues d'acier sur les rails. La conséquence pour l'amélioration

de l'endurance des véhicules et des voies sera de même nature que le passage du moteur à piston avec son hélice au turboréacteur, dans l'aviation.

A la différence des véhicules automobiles circulant sur route, le dépassement n'est pas possible avec les véhicules guidés à moins de prévoir des voies auxiliaires en nombre suffisant, des aiguillages et des procédures opérationnelles complexes. Cet aspect des choses conduira progressivement à supprimer ces mélanges entre trafics de marchandises ou de voyageurs ou entre transport de voyageurs à courte ou longue distance, chaque fois que l'on aura en vue une haute qualité du service en termes de confort, mais surtout de vitesse et de fréquence des départs.

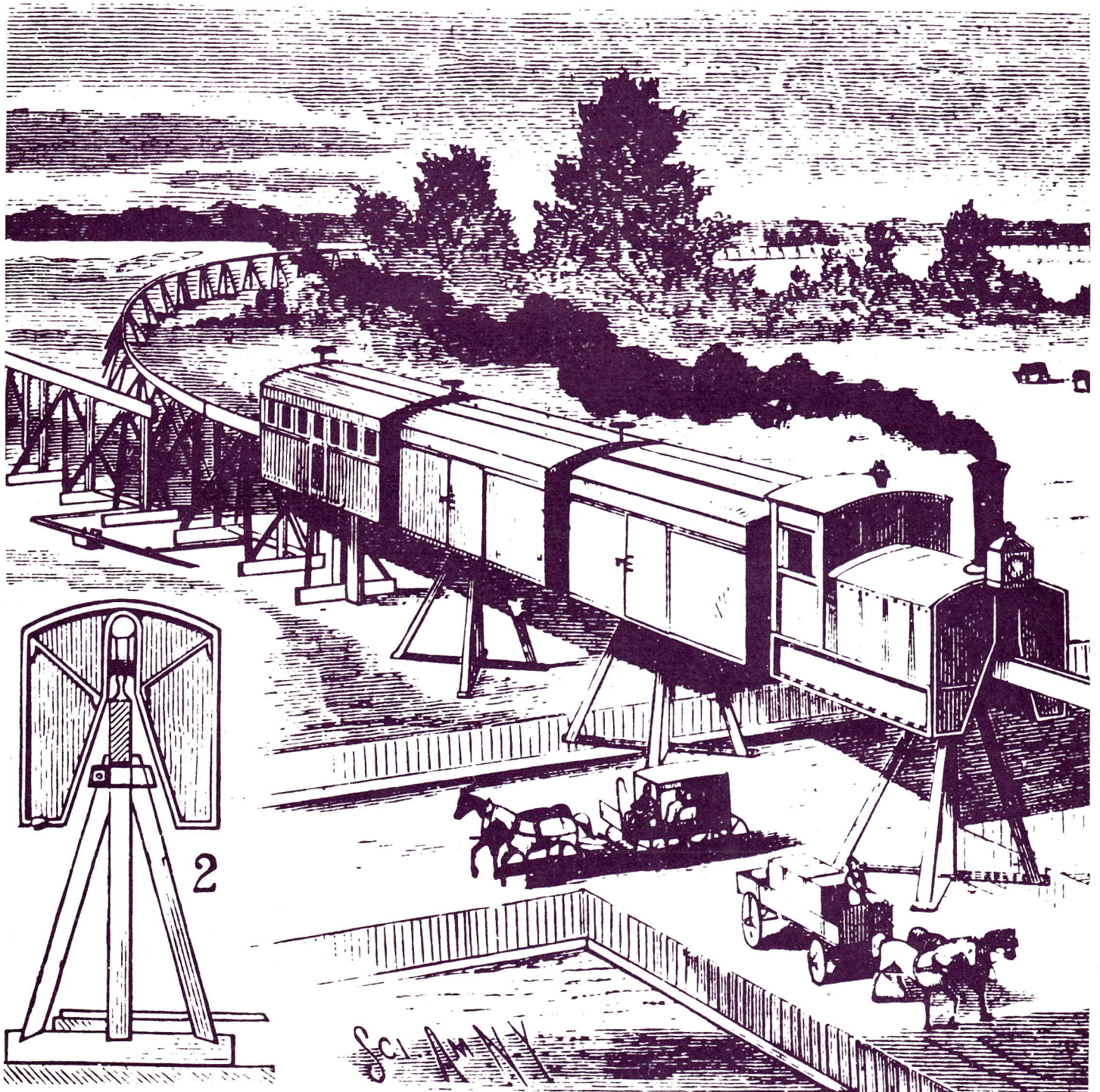
L'évolution des transports et leur meilleure adaptation aux besoins d'un monde en constante évolution vont évidemment s'effectuer selon les deux manières habituelles, c'est-à-dire :

- soit en améliorant les techniques actuelles tant du point de vue des moyens que de leur mode d'emploi;
- soit en faisant appel à des moyens nouveaux. Malgré l'impérieuse nécessité de faire de grands efforts pour améliorer ce qui existe, j'ai l'impression que le développement de nouveaux modes sera une donnée importante de l'évolution des transports dans les dix prochaines années. En prenant tout d'abord l'amélioration des transports existants et plus spécialement le transport public des personnes, il convient de souligner l'amélioration constante des liaisons et moyens existants dans plusieurs pays allant du Japon aux États-Unis d'Amérique. En France, nous pouvons citer par exemple : la mise sur pneus de certaines lignes de métro, la construction du Réseau Express Régional, l'augmentation constante de la vitesse commerciale des trains mis par la S.N.C.F. à la disposition des voyageurs, la mise en service de turbotrans sur plusieurs lignes. Toutes ces modernisations tendent à améliorer le service rendu à l'usager, souvent en évitant de coûteux investissements, par exemple l'électrification pour les lignes où le trafic est trop faible (Turbotrain).

* Président de "Bertin et Cie", Aérotrain - SEDAM

et société contemporaine

*Chemin de fer surélevé,
circulant sur un rail unique,
soutenu sur des poteaux de bois (1884).
Une première version de l'aérotrain?*



Il faut toutefois insister sur le fait que ces opérations ont cependant des limites. Le coût des aménagements en souterrain est très élevé et ne peut donc être retenu qu'exceptionnellement. A ce propos, il faut rappeler que les techniques de percement de tunnels verront certainement un grand développement au cours des toutes prochaines années.

Le tracé des infrastructures ferroviaires existantes n'a pas été prévu pour les grandes vitesses que l'on peut atteindre aujourd'hui : 300 à 400 km/h. De plus, aucune d'entre elles n'a été construite dans les pays de l'Ouest depuis plus de cinquante ans; or, précisément pendant cette période, les répartitions démographiques ont complètement changé et les réseaux existants ne coïncident généralement plus avec les lignes de force du trafic. Le trafic des marchandises et celui des voyageurs à grande vitesse et à fréquence élevée vont devenir de plus en plus incompatibles sur une même ligne. Tôt ou tard, il faudra donc créer de nouvelles liaisons. Ceci a déjà été fait au Japon avec la nouvelle voie du Tokaido, entièrement réservée au transport interville de voyageurs, alors que les marchandises et le trafic local continuent à être acheminés par l'ancienne ligne.

A partir du moment où la construction complète d'une infrastructure nouvelle devient quasi inéluctable, il est indispensable de prendre en considération dans les études toutes les possibilités qu'offrent les techniques nouvelles. Ce serait un non-sens d'engager des investissements nouveaux sans avoir mis de son côté toutes chances d'en tirer le profit maximum pour l'avenir. Je pense bien sûr aux performances de vitesse et de fréquence auxquelles le public deviendra de plus en plus sensible; mais il y a un autre aspect très

important du problème sur lequel il me semble nécessaire d'insister fortement. C'est la possibilité pour un système de transport public d'utiliser économiquement une voie surélevée. Le niveau du sol est pratiquement indisponible dans les villes et banlieues. Passer en souterrain est tellement cher que cela ne doit être retenu qu'exceptionnellement (très haute densité, supérieure à 200/300 000 passagers par jour ou dans la partie historique des vieilles villes). La seule alternative valable est d'utiliser la voie surélevée.

Pour les liaisons interurbaines, on arrive à la même conclusion aussi bien du point de vue de la sécurité à haute vitesse, que pour laisser l'utilisation du terrain aussi libre que possible sous la voie même de part et d'autre (exemple de la voie de l'Aérotrain près d'Orléans). Cela évitera, à l'avenir, de couper un pays ou une région en deux parties pratiquement isolées l'une de l'autre sur de grandes distances comme le ferait une voie ferrée au sol.

Il faut alors souligner combien la technique du coussin d'air est intéressante sous l'angle de l'utilisation des voies surélevées :

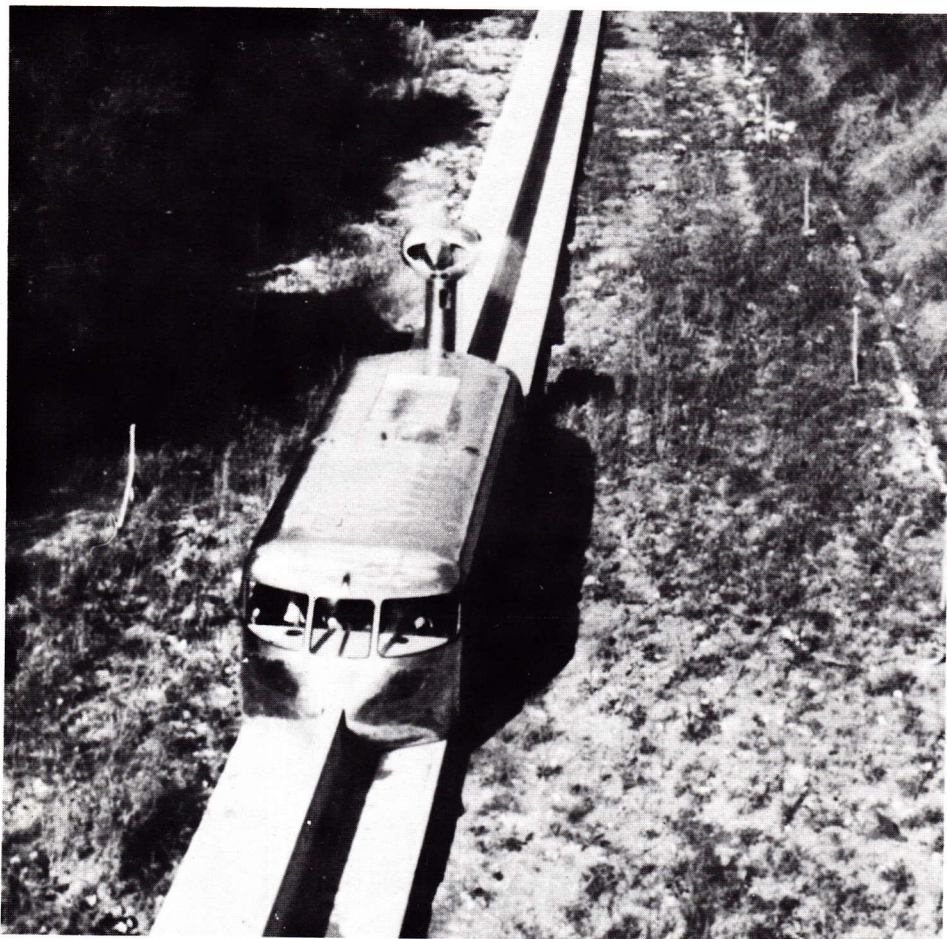
faibles pressions de liaison entre véhicule et voie (1/20 atm.);

pas de vibrations ni de contraintes variables dues à la translation;

pas de bruit de structure, même si elle est métallique;

très grande légèreté du véhicule, ce qui simplifie beaucoup la construction des poutres et des piliers supports.

*L'aérotrain sur son site,
près d'Orléans.*



Le seul problème qui pourrait se poser en dehors des aspects techniques qui sont presque tous en faveur des véhicules à coussin d'air sur voies surélevées reste la question de l'esthétique. Exception faite des parties historiques d'un nombre limité de villes, je ne vois pas de cas où une voie surélevée, pourvu qu'elle soit silencieuse et légère comme la technique du coussin d'air le permet, déparerait un paysage qui a généralement comme seule qualité d'être celui dans lequel nous vivons aujourd'hui. Toutes les civilisations ont finalement accepté et embelli ce qui n'était que fonctionnel au commencement. Il suffit de rappeler le cas des aqueducs romains!

Un autre aspect du transport public des personnes qui doit connaître un très grand développement dans les toutes prochaines années est le transport de proximité, c'est-à-dire sur des distances pouvant aller de la centaine de mètres à un ou deux kilomètres. Le besoin en existe pour les aéroports, les parcs à voitures, les liaisons entre stations des différents modes de transport.

Tout un ensemble de solutions ont été proposées : courroies transporteuses ou tapis roulant avec ou sans accélérateur d'embarquement, véhicules guidés de petits modules supportés par roues à pneumatiques, coussin d'air ou câbles, etc. La difficulté est ici la même que dans tout le domaine du transport public : entre les usagers qui veulent un meilleur service et ceux qui proposent les moyens appropriés, les organismes qui devraient promouvoir les nouvelles réalisations ne sont trop souvent pas directement ou économiquement motivés pour le faire.

Pour terminer ce tour d'horizon rapide du transport des personnes, j'en viens maintenant au transport individuel. Si l'engorgement des villes est apparu avec la démocratisation de l'automobile, ce dernier facteur est un de ceux contre lesquels on ne revient pas. C'est certainement la plus grande conquête de l'homme - après le cheval! - d'avoir pu trouver cette mobilité individuelle à bon compte et à son entière disposition. Toute solution du transport dans les villes qui passerait par une interdiction de l'automobile individuelle est, au moins à terme rapproché, complètement erronée.

Si l'on ne peut bannir l'automobile des villes, il faut alors essayer de voir de quelle manière on peut la rendre compatible avec la cité. Rappelons auparavant les reproches les plus fréquents qui lui sont faits; ils sont au nombre de deux : son encombrement excessif tant pour la circulation que le parage, et la pollution atmosphérique qu'elle provoque.

Un gain de surface de 60 %

Le premier facteur sur lequel il faut jouer est donc l'encombrement. On a remarqué en effet que, dans toutes les villes du monde moderne, le taux d'occupation moyen de la voiture automobile particulière était voisin de 1,1 à 1,3 personne par véhicule. Il est certain que l'utilisation dans ces conditions de voitures faites pour transporter 4 ou 5 passagers, et ayant donc une grande surface au sol, est une gêne considérable. Il faut donc essayer de construire une voiture adaptée à la ville et aussi compacte que possible. Le succès des petites voitures étrangères a

amplement montré qu'il existait bien un marché pour ces sortes de voitures.

Le gain de surface de 50 à 60 % réalisé suivant les cas va permettre un progrès décisif tant du point de vue de la fluidité de la circulation que de la bonne utilisation des surfaces de parage.

Venons en maintenant à la pollution apportée par l'automobile, dont il convient de parler avec la plus extrême prudence. La pollution à laquelle tout le monde pense lorsqu'on parle d'automobile est celle due aux gaz s'échappant des moteurs (composés oxygénés du carbone et de l'azote, hydrocarbures vaporisés). Cette pollution rejoint celle des foyers domestiques et des centrales électriques thermiques. Cette pollution est certaine; mais elle n'est pas toujours la plus dangereuse ni la plus désagréable pour l'homme des villes à part quelques situations géophysiques tout à fait exceptionnelles dans le monde comme celle de Los Angeles. Ceci n'empêche pas bien entendu de faire tous les efforts, économiquement raisonnables, pour diminuer la proportion des gaz nocifs émis par les moteurs automobiles. Ceci est en cours depuis déjà quelques années et des progrès substantiels ont déjà été réalisés par tous les constructeurs. Mais ce n'est pas le seul aspect du problème. On peut aussi agir sur la quantité absolue de pollution qui est émise. Les petites voitures urbaines sont, là encore, intéressantes. Considérons tout d'abord le cas d'une voiture routière normale. En technique européenne, elle dispose généralement d'un moteur dont la puissance maximale est comprise entre 60 et 100 cv. Or, en circulation urbaine, ce ne sont que 15 à 20 cv qui peuvent être normalement utilisés, à part durant quelques secondes d'accélération. Pourtant en raison de la nature même des moteurs à carburateurs, la consommation de carburant par kilomètre ne diminue pas par rapport à la croisière routière, elle augmente même parfois, mais surtout l'émission de produits nocifs augmente car le moteur, trop étranglé, travaille dans de mauvaises conditions.

L'utilisation d'une voiture de ville légère n'a pas cet inconvénient, car le moteur sera le plus souvent utilisé dans sa zone correcte d'adaptation; il en résulte que, compte tenu du rapport de puissance installée, la pollution gazeuse émise peut être 5 à 10 fois plus faible par km/passager qu'avec une voiture normale.

Une autre voie possible pour l'automobile urbaine est le moteur à vapeur. Il présente deux avantages de principe : le silence de fonctionnement le plus complet et un niveau de pollution gazeuse plus réduit en raison de la nature permanente de la combustion. Mais en fait il semble que l'intérêt de la voiture électrique soit plus grand.

Ma conclusion pourrait être la suivante : une diversification toujours plus grande des moyens de transport est le fait de notre époque. Mais il me paraît nécessaire de faire davantage : puisque cette diversité est un fait, l'autre devoir de tous ceux qui ont à connaître des problèmes de transport est d'assurer la compatibilité de chacun des systèmes avec les autres.

Ainsi pour les voyageurs, si la correspondance entre deux modes est bien organisée, c'est-à-dire si le passager n'a qu'à faire 10 ou 20 pas pour passer de l'un à l'autre, il n'y a aucune gêne réelle. Il peut donc

parfaitement accepter une rupture de charge; mais, du même coup, ceux qui ont la responsabilité d'organiser les transports dans leur ensemble recouvrent une grande souplesse, principalement à l'intérieur et autour des grandes villes. L'idée d'un réseau homogène et complet n'utilisant qu'un seul et même type de matériel est un concept périmé qui complique tellement les choses que les nouvelles réalisations peuvent être retardées pendant des années, alors même que les utilisateurs en ont désespérément besoin.

En matière de transport, il apparaît donc aussi important de changer la manière de penser et d'avoir une approche sociologique nouvelle des problèmes que d'améliorer la technique. Le monde n'est pas lié à un seul devenir résultant du passé. Ne rechercher que les solutions compatibles technologiquement dans la voie des réseaux homogènes conduirait à une cristallisation contraire à notre nature. Faisons donc nôtre l'interprétation de Paul Valéry, « la véritable tradition n'est pas de refaire ce que les autres ont fait, mais de retrouver et de conserver l'esprit qui leur a fait faire de grandes choses et qui nous en fera faire de toutes autres en d'autres temps ». C'est dans ces conditions que sera rendu le meilleur service à l'homme en matière de transport.

J. B.

La géologie marine

M. Debyser*

La plupart des géologues, géophysiciens, géochimistes ont été les acteurs directs ou les témoins attentifs, durant ces vingt dernières années, d'un changement d'une telle importance qu'il n'est probablement pas exagéré de parler d'une véritable mutation de la pensée scientifique dans le domaine des sciences de la terre. Les outils et les moyens matériels ne sont pas les seuls à avoir été modifiés, mais aussi les concepts et les méthodes par lesquels on tente de résoudre les problèmes.

Ce qui est important, et mérite d'être souligné, c'est que cet élan nouveau donné aux sciences de la terre est en grande partie lié aux progrès rapides et aux découvertes récentes réalisés dans le domaine de la géologie et de la géophysique marine.

Pour percevoir ce changement reportons-nous d'abord à la période comprise approximativement entre 1910 et 1925. A cette époque, Wegener publie les quatre éditions successives de « La genèse des continents et des océans ». Dans ce célèbre ouvrage, il développe l'hypothèse de la dérive des continents, hypothèse qui s'impose à lui et à d'autres géologues contemporains pour deux raisons : d'une part l'étrange similitude entre le découpage des côtes de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, d'autre part le nombre toujours croissant d'observations tant géologiques que paléoclimatiques et paléontologiques qui impliquent une continuité entre ces deux continents. La similitude des faunes et des flores à certaines époques, le synchronisme de certains phénomènes géologiques et climatiques est tel qu'on ne peut imaginer l'histoire de ces deux continents que dans une étroite dépendance. Pourtant aussi prestigieuse et aussi séduisante qu'elle ait été, à cette époque - rappelons qu'on l'enseignait dans nos lycées - cette théorie malgré quelques tentatives de vérification par mesure directe, apparaissait comme incontrôlable. Sans s'en désintéresser, les géologues et les géo-physiciens la rangèrent dans le tiroir des hypothèses invérifiables. La mer était, si l'on ose s'exprimer ainsi, « terra incognita », grande tâche blanche sur les cartes géologiques.

D'une façon plus générale pour l'ensemble du globe, on commençait à avoir des connaissances sérieuses sur l'ensemble des terres émergées, c'est-à-dire sur 1/3 de sa surface; on était par contre dans l'ignorance presque totale sur l'âge et la nature des formations qui forment le plancher des océans.

La nouveauté, durant ces vingt dernières années, est précisément que les recherches

géologiques réalisées dans les océans ont permis de combler ces lacunes de connaissance, de supprimer en grande partie les vides que constituaient les océans dans la carte géologique mondiale. En quelques années le bien fondé de l'hypothèse des dérives continentales, différente en vérité dans sa formulation de celle imaginée par Wegener, s'est trouvée confirmée et d'un seul coup l'image organisée de la surface de la planète est apparue. Celle-ci, baptisée théorie de l'expansion des fonds océaniques, permet de proposer un schéma global de la tectonique terrestre. Ce schéma est global parce qu'il est valable pour l'ensemble de la terre; il l'est aussi parce qu'il permet d'englober, d'expliquer des phénomènes aussi différents que la distribution des tremblements de terre, la répartition des volcans, la formation des chaînes de montagne, de comprendre la distribution des roches sédimentaires, cristallines et volcaniques qui constituent l'écorce terrestre, ainsi que de rendre compte de certaines migrations des flores et des faunes.

Cette disparition des cloisonnements entre les différentes disciplines, et en particulier entre la géologie, science descriptive et naturelle, et la géophysique, n'est pas spécifique aux sciences de la terre. Les historiens des sciences décrivent des phénomènes identiques dans d'autres domaines, en particulier en biologie.

Chronologie pour 150 millions d'années

Ce qui est à noter, c'est que dans le domaine des sciences de la terre, cette fusion, cet éclairage mutuel des découvertes dans chaque discipline particulière par les découvertes faites dans les autres, ne se sont réellement réalisés que durant ces dix dernières années. L'exemple qui peut-être le plus significatif à cet égard a trait à la chronologie des phénomènes géologiques dans les océans. Aujourd'hui, on peut, en combinant la succession des inversions du champ magnétique terrestre (géophysique), les âges isotopiques (géochimie) et l'évolution des espèces microplanctoniques (biostratigraphie) établir une chronologie des événements, d'une précision inégalée, pour les cent-cinquante derniers millions d'années de l'histoire de notre globe.

L'intégration des différentes disciplines qui permettent de constituer la chronologie des océans, conduit, en corrélation avec celles déjà mieux connues des continents, à une situation nouvelle qui se marque essentiellement par les faits suivants : autrefois les théories d'ensemble

sur l'histoire du globe relevaient plus de la cosmogonie que de la science. C'était des exercices de style parfois prestigieux mais invérifiables parce qu'on ne pouvait les confronter à la matérialité des faits. Maintenant, cela est envisageable.

Par ailleurs, le schéma de tectonique globale donne une base concrète à ce qui était pressenti depuis longtemps, à savoir qu'un certain nombre de règles générales sont applicables à l'étude géologique de n'importe quelle région du globe. Ces règles commencent à être connues et constituent une trame à l'intérieur desquelles on peut hiérarchiser l'infinie variété des observations régionales ou locales et interpréter l'évolution de ces régions.

Enfin, comme on le verra plus loin, la méthode et la stratégie de la recherche elle-même s'en trouvent considérablement modifiées. Ce par quoi Bachelard définissait le nouvel esprit scientifique se réalise en géologie : « le temps des hypothèses décousues et mobiles est passé comme est passé le temps des hypothèses isolées et curieuses. Désormais, l'hypothèse est synthèse ».

Pour bien saisir la portée de cette mutation des sciences de la terre, il est nécessaire de se reporter à la situation des connaissances il y a une trentaine d'années. Tout a commencé avant la dernière guerre mondiale par le développement du sondage acoustique qui a permis de faire un relevé de la bathymétrie et de la morphologie des océans. Après la guerre, le développement de ces techniques connues sous le nom de sismique réflexion ont permis de compléter ces images en donnant des indications sur l'épaisseur des formations sédimentaires qui tapissent le fond des océans et sur la profondeur du plancher océanique. En deux décennies le schéma général de la morphologie des océans, de la distribution des formations sédimentaires, épaisseurs et déformations comprises, a été mis en place. Après une étape qu'on pourrait qualifier de purement descriptive, un pas décisif a été franchi vers les années 60 par la mise en évidence et l'étude dans le fond des océans des anomalies magnétiques liées aux inversions du champ terrestre. L'examen de leur distribution dans certaines zones du Pacifique, de part et d'autre de lignes de fractures, a permis de formuler l'hypothèse que le long de ces accidents s'étaient produits des mouvements horizontaux de plusieurs centaines de kilo-

* Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.)

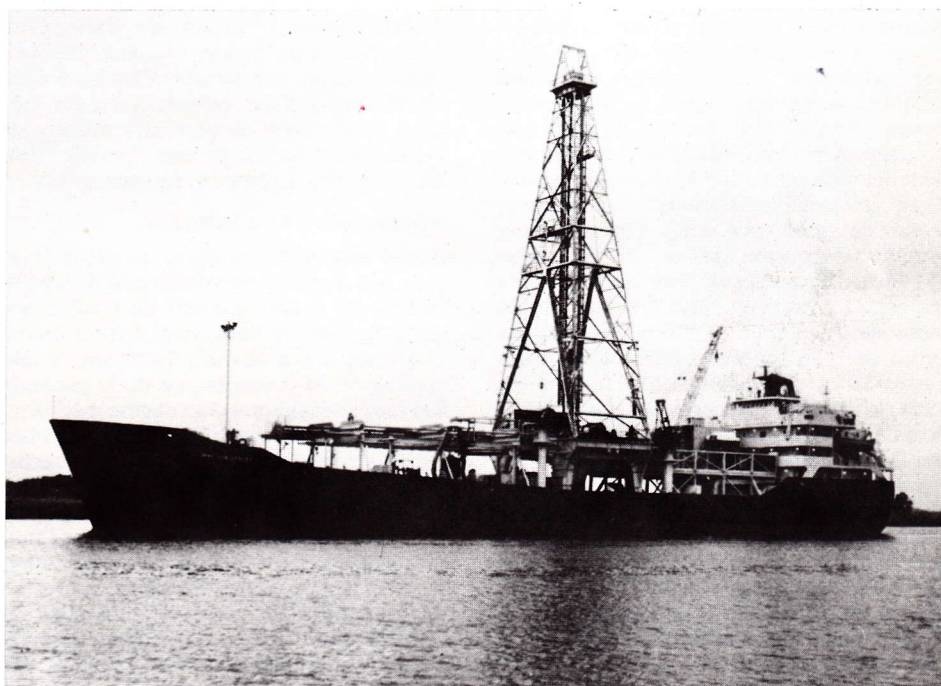
mètres. On a réalisé ensuite que, dans tous les océans du monde, ces anomalies, identifiables par leur signature particulière, étaient alignées parallèlement aux chaînes midocéaniques.

C'est partant de là qu'a été formulée la théorie de l'expansion et de la tectonique des plaques : le plancher océanique se forme dans le fossé d'effondrement qui suit l'axe de ces chaînes et se répand de façon symétrique de part et d'autre de cet axe, chacune des anomalies constituant en quelque sorte le témoin d'un certain stade de l'expansion. Cette expansion du fond océanique entraîne dans certains cas les continents avec elle comme dans le cas de l'Atlantique. Ailleurs, plancher océanique et continent s'affrontent comme dans le cas du Pacifique. Dans ce cas, à la limite continent-océan, se créent des zones de compression, des zones de fractures, des zones de volcanisme, des zones de formation de chaînes de montagnes, des zones de tremblements de terre.

450 forages

L'étape la plus récente a débuté en 1968 lorsque la National Science Foundation a lancé une campagne de forage océanique intitulée "Deep sea drilling project". En cinq années, 450 forages ont été réalisés, aussi bien dans le Pacifique, l'Atlantique, l'Océan Indien, que dans les mers marginales. Certains de ces forages ont pénétré de plus de 1 000 mètres sous le fond de l'océan. Parmi les innombrables découvertes qui ont pu être faites au cours des campagnes du "Glomar Challenger", le résultat le plus important a été que l'âge des sédiments, au contact avec la croûte océanique, augmente de part et d'autre de la ride mid-océanique d'une façon conforme avec ce que la théorie de l'expansion avait prévu. Il est maintenant possible en combinant les données du magnétisme et de la stratigraphie de reconstituer depuis environ 200 millions d'années quelles ont été les positions respectives des continents les uns par rapport aux autres. On peut en particulier reconnaître les étapes de la formation de l'Atlantique avec toutes les implications que cela impose sur le plan de la sédimentation, de la climatologie et de son environnement en général.

Une cinématique de l'écorce terrestre s'est ainsi constituée qui fait apparaître les relations entre les variations de vitesse d'expansion, les phases paroxysmales de formation de chaînes de montagnes et bien d'autres phénomènes géologiques. Ces connaissances des états successifs de



l'écorce ouvrent maintenant la porte sur le problème de plus difficile et le plus important qui est la géodynamique de l'écorce terrestre. Disposant enfin de données chiffrées, tant sur les mouvements horizontaux (dérive) que sur les mouvements verticaux (subsidence), il est possible de constituer des modèles de l'écorce terrestre dans lesquels sont intégrées, aussi bien les données superficielles que les observations géophysiques profondes de gravimétrie, de réfraction, et enfin d'aborder le problème plus fondamental qu'est la caractérisation des forces qui entrent en jeu dans l'évolution de l'écorce terrestre. Ceci est l'orientation des recherches actuelles, dont le but est d'établir une théorie cohérente entre les caractéristiques physiques du manteau et les mouvements horizontaux et verticaux observés à la surface de l'écorce terrestre.

Il n'était pas possible dans ce cadre d'aller plus loin dans la description de cet enchaînement de découvertes. Nous retiendrons simplement le fait important suivant, à savoir, que les zones actives de l'écorce terrestre sont situées dans la plupart des cas sous le fond des océans, soit au milieu, là où se forme le plancher océanique dans le fossé d'effondrement de la chaîne médiane, soit à proximité de la limite continent-océan où ce plancher en expansion affronte ces masses continentales.

*Une campagne de forages océaniques :
des forages à plus de 1000 mètres
sous l'océan.*

On comprend maintenant pourquoi, malgré tous leurs efforts, les géologues terrestres ne pouvaient formuler que des hypothèses sur la formation des chaînes de montagne : les endroits où les phénomènes se produisent, les zones où l'écorce terrestre est active et où l'on peut suivre presque quotidiennement les déformations sont situés sous la mer. C'est pourquoi tant que l'océan restait inaccessible et que l'on n'avait pas accès aux régions à partir desquelles se propagent et se distribuent les principaux mouvements horizontaux et verticaux qui affectent l'écorce terrestre, on ne pouvait les comprendre.

Une théorie d'ensemble pour la géologie

Pour le technicien, les progrès qui ont été réalisés se manifestent quotidiennement et concrètement dans le renouvellement des outils conceptuels dont il dispose, dans les modifications de la méthode et dans les tensions qui règnent actuellement dans la profession.

Le fait de disposer d'une théorie globale qui permet d'établir des ponts entre des disciplines autrefois relativement auto-

nomes comme la vulcanologie, la séismologie, la tectonique et la sédimentation est générateur de nouveaux concepts (plaques océaniques, zones de subduction, zones d'expansion, etc.). Ces concepts transforment complètement ou enrichissent les concepts plus anciens de la géologie (géosynclinaux, marge continentale, zones de subsidence, etc.). Ces nouveaux outils conceptuels, qui ne résultent plus du formalisme classificateur indispensable au départ dans toutes sciences descriptives mais sont déduits à l'analyse des relations entre des phénomènes différents, sont des instruments de raisonnement autrement plus riches et plus efficaces. On assiste par ailleurs à un changement dans les méthodes. Le fait de disposer d'une théorie d'ensemble implique non seulement une polydisciplinarité réelle qui se manifeste au cours du développement de la recherche par une comparaison et une itération à tout moment entre les différentes disciplines mises en œuvre, mais aussi par une plus grande facilité pour le géologue à poser, pour chaque région particulière qu'il étudie, des questions fondamentales. Dans l'étude d'une région du globe, le géologue ou le géophysicien se préoccupait essentiellement d'aller voir un peu comme l'explorateur qui, à la Renaissance, partait à la découverte de terres nouvelles. Maintenant, il dispose d'une trame théorique qui l'autorise à anticiper dans une certaine mesure les questions clés que telle ou telle région du globe permet de résoudre. Ceci se manifeste par une plus grande aptitude à hiérarchiser les problèmes. Cette possibilité ouvre la porte à l'emploi, en recherche fondamentale, de moyens lourds et onéreux permettant la résolution de questions spécifiques. Ainsi, on conçoit fort bien de nos jours de financer un nouveau programme international purement scientifique de forages océaniques profonds, tel que celui d'IPOD, parce qu'on sait maintenant que, si l'on s'entoure d'un certain nombre de précautions au niveau des études préliminaires pour l'implantation de ces forages et qu'on affecte à cet objectif des géologues et des géophysiciens compétents, la réponse à la question posée a de bonnes chances d'être obtenue et que si le problème est bien défini, sa résolution permet de faire des découvertes dépassant largement le cadre régional. Actuellement les scientifiques qui participent à ce programme international plus ambitieux que le précédent sont confrontés à une responsabilité sans précédent; maîtres de placer leurs forages pratiquement où ils le veulent, les techniciens, les sédimentologistes et les spécialistes de la croûte océanique

doivent penser à l'échelle du globe. Cha-implantation de forage requiert une précision presque industrielle. Chaque forage ou chaque groupe de forages, dont certains pénétreront de plusieurs milliers de mètres dans la marge continentale, doit résoudre des questions fondamentales.

« Archimède » et « Famous »

A une échelle moindre, un exemple français me semble particulièrement significatif à cet égard; il s'agit de l'utilisation qui a été faite du bathyscaphe ARCHIMÈDE. Construit il y a environ vingt ans, à une époque où la connaissance de la géologie des fonds océaniques était encore médiocre, sa rentabilité scientifique s'est révélée extrêmement faible. En fait, les scientifiques ne disposaient pas à l'époque du schéma théorique leur permettant de décider où il fallait plonger. Aujourd'hui, pour ne prendre qu'un cas particulier, sachant que la croûte océanique se forme dans un fossé de quelques kilomètres de large, situé au milieu des océans, l'observation de ce secteur à grande échelle, qui correspond au rayon d'action de l'ARCHIMÈDE sur le fond, est parfaitement légitime. Le programme franco-américain FAMOUS de plongée profonde a permis d'apporter des informations précises sur les mécanismes qui se produisent dans cette région du globe privilégiée, informations qui auraient été inaccessibles autrement. En pratique, on braque sur le fond des océans un appareil à haute résolution très performant et très onéreux comme on braque sur un point particulier de l'espace un grand radiotélescope à l'écoute d'une étoile.

Un tel changement ne va pas sans crise et sans tension. Récemment, encore en géologie, la découverte résultait essentiellement d'un travail acharné et méticuleux. Pour le non initié, la géologie donnait souvent l'impression d'une science diffuse aux objectifs mal définis. Cette image lui nuisait, car dans la compétition pour l'obtention des crédits de recherche, les projets proposés par les géologues paraissaient souvent très modestes et manquaient de netteté par rapport à ceux présentés par les scientifiques qui travaillaient dans d'autres domaines. Actuellement, on assiste à une tendance inverse parfois excessive, celle qui vise à résoudre les problèmes les plus fondamentaux en mettant en œuvre les moyens les plus onéreux de la technique moderne. Entre les disciplines, parce que même si toutes sont affectées par cette évolution, il n'y a aucune simultanéité dans le développe-

ment des différentes branches et certains domaines très descriptifs de la paléontologie, par exemple, sont souvent défavorisés par rapport à une approche qui paraît et qui est plus moderne et plus fondamentale. Entre les générations, parce que certains maîtres qui faisaient de la géologie, tout simplement pour faire l'inventaire naturaliste du monde, se trouvent confrontés à une nouvelle vague de jeunes géophysiciens et géochimistes ardents dont la démarche intellectuelle correspond plus à ce qu'on considère être les normes de la recherche scientifique actuelle. En fait, les problèmes sont très souvent mal posés : parce que, pour ne reprendre qu'un cas que nous avons cité, la chronologie détaillée de la formation des océans s'obtient par la mise en œuvre conjointe des techniques descriptives les plus minutieuses de la micropaléontologie (coccolites, radiolaires, diatomées, etc.) et des connaissances plus récentes en géophysique et en géochimie isotopique. Les disciplines purement descriptives et les sciences physiques participent à la même entreprise.

Si j'ai insisté sur certaines des difficultés rencontrées dans les sciences de la terre, c'est parce qu'elles constituent, à mes yeux, autant que les découvertes récentes, un témoignage objectif d'une science en voie d'évolution rapide. Je crois légitime de considérer que l'étude des océans qui a permis de formuler, puis de vérifier, la théorie de l'expansion a fait apparaître des concepts et des objets nouveaux (expansion des zones de subduction, plaques, etc...), le besoin de techniques d'observations nouvelles (forages océaniques par exemple), une autre mentalité dans la détection des phénomènes et la résolution des problèmes, un autre quadrillage perceptif dans la détermination des associations pertinentes (sur le plan stratigraphique, géochimique et géologique par exemple) enfin un jeu des concepts totalement inédits. L'ensemble de ces nouveautés que nous venons d'énumérer en paraphasant un texte de M. Foucault représente plus qu'un simple progrès dans le savoir. Il s'agit de la mutation d'une science qui de purement descriptive qu'elle était a acquis sa trame théorique. On peut exprimer ceci plus simplement en reprenant notre comparaison avec le puzzle que constitue l'écorce terrestre. Maintenant que son sens général est compris, les enfants que nous sommes vont beaucoup plus vite pour combler les trous et placer les pièces manquantes.

M.D.

DES ARCHITECTES POUR LES CENTRALES NUCLEAIRES

Claude Parent *

Qu'on le craigne ou non, qu'on lui attribue en l'an 2000 une part énergétique de 25 ou de 50 % en fonction et des autres ressources et surtout d'une économie plus attentive aux gaspillages, le monde s'engage dans une phase de production nucléaire.

Rarement dans l'histoire, l'appel à une nouvelle technique se sera-t-il développé dans une aussi grande incertitude quant

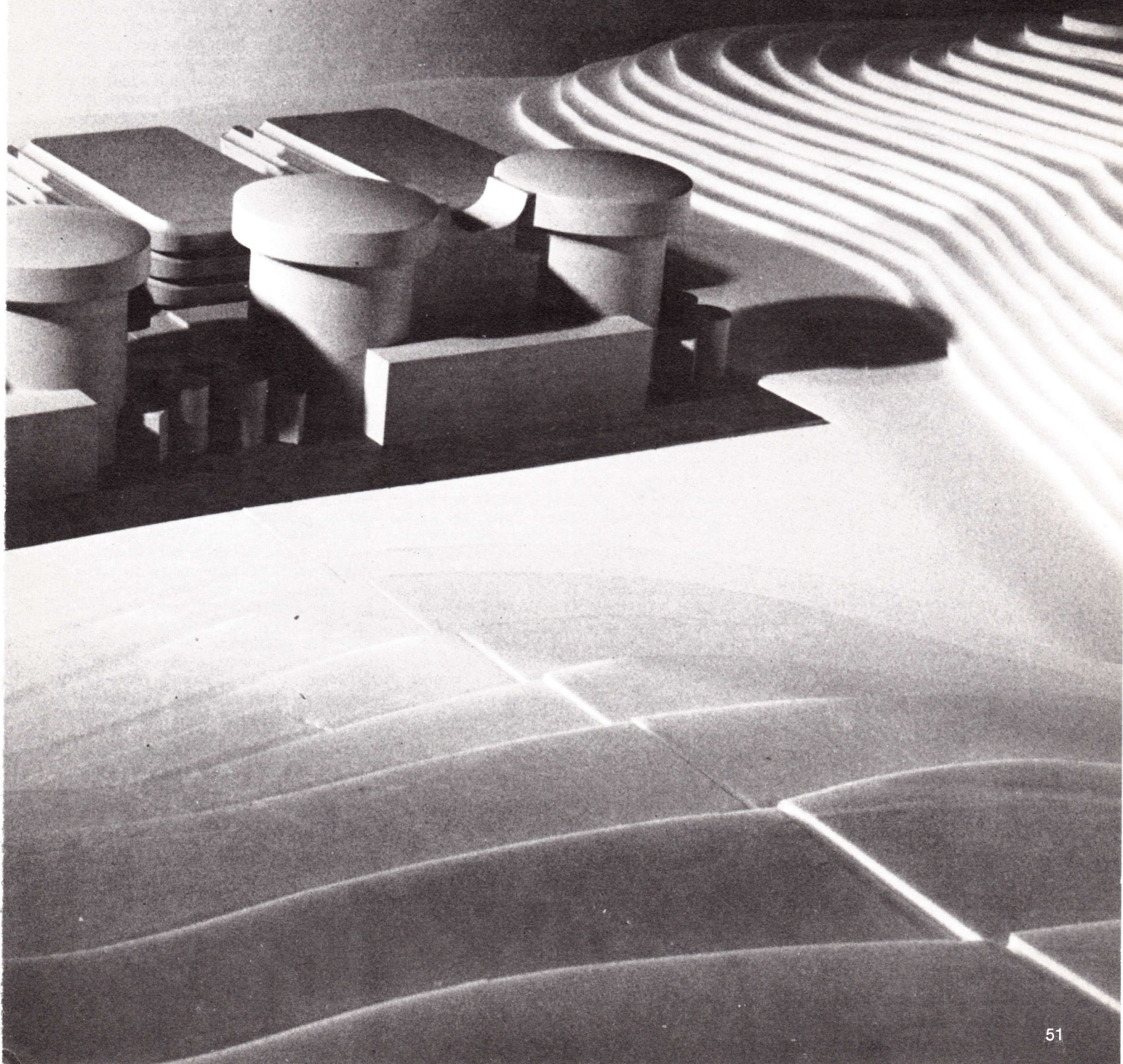
aux risques, quant aux techniques, quant aux tailles des unités de production, quant à leur insertion géographique.

Visibles ou souterraines — et c'est là encore une incertitude — les centrales devront cependant bousculer des sites, occuper des littoraux, s'insérer dans les paysages ou les provoquer. Le débat n'est pas encore ouvert et la revue « 2000 » le regrette, qui s'efforce de rappeler que

l'architecture n'est pas un dessin de forme plaqué après coup sur un objet.

Le moment est-il venu de confronter architecture et nucléaire, comme se nouent déjà des liens de création entre l'architecture et l'énergie solaire?

En faisant appel à Claude Parent pour une maquette, Électricité de France a posé un premier jalon.



Entreprendre une recherche sur les centrales nucléaires, consiste pour un architecte à engager un dialogue directement avec le futur. En une époque où pratiquer l'architecture, n'est le plus souvent synonyme que de repli sur le passé, que d'angoisse et d'inquiétude devant les besoins, à telle fin que le folklore déguisé et le pastiche archaisants restent toujours les plus sûrs garants de l'architecture anecdotique, il est encourageant de constater que le fait nucléaire ne peut lui, ni tricher ni se camoufler dans son expression architecturale.

Cette notion de responsabilité de l'architecture est accueillie avec enthousiasme face à une attitude générale de démission et de récession dans le domaine bâti. Dans le nucléaire l'architecture se trouve confrontée au site à une dimension telle qu'il est impossible de ruser. Il ne s'agit plus d'intégration au site, problème mal posé s'il en fut, mais de dialogue avec le site, de recherche d'un accord expressif avec les différents paysages de la France. Car une des chances de l'architecture nucléaire est de renouer avec la grande tradition de l'architecture du passé en s'implantant dans des sites de qualité. Rompant avec le masochisme de l'urbanisme moderne qui construit ses villes dans les sites déshérités, établissant une continuité avec l'architecture hydraulique des barrages qui non seulement prenait possession du paysage mais créait un site nouveau de grande qualité esthétique, l'E.D.F., à l'âge nucléaire, veut créer le paysage industriel, tentative qui n'a été jusqu'alors réalisée par les industriels que dans le désordre et l'incohérence.

Ce sentiment de responsabilité esthétique face au paysage conduit à une recherche préalable, à une étude située très en amont pour ne plus jamais se trouver devant le fait accompli : le néant architectural engendré par l'effet de surprise, le manque de préparation alibi trop connu de l'architecture désarmée face à l'état d'urgence. Combien de cas désespérants relèvent uniquement d'une solution quantitative, faute d'avoir été pris en considération en temps utile.

L'enjeu est celui de nos rivages, Océan, Méditerranée, Manche, celui de nos vallées, Moselle, Rhin, celui de nos moyennes montagnes. Sites accidentés de falaises, sites immenses et sans limites des estuaires, paysages de collines ondulant souplement autour de nos rivières, hautes vallées, réclament une doctrine de l'insertion de ces grandes architectures industrielles du futur. Il s'agit de bâtir des paysages minéraux, des reliefs architecturaux à la dimension des sites naturels préexistants et de réaliser un accord avec eux ; accord de forme, accord de matière et de couleur, accord de dimension, d'implantation et de répartition des masses architecturales.

Une grande partie du travail va consister à faire entrer ces prévisions dans le domaine opérationnel, notamment en répondant à deux soucis majeurs : caractériser chaque centrale suivant son lieu d'implantation pour répondre au souci d'un dialogue réel avec le site... discipliner la réalisation pour ordonner le bâti et refuser toute croissance anarchique due à l'évolution très rapide des techniques.

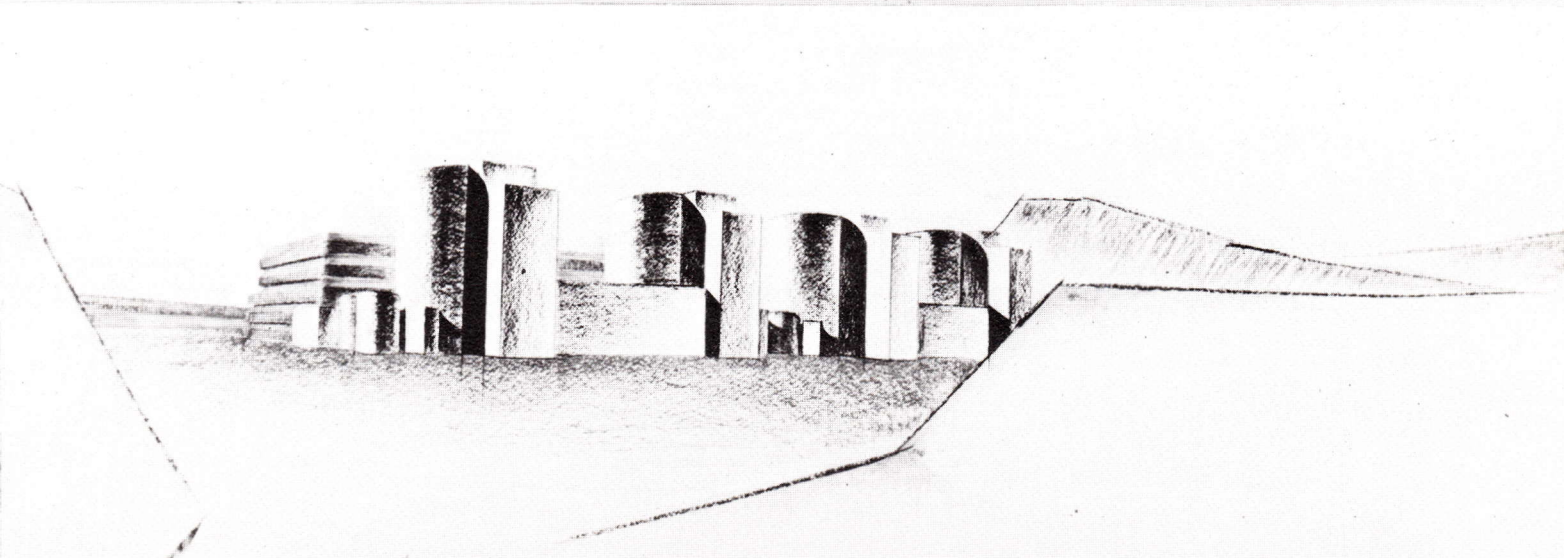
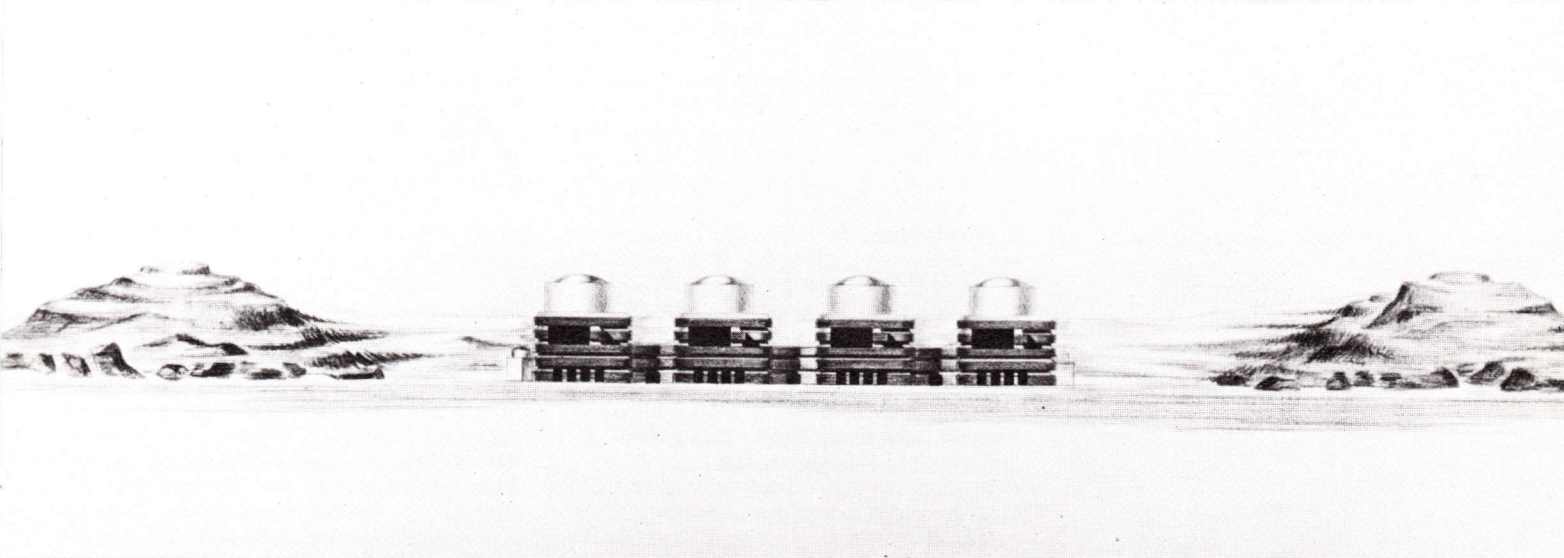
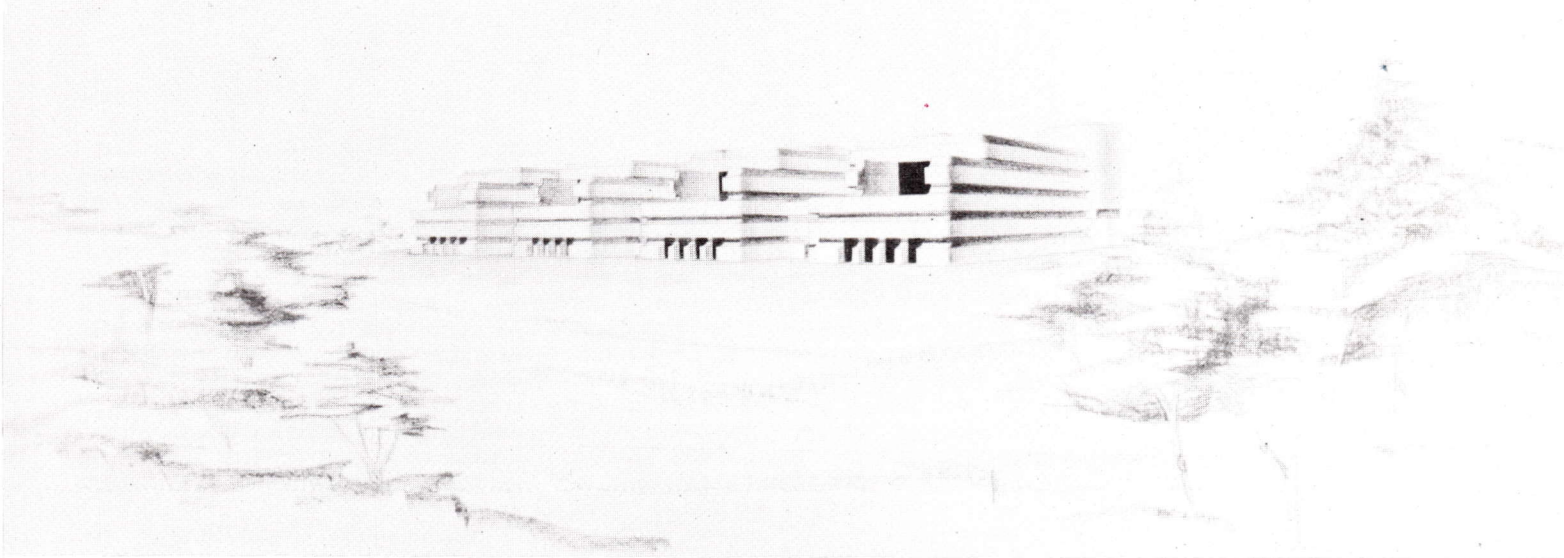
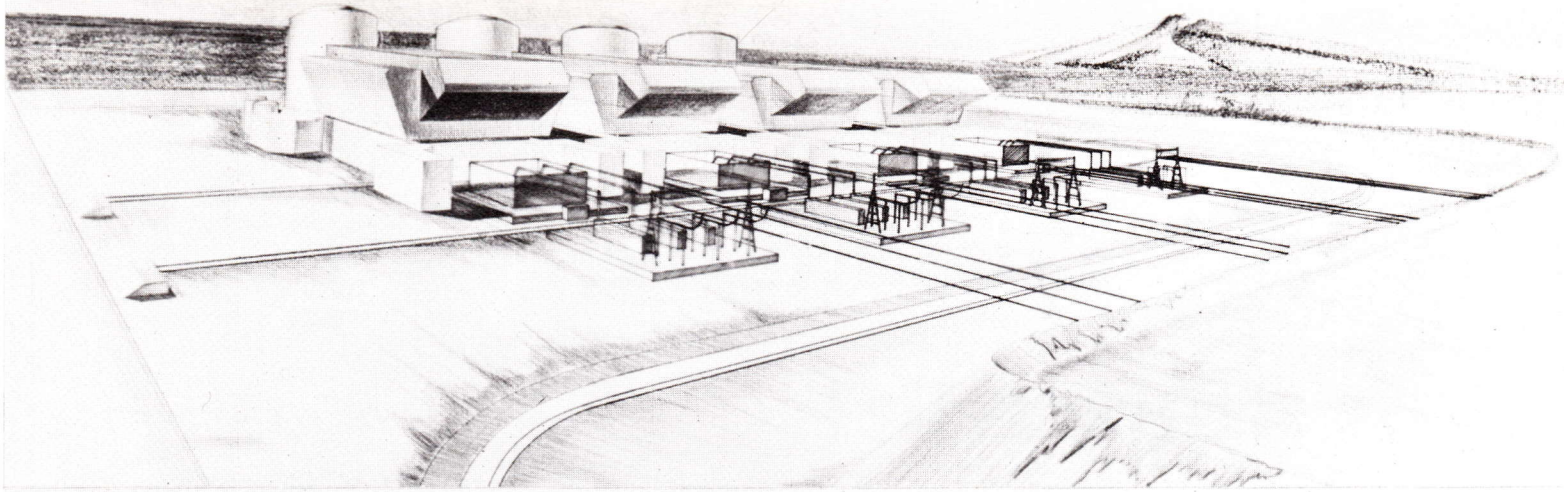
D'une manière générale il faut concevoir la recherche architecturale sur les centrales nucléaires non comme un petit coup d'enjolivement jeté au dernier moment sur des formes prédéfinies et proposées trop tard à l'architecte (qui ne fait plus œuvre que de décorateur ou de coloriste conseil, se bornant à choisir un bardage ou à réaliser le pavillon d'information), mais comme une étude fondamentale, engagée dès l'origine et accompagnant constamment l'ouvrage au cours de ses tribulations techniques.

Après avoir analysé le problème de l'expression architecturale, le point le plus important demeure le traitement du paysage environnant. En effet, non seulement il faut dégager les rapports de force et d'ambiance entre la centrale et le paysage, mais il faut aussi prendre en charge la modification du paysage apportée par les mouvements de terre gigantesques qu'exige quelquefois l'installation des batiments. C'est une étude de restructuration du relief qu'il faut bien souvent entreprendre, qui reprend là aussi la tradition du XVII^e siècle d'intervention du créateur dans le profil et le modelé du lieu. Une fois de plus le futur dans son intransigeance rejoint les valeurs les plus traditionnelles qui ont présidé à la constitution de notre patrimoine et, déclassant notre époque dite moderne par trop pusillanime, rétablit une continuité historique dans l'usage du sol de notre pays.

L'attention de l'architecte dans ce domaine se portera sur la volonté de ne pas dénaturer la vision que les hommes ont du paysage, préalablement à l'implantation de la centrale. Ainsi dans un site de vallée (petite dépression perpendiculaire à la côte dans un littoral de falaises au Nord de la France) il serait faux, pour cacher l'architecture de la centrale, d'établir un talus continu de quelques centaines de mètres de long, car ce talus « naturel » changerait totalement la nature du relief en escamotant la dépression. La mer ne serait plus visible dans cette échancre de la côte. Or c'est là le fait véritable du paysage : cette échappée sur la mer. Il vaut donc mieux laisser apparaître les quatre réacteurs de la centrale, qui émergent à peine, que de dénaturer le site par un aménagement faussement naturel. Par contre, latéralement, des terres rapportées peuvent renforcer l'éperon des falaises existantes et permettre de masquer la centrale dans les vues parallèles au front de mer où le paysage est arrêté de tout temps par les avancées des falaises. C'est une stratégie de cet ordre qu'il faut établir pour chaque cas type de paysage, en renforçant la théorie par les points spécifiques de chaque lieu : nature de la roche, couleur, forme du relief, couleur du ciel etc...

Mais l'architecture, on le voit, expose sa réalité ; elle ne se camoufle pas. Elle se doit en corollaire d'affirmer sa qualité et sa valeur. Il ne s'agit plus de se servir de vagues alibis d'architecture industrielle à charpente métallique « carrossée » plus ou moins joliment, mais de réaliser la véritable invention d'une expression propre à l'ère nucléaire.

C. P.



Crise actuelle, crise structurelle?

Philippe Barret *

Quand on considère les prévisions conjoncturelles établies pour l'année 1975 on est frappé par la divergence des chiffres proposés (tableau 1 en annexe). Il serait vain d'en chercher la raison dans la disparité des modèles économétriques ou des démarches adoptées : ils se ressemblent beaucoup ou sont les mêmes. Les instituts ou experts responsables de ces prévisions ont une idée à peu près identique des relations qui unissent la population active et la productivité à la croissance, l'action monétaire et budgétaire à l'inflation et au niveau de l'activité, etc. Les uns et les autres utilisent les mêmes tableaux d'échanges inter-industriels. La disparité des résultats n'est pas dans la manière du conjoncturiste, elle est dans les hypothèses qui président à son calcul. Or la nature et l'ampleur de la divergence indiquent assez clairement que ces hypothèses portent sur la conception qu'on se fait de la crise. Les prévisions les plus optimistes pour 1975 laissent à penser que la crise est conjoncturelle - au moins pour la France - et qu'après une mauvaise année (1974) la relance se fera nettement sentir et les équilibres économiques seront rétablis. Les plus pessimistes au contraire renvoient à une crise plus longue, et assez profonde pour que les correctifs traditionnels, même si l'on y ajoute quelques mesures spécifiques pour l'exportation, ne suffisent pas à la surmonter.

C'est donc sur les causes de la crise qu'il faut un temps porter son attention. C'est là que se trouve la réponse à l'incertitude conjoncturelle.

Le « surmenage » des sociétés

Parmi les facteurs de la crise que traverse une importante partie du monde (1) et plus précisément les pays capitalistes développés, il faut en distinguer certains qui ressortissent essentiellement au fonctionnement de sociétés nationales. Certains pays, notamment en Europe, étaient engagés depuis dix ou quinze ans dans des politiques et des évolutions qui, quoiqu'il advienne des rapports internationaux ou des prix de telle ou telle matière première, comportaient des éléments de crise

nationale, ou débouchaient naturellement sur des situations de crise. Quand on évoque la désorganisation du système monétaire international ou les événements pétroliers, à quoi l'on résume un peu sommairement la crise internationale on ne doit pas oublier que celle-ci n'est dans bien des cas que le révélateur, le catalyseur ou l'accélérateur des différentes crises nationales. La capacité des uns et des autres à affronter les aspects internationaux de la crise donnera inversement, si l'on peut dire, la mesure de ses aspects nationaux.

Le déclin de la Grande-Bretagne par exemple est le fruit d'une prétention à l'autonomie hors-européenne, à la sauvegarde d'avantages impériaux d'un autre siècle. Plus tard s'opérait l'entrée dans le Marché Commun, plus difficile serait le redressement : encore celui-ci exige-t-il un effort national de grande ampleur, c'est-à-dire avec l'accord des syndicats. En France, l'entreprise de modernisation et de restructuration de la société et de l'économie, l'accélération volontaire de la concentration, la liquidation à marche forcée des secteurs archaïques de la société, dans l'agriculture et dans la distribution comme dans l'industrie, et, de façon générale, tout ce qui a été fait pour augmenter la productivité du travail étaient lourds d'une crise sociale : résistance et défense corporatiste des couches sociales menacées dans leur existence par les progrès du capitalisme industriel moderne, contestation d'une tension prolongée des forces du travail. Un jour ou l'autre, les « miracles » économiques se paient, le français comme l'italien, comme demain l'espagnol : les mouvements de 68 en France, de 69 en Italie, et leurs suites, ne sont pas la brusque réémergence d'un mythe révolutionnaire tombé du ciel, mais le produit du « surmenage » des sociétés concernées, effet irrépensible de la croissance rapide des années 60.

En même temps, il a fallu mettre beaucoup d'huile dans les rouages d'une machine soumise à fortes exigences, compenser les avantages perdus ici et là, récompenser l'effort ou acheter la patience des uns et

(1) Faut-il rappeler que dans sa dimension économique cette crise mondiale ne concerne pratiquement pas les pays socialistes et qu'une partie du Tiers Monde, loin d'en être affectée, en profite?

* Chargé de mission au SESAME (Délégation générale à l'aménagement du territoire et à l'action régionale).

des autres. Comme il fallait continuer d'investir on a distribué des revenus fictifs en papier monnaie ou en crédits : l'inflation ne date pas d'octobre 1973. Naturellement ces crises de croissance nationales sont amplement conditionnées par leur contexte international. Dans le cas de la France, elle renvoie directement à l'ouverture des frontières à la concurrence européenne. Mais, elles ne s'en développent pas moins de façon autonome.

Crise internationale

Ici encore nous laisserons de côté la conjoncture, où l'on ne saisit que les désordres monétaires et le renchérissement des produits pétroliers pour dégager deux composantes explicatives de la crise sous son aspect international : l'aggravation de la concurrence internationale, qui ressortit aux rapports des pays industrialisés entre eux; et le nouvel essor des pays du Tiers Monde qui ressortit aux rapports entre les premiers et les seconds. Ce choix pourra surprendre. Que sont, dira-t-on, les rivalités euro-américaines ou le relèvement du prix des matières premières auprès des grandes pénuries (matières

premières, produits alimentaires) et des grandes pléthores (démographie, pollution) qui nous menacent? Ne sont-ils là les vrais changements, les vrais facteurs de crise? Sans négliger ces données planétaires, ni engager une polémique idéologique, nous ferons simplement remarquer que même si ces phénomènes pouvaient avoir à très long terme une incidence catastrophique, ils ne l'auront pas (1) à l'horizon sur lequel nous raisonnons (10 à 15 ans). Ce qui ne signifie pas qu'il ne faille pas les prendre en compte. Mais tels qu'ils se présentent dans la prochaine décennie ils paraissent absorbables par adaptation et ajustements. Autrement dit, ils ne remettent pas en cause cette idée, née dans les pays capitalistes développés, et qui se répand aujourd'hui à travers le Tiers Monde, selon laquelle le progrès social est subordonné au développement de l'économie et en particulier de l'industrie.

L'aggravation de la concurrence internationale

Depuis la deuxième guerre mondiale jusque vers la fin des années 60, le monde industrialisé a vécu des jours exception-

nellement heureux : après une longue période de déchirements internes, de rivalités coloniales, de stagnation et de guerre, il a recouvré pendant plus de vingt ans, unité et dynamisme.

Unité : c'est l'instauration d'un véritable gouvernement mondial américain. Les États-Unis exercent alors, sur l'ensemble du monde capitaliste, une hégémonie sans partage dans tous les domaines, économique, militaire et idéologique. Fournissant les fonds pour amorcer la reconstruction de l'Europe et du Japon, ils imposent à leurs partenaires un système monétaire où leur monnaie, "as good as gold", leur permettra de financer un ample déploiement de leurs entreprises à l'étranger - les fameuses multinationales - sans déboursier un dollar. Dynamisme : l'après-guerre est une période de croissance forte et continue. La reconstruction, la diffusion, souvent à partir des États-Unis, d'innovations techniques (aéronautique, informatique, nucléaire, etc.) sources de gains de pro-

(1) Du moins pas à l'échelle de la planète, ce qui n'exclut pas, par exemple, d'importantes famines nationales.

Tableau 1 - Panorama des prévisions pour la France en 1975
(accroissement moyen en %)

	Ministère des Finances	BIPE	COE*	OCDE	Euro finance
PIB	4,2	3,7	3,4	3	1
Importations	6	7	4	4,5	3
Consommation des ménages	3,5	3,6	3,2	3,2	2
Investissement	4,5	4,6	1,4	3,2	-2
- des entreprises	3,3	2,3	1,5	5,7	-1
- des ménages	10,1	11	9	13	4
Exportations				14	12
Prix	10	13,4	11,8	13	11
Salaires	13,9	18,6	14,7	14	12

* Centre d'observation économique de la Chambre de Commerce de Paris.

Tableau 2 - Origine des profits américains (1966-1974)
(en milliards de dollars)

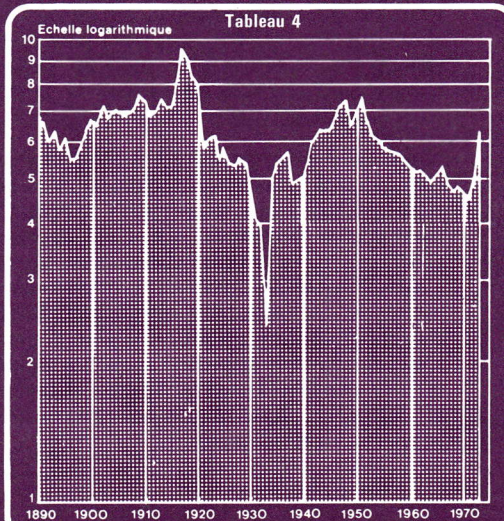
	1966	1968	1970	1971	1972	1973	1974 (estim.)
Sociétés non financières							
Profits non distribués	23,0	17,5	8,2	14,1	18,1	27,5	28,2
Ajustement pour conclusion des stocks	1,8	3,3	4,8	4,9	6,9	17,3	31,2
Total	21,2	14,2	3,4	9,2	11,2	10,2	3,0
Sociétés financières							
Profits non distribués	1,8	2,4	2,4	2,9	3,5	5,1	11,6
« Reste du marché »							
Profits non distribués	1,8	2,4	2,4	2,9	3,5	5,1	11,6
TOTAL GÉNÉRAL :	27,3	20,9	9,8	17,6	22,4	25,4	19,5

Source : Survey of Current Business.

Tableau 3 - Quelques données comparées
du monde occidental de l'après-guerre

	PNB (en Mds \$)			ACIER BRUT (en M.T.)			AUTOMOBILES (M. d'unités)		
	1950	1960	1973	1950	1960	1973	1950	1960	1973
ÉTATS-UNIS	288	511	1289	88	90	136,4	8	7,9	9,7
JAPON	12	43	418	5	22	119,3	-	0,5	4,5
EUROPE OCCIDENTALE	152	330	1150	50	106	150,0	1,5	5,5	10,4
dont									
Allemagne	23	71	357	12	34	49,5	0,3	2	3,6
France	29	61	253	9	17	25,3	0,3	1,4	3,2
Royaume-Uni	37	72	145	16	25	26,6	0,8	1,5	1,7

Evolution du prix
des matières premières



ductivité, puis les politiques de modernisation et de rattrapage dans un monde foncièrement libre-échangiste - ce qui est finalement beaucoup plus rare dans la réalité que dans la théorie de l'économie capitaliste - sont les facteurs de cette expansion. Or depuis la fin des années 60, des contre-tendances se manifestent, des déséquilibres apparaissent.

C'est d'abord le déclin relatif des États-Unis qui remet en cause l'ordre international de l'après guerre. L'aspect le plus profond, sinon le plus apparent de ce changement, c'est la crise économique aux États-Unis. L'effondrement de la croissance de la productivité depuis le milieu de la décennie 60, en partie dû à l'absence de progrès technique majeur, l'effondrement corrélatif des profits des entreprises industrielles sur le territoire américain ont eu pour résultat une stagnation des salaires depuis 1965 (cf. tableau 2). Cette détérioration des performances économiques est comme de juste camouflée par l'inflation qui s'emballe à partir de 1965-1966.

Parallèlement et en sens inverse, l'Europe, et dans une moindre mesure le Japon, sont devenus des concurrents commerciaux sérieux. Ce qui signifie qu'ils sont devenus en même temps des puissances industrielles et techniques compétitives. La comparaison de ces puissances au cours de l'après guerre est éloquent (cf. tableau 3). On retrouve ici le sens objectif de la construction européenne. Conçue au départ, et notamment par les États-Unis comme un point fort et avancé de la résistance du « monde libre » au communisme, elle est devenue, par son développement propre, et compte tenu de la substitution de la coexistence pacifique puis de la détente à la guerre froide, une réalité économique et un projet politique autonomes dont les intérêts entrent inéluctablement en contradiction, ou pour le moins en divergence, avec ceux des États-Unis.

C'est ce que le gaullisme a exprimé avant tout autre avec vigueur. Mais pratiquement, derrière un discours beaucoup plus modéré, voire des concessions verbales atlantistes, l'Allemagne par exemple, n'a pas peu contribué à l'émergence de la puissance économique européenne.

Quoi qu'il en soit pour l'avenir des obstacles internes à la construction européenne, celle-ci repose sur un mouvement profond de transformation des rapports à l'intérieur du monde capitaliste développé. Nous sortons irrésistiblement d'un monde unifié sous l'hégémonie américaine, un monde libre échangiste où les inégalités de développement laissent place et incitent à l'expansion, à un monde plus compartimenté, plus protectionniste où des pays ou des groupes de pays s'affrontent plus durement sur les marchés mondiaux, où la concurrence sensiblement atténuée à l'intérieur est avivée à l'extérieur et où, par conséquent les conditions de la croissance sont rendues beaucoup plus difficiles en attendant qu'on s'y adapte.

Nouvel essor pour le Tiers Monde

C'est l'aspect international le plus connu de la crise, rappelons en quatre caracté-

ristiques : Ce qu'on appelle « la crise pétrolière » n'est pas seulement la hausse des prix des produits pétroliers. C'est surtout la maîtrise progressive d'une ressource naturelle par les États producteurs. De ce point de vue la nationalisation bientôt totale des compagnies étrangères exploitantes, entendue comme un pas vers l'appropriation nationale de la transformation et de la commercialisation, porte à plus long terme qu'une hausse même élevée du prix du brut à un moment donné.

En ce qui concerne le prix du pétrole, un rapide examen de la courbe des prix des matières premières (tableau 4) montre qu'il n'est aucun prix « rationnel » ou « économique » d'un bien dès lors qu'il est la propriété d'un agent économique particulier (maintenant : les États producteurs). Au demeurant les prix actuels du pétrole sont, à prix constants, à peu près ceux de 1950. Mais seul le rapport des forces ou l'entente à travers des objectifs communs règlera ce prix. Encore doit-on souligner que désormais les États producteurs et leurs propres besoins de développement ont un poids grandissant dans l'établissement de ce rapport de forces, qu'il soit le produit de l'affrontement ou de la concertation.

Ce mouvement ne vise pas à l'accumulation de ressources financières massives pour quelques élites locales. Le temps n'est plus où l'on achetait les cheikhs en augmentant leurs royalties. Le but explicite, et jusqu'à un certain point réaliste de cette entreprise, c'est le développement économique et en particulier le développement industriel. Il va sans dire qu'il en résultera, compte tenu des disponibilités financières libérées (1), d'ici dix ou quinze ans une transformation sans précédent des pays concernés, tant de leur société que de leur puissance, et naturellement des opportunités de coopération qu'ils offriront au reste du monde.

Enfin, la crise pétrolière n'est qu'un épisode d'un mouvement plus vaste qui est celui des pays du Tiers Monde. Croire qu'on pourra encore longtemps réitérer ou prolonger en Asie ou en Afrique ce qu'on a fait au Moyen Orient, est une illusion. Même si, dans d'autres pays pour d'autres matières premières, les conditions qui ont fait naître et agir l'O.P.E.P. ne sont pas réunies, l'exemple a été donné, la possibilité d'une intervention naguère inimaginable a été prouvée. L'élargissement politique du point de vue des pays exportateurs de pétrole à travers le mouvement des pays non alignés montre assez que la question posée touche à l'ensemble des rapports entre pays industrialisés et pays sous-développés.

Nous nous sommes bornés à rappeler ce qui, à notre sens, est en question dans la crise. Nous avons simplement supprimé tout aperçu prospectif. La seule conclusion que nous avons visée, c'est qu'il s'agit d'une crise structurelle, c'est-à-dire profonde et durable, consistant pour l'essentiel en une transition d'autant plus longue que les ruptures avec le passé qu'elle comporte seront moins brutales et radicales, vers un nouvel ordre des rapports internationaux.

P.B.

(1) Estimées à 60 ou 70 milliards de dollars pour 1974, on parle de 500 milliards de dollars d'ici à 1980.