Notes de réflexion

par Thierry GAUDIN

Ingénieur en chef des Mines
Chef du service Recherche industrielle et Innovation
Direction de la Technologie, de l'Environnement industriel et des Mines
Ministère de l'Industrie et de la Recherche

- **Note économique**
- **Durée de vie des produits**
- **Economie d'énergie ; récupérations ; nouvelles sources**
- **Consommations domestiques**
- **Transports**
- **Recyclages**
- **Matières premières d'origine agricole**
- **Matériel simplifié**
- **Aspect technologique du problème des O.S.**
- **Les industries de pointe ; déplacements internationaux de l'industrie**
- **Le système du tertiaire**
- **La formation**
- **Un modèle de formation : Le Bauhaus**
- **La théorie du taux d'actualisation zéro**

Les présentes notes de réflexion ont été inspirées par la nouvelle rareté de l'énergie et des matières premières, mais ont conduit leur auteur à des développements plus généraux concernant l'innovation.

Elles donnent des indications (qui devront être rectifiées et complétées par des spécialistes) sur l'évolution possible des techniques.

On y trouvera, en particulier, des listes de produits nouveaux dont les évènements récents pourraient favoriser ou rendre souhaitable le développement.

La diversité et la richesse des solutions d'ores et déjà visibles, laissent espérer que ces pénuries relatives stimuleront l'innovation, et mettront peut-être, ainsi, un terme à certaines uniformités.

L'examen des techniques montre qu'il est possible à moyen terme d'économiser ou de récupérer l'énergie dans des proportions importantes sans diminuer le niveau ni la qualité de vie et pour le long terme, de construire, au choix, une économie plus ou moins dispendieuse selon la structure de ses consommations obligatoires.

Les décisions correspondantes se placent dans le cadre d'évaluations technologiques (*) (explicites ou non) intégrant des finalités que les calculs économiques avaient, jusqu'à présent, tendance à omettre.

(*) « technology assessment » en anglais.

Note économique

Venant après la remise en cause de la croissance par de nombreux scientifiques et économistes (*), la crise de l'énergie de 1973 a provoqué des interrogations sur les finalités de l'économie et, par contre coup, sur les outils du raisonnement économique.

La vulnérabilité des économies développées, obligées, pour survivre, à certaines consommations, a été ressentie, même en l'absence de menace vitale.

L'idée que cette vulnérabilité s'accroit avec le développement s'est répandue, d'où la question de sa prise en compte par l'Etat, chargé de veiller aux intérêts collectifs.

A cet égard, force est de constater que les deux instruments de la planification : l'actualisation et la comptabilité de flux sont à courte vue.

L'actualisation, par nature, néglige le futur éloigné, c'est-à-dire l'utilisation de l'espace et la structuration à long terme de l'économie (notamment les consommations obligatoires résultant du choix des investissements, principales sources de vulnérabilité). Le taux de l'actualisation n'ayant cessé d'augmenter pendant ces trois derniers plans, faussement justifié en cela par les tensions du marché des capitaux, sa myopie, corrélativement, n'a cessé de s'accroître.

La comptabilité de flux car, dans un raisonnement à long terme le flux n'est qu'un moyen de bâtir une certaine organisation ; tandis que la fascination de l'outil aidant, ce flux, dans lequel, d'ailleurs, on omettait de distinguer l'obligatoire du souhaité, d'intégrer les biens et services non marchands, d'évaluer les matières compte tenu de leur vulnérabilité, a été considéré comme un objectif en soi.

« Le temps du monde fini commence » disait Valéry et peut être aussi la fin de certains sophismes.

(*) Club de Rome ; Ivan Illich ; travaux du CEREBE en France

Durée de vie des produits

Ces dernières années ont vu le racourcissement de la vie des biens de consommation, soit par un changement de nature, correspondant en général à une simplification des produits (stylos à bille et briquets à jeter, mouchoirs en papier). Les montres qu'autrefois on gardait tout une vie sont faites pour durer quelques mois, mais ne donnent toujours rien d'autre que l'heure ; soit par les effets de la mode ; soit encore par une plus grande fragilité du produit ou de ses composants (chaussures, bas, lampes électriques).

La réduction de la longévité est un phénomène profond des économies modernes. Au-delà d'un certain développement, le gros des ventes de biens de consommations durables (habillement, automobile, électro-ménager) est constitué de remplacements, et son volume est donc inversement proportionnel à leur durée de vie.

La réduction de la longévité est donc, comme on dit, un moteur de l'expansion et l'on voit constamment des firmes ou des professions tenter d'introduire des modes là où il n'y en avait pas : cas des montres bracelet et du vêtement masculin. Les médias s'attachent à abolir le goût du durable, le consommateur ne trouve ni les moyens ni le temps de s'informer sur ce qu'il achète, l'artisanat de réparation, qui aurait pu le renseigner, décline à mesure que se développent les fabrications de grande série d'objets caducs, fragiles ou éphémères.

Il est clair qu'une telle évolution accroit, à service égal, les consommations d'énergie et de ma-

tières premières mais que sa remise en cause est en même temps celle d'une forme d'industrie, donc d'emploi.

Si l'on constate, en plus, que ces emplois sont peu qualifiés et remplacent un artisanat de réparation qui est lui, très qualifié et entretient des rapports personnalisés avec sa clientèle, ce seul aspect de longévité apparaît comme partiellement responsable d'aspects aujourd'hui très critiqués du mode de vie : des travaux répétitifs et peu enrichissants, un conditionnement et une désinvolture des achats, soit une sorte de domestication de l'homme par l'économie.

Un mouvement international s'est constitué et porte maintenant toutes sortes de critiques sur les produits industriels. C'est le « consumecisme ».

Bien qu'ayant perçu et parfois repris à leur compte certaines de ces critiques, les pouvoirs publics sont restés, dans les faits, neutres. En 1973, on note toutefois un progrès dans la réglementation de l'étiquetage informatif (1) ; cependant, à l'intérieur de l'Etat, les services s'occupant de la protection du consommateur sont dispersés :

- direction des prix
- service des instruments de mesure
- répression des fraudes,, ISTPM, DPV, services vétérinaires
- service central de la pharmacie
- laboratoire des finances

Il reste d'ailleurs à vérifier s'ils ont les moyens de faire appliquer les lois et règlements en vigueur.

Quant au bureau de vérification de la publicité, il n'est même pas entre les mains de la puissance publique.

Les associations de consommateurs ainsi que les associations de protection de l'environnement sont tenues à l'écart de la gestion des institutions qui pourraient leur être utiles. Elles n'ont même pas les moyens de détecter les abus et de les attaquer en justice.

L'ORTF et le système d'enseignement, organes d'information d'Etat, pourraient, sans faillir à leur mission, s'occuper davantage de la consommation.

(1) Voir à ce sujet l'article de M. Estingoy dans notre numéro de Juillet 1974 consacré aux actions de protection du consommateur qui, à des titres divers, relèvent du Ministère de l'Industrie et de la Recherche.

Economie d'énergie — Récupérations — Nouvelles sources

On admet généralement que l'énergie nucléaire, au cours des 20 ans à venir, fournira les consommations supplémentaires d'électricité puis se substituera progressivement aux centrales thermiques moyennant une dépense, pour la France, de l'ordre de 50 à 100 milliards de francs. Conjuguée avec une politique particulièrement prévoyante d'approvisionnement en uranium, qui reste néanmoins une matière première importée, donc vulnérable, cette opération devrait accroître sensiblement la sécurité de l'énergie électrique, et, par voie de conséquence de l'ensemble de l'énergie puisqu'il est possible de substituer l'électricité à des combustibles pour le chauffage et les fours industriels ou de produire certains carburants à partir d'électricité : hydrogène par électrolyse ou dissociation de l'eau.

Cependant le coût et les délais d'une transformation aussi radicale de l'appareil de production, le fait que tous les problèmes de mise en œuvre des centrales nucléaires ne soient pas résolus (déchets...) et que celles-ci reçoivent du public un accueil peu enthousiaste, exigent que l'on s'interroge aussi sur les autres moyens de produire l'énergie et aussi sur ceux d'en économiser.

D'une part, le faible prix de l'énergie au cours de ces dix dernières années, s'il a permis certains progrès a aussi autorisé des gaspillages qu'il devient intéressant de réduire.

D'autre part, pour un état donné de l'équipement, une grande partie de l'énergie est dépensée en consommations obligatoires et grève par conséquent, le coût de fonctionnement de la société. Réduire ce coût est un moyen d'augmenter le niveau de vie (et à l'occasion la qualité de la vie) et d'assurer en même temps une plus grande sécurité de fonctionnement à l'économie.

Tandis que les années passées voyaient la concentration de la production d'énergie : centrales électriques de 250 puis 600 puis 900 Mw, il n'est pas impossible que l'on assite au renouveau des productions dispersées, petites centrales au fil de l'eau, éoliennes etc... ce qui mettrait une production minimale à l'abri des évènements internationaux, et même des menaces de conflit, les grandes installations étant évidemment vulnérables. D'autre part, le marché de la production d'électricité dans tous les pays non couverts par un réseau, s'ouvrant progressivement à ces petites unités, il ne serait pas inutile qu'un marché intérieur permette aux fabricants de se faire la main.

Il est possible qu'un simple aménagement du monopole d'EDF suffise à le créer .

ENERGIE SOLAIRE

L'énergie du soleil, dont les hydrocarbures sont un reliquat, est de l'ordre de 1 kW par m² (1), que l'on sait exploiter avec des rendements d'environ 10 %.

C'est une énergie dispersée, qui peut donc convenir à un habitat dispersé ou à des besoins particuliers.

Il s'agit d'une gamme très variée de produits :

— le chauffage solaire des maisons individuelles, très simple et bon marché à mettre en œuvre, permet sous nos latitudes d'économiser jusqu'à la moitié de l'énergie de chauffage

— la réfrigération (ou climatisation solaire) qui ne présente pas non plus de grandes difficultés a un potentiel considérable dans les pays chauds

— les pompes solaires pour l'alimentation en eau et en particulier l'irrigation notamment dans les pays en voie de développement : le produit existe (2) et connaît, depuis fin 1973, un grand succès (Mexique, Afrique noire, Mauritanie, Libye, Algérie, etc...). Chaque pompe coûte environ 150 kF, a une puissance de quelques kW permettant de débiter jusqu'à 8 m³/h. et ne nécessite pratiquement aucun entretien.

— le dessalement solaire de l'eau de mer

— les chauffe-eau solaires que l'on utilise déjà dans certains pays chauds

— l'adaptation des cellules photovoltaïques (production directe d'électricité à partir du rayonnement) utilisées dans les satellites. Les coûts des équipements aujourd'hui élevés (environ 200 F par watt installé) devraient baisser assez rapidement dans des proportions importantes (3).

En résumé, le marché de l'énergie solaire, aujourd'hui peu exploité est très prometteur. Il n'est pas constitué, comme certains voudraient le faire croire de grandes centrales couvrant des kilomètres carrés ou de systèmes spaciaux mais au contraire de petites unités domestiques ou villageoises, conformément à son caractère dispersé. Ce sont des milliers d'unités qui seront sans doute installées dans les prochaines années.

ENERGIE EOLIENNE (4)

Egalement une énergie dispersée (de l'ordre de 1/2 kW par m²), l'énergie éolienne convient donc aussi aux unités de tailles petite et moyenne. Il ne faut pas sous estimer son utilisation actuelle : l'irrigation de l'île de Majorque, par exemple, est encore assurée par des moulins.

La NASA envisage des éoliennes de grande dimension à axe vertical implantées à Porto Rico (figure 1).

Les éoliennes, avec les petites chutes et génératrices au fil de l'eau font partie des sources autonomes dont la diffusion quoique compatible avec les prérogatives d'EDF pourraient être ressenties comme concurrentes.

Les éoliennes sont simples et peu coûteuses, mais irrégulières et demandent donc pour les usages courants l'accompagnement d'un stockage d'énergie pour lequel on peut imaginer différentes formules : batteries, air comprimé ...

(1) La puissance électrique demandée par la France est inférieure au rayonnement tombant sur un carré de 10 km de côté.

(2) Entreprise SOFRETES à Montargis.

(3) Voir l'article de M. Palz du Centre national d'Etudes spatiales pp. 65-74.

(4) Concours EOLE, dont les prix seront remis à INOVA.

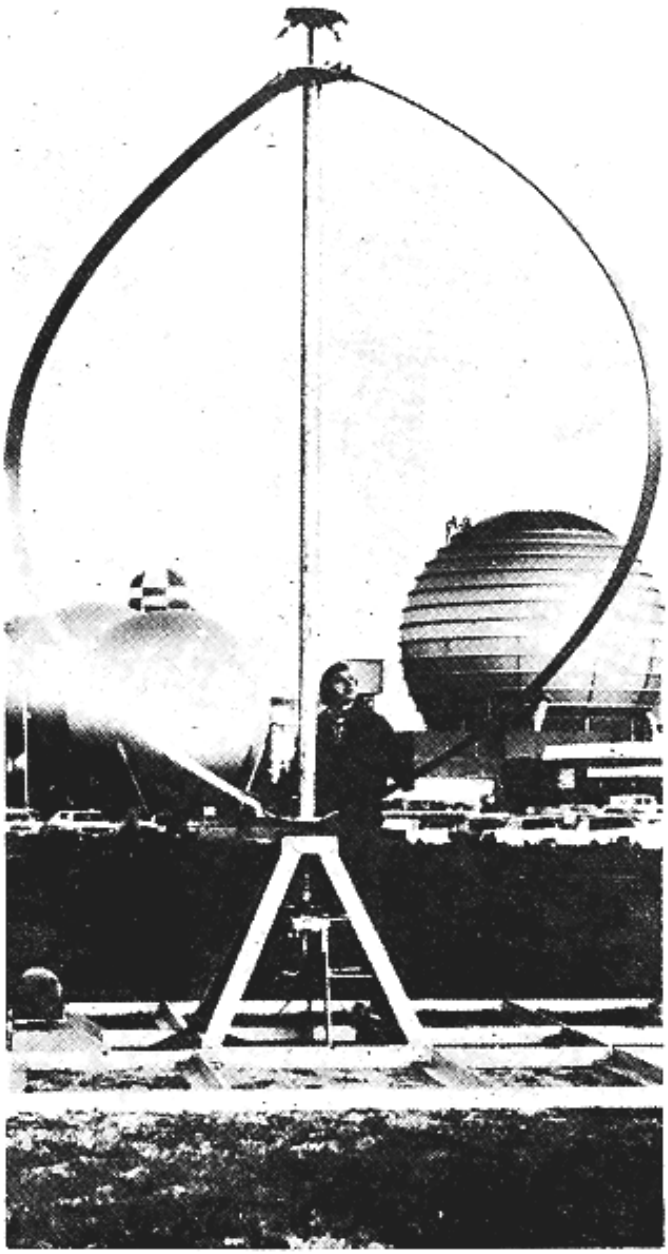

Fig. 1 — Cette éolienne à axe vertical est actuellement étudiée par la NASA à Hampton (Virginie)

Vraisemblablement, le marché des petites éoliennes individuelles (quelques kW) est sous exploité ; des exportations sont possibles.

ENERGIE GEOTHERMIQUE

Les calories que pourrait théoriquement fournir la chaleur du sous-sol dépassent sans doute la consommation nationale d'énergie.

L'énergie géothermique se présente sous forme d'eau chaude (70° C par exemple) que l'on peut extraire et réinjecter sur place une fois refroidie. Cette possibilité existe en tout lieu à condition de forer assez profond (plus de 1.000 m). On l'envisage pour le chauffage de certains grands ensembles — déjà mis en pratique à Melun. Sa transformation en électricité est possible, mais avec de faibles rendements — moins de 10 % par suite de la faible température de la source chaude.

L'utilisation de la géothermie dans les zones favorables a peu de chances de se développer sans une incitation persistante des pouvoirs publics.

Certains sites étrangers — zones volcaniques, — se prêtent mieux à la géothermie qui constitue un marché d'exportation d'ingéniérie. Expérience française au territoire des Afars et des Issas en cours (BRGM).

Une variante imaginée et expérimentée par George Claude, est l'utilisation de la différence de température entre la surface et le fond des mers.

Autre variante : l'utilisation de l'eau tiède (20-25°) des nappes phréatiques comme source froide d'une pompe à chaleur.

ENERGIE DES MERS

L'énergie marémotrice, exploitée dans l'estuaire de la Rance, peut trouver en France un petit nombre d'autres sites. Elle pourrait aussi faire l'objet d'exportation d'ingéniérie (la Corée serait intéressée). Seule l'importance des travaux de génie civil désavantage les usines marémotrices, qui, comme les autres formes d'électricité hydraulique figurent au catalogue de l'industrie française.

Certains ont imaginé de récupérer l'énergie des vagues. En théorie, il est possible, même en pleine mer, de construire un générateur d'énergie utilisant les oscillations des vagues. Les études préliminaires de dimensionnement et de coût pour les différentes exploitations possibles de cette énergie restent à préciser.

LES CARBURANTS

A moyen terme, on n'imagine pas de pénurie physique de carburants ; les ressources pétrolières des zones froides (Sibérie, grand nord américain) et sous-marines , et les schistes bitumeux peuvent satisfaire les prévisions de consommation les plus généreuses. Le problème du long terme reste cependant entier.

Il est selon certains, moins coûteux d'hydrolyser du charbon (gaz à l'eau) ou des fractions lourdes d'hydrocarbures que d'exploiter les schistes, et d'obtenir par ce moyen des intermédiaires chimiques et des carburants de substitution, type méthanol.

On risque alors d'assister à des clivages : certains pays adoptant unilatéralement des compositions de carburants à leur convenance et les constructeurs s'efforçant de produire des véhicules pouvant fonctionner indifféremment avec les mélanges des différents pays. De telle situations risquent d'induire des pollutions

Lorsque les centrales nucléaires surrégénératrices seront en place, certains ont imaginé que la température élevée régnant dans leur cœur permettrait d'y produire de l'hydrogène par dissociation de l'eau, lequel serait ensuite vendu comme carburant (non polluant puisque sa combustion ne produit que de la vapeur d'eau). Idée séduisante bien que posant certains problèmes de sécurité pour l'usager, auquel le stockage sous forme d'hydrures répond partiellement.

RECUPERATION D'ENERGIE

Les calories du dernier étage des centrales thermiques et nucléaires peuvent être récupérées et être utilisées, par exemple, à la distillation de produits agricoles, notamment betteraves et topinambours, en vue d'obtenir de l'alcool (5) destiné à être incorporé à l'essence.

On peut imaginer les productions de l'ordre de 1,5 million de tonnes par an, ce qui est encore très inférieur aux capacités du marché, puisque la France consomme 15 Mt d'essence auquel peuvent être incorporés 25 à 30 % d'alcool sans altérer le fonctionnement du parc automobile.

D'une manière générale, les **sources de chaleur à moins** de 100° C sont nombreuses : énergie solaire, géothermie, eaux de refroidissement des centrales et divers effluents industriels. Elles peuvent être transformées en énergie mécanique puis électrique, avec un rendement faible, par des moteurs à vapeur de butane, du type de celui développé pour l'énergie solaire.

Il existerait aussi des utilisations **agricoles** des eaux de refroidissement des centrales, qui pourraient être mises à l'étude, en vue notamment des futures grandes unités électro-nucléaires.

(5) Etude en cours.

D'autres énergies sont simplement restées inutilisées, témoins du gaspillage engendré par la libre disposition du pétrole : ce sont par exemple :

— l'énergie des torchères

— l'énergie de compression du gaz naturel, qui arrive à 80 bars dans les grands gazoducs et représente à peu près 5 % de son pouvoir calorifique.

— sauf dans certaines grandes villes, le pouvoir calorifique et les possibilités de récupération de matière des déchets industriels et ordures ménagères.

ECONOMIES DANS L'INDUSTRIE

L'examen des possibilités de réduction de consommation d'énergie dans **l'industrie** doit être fait cas pas cas.

A titre d'exemple, les cimentiers dont la consommation (2,5 Mt par an) pourrait paraître irréductible à un observateur non averti, ont effectué une première exploration d'où il ressort que :

- la modernisation des installations vétustes (cuisson à sec) pourrait faire gagner 500 Kt.
- l'augmentation d'ajouts n'ayant pas subi de cuisson (laitier, puzzolanne) : 200 Kt.
- à moyen terme le remplacement du broyage à boulets par des broyeurs à jet ou des broyeurs à vide qui, faisant disparaître les grains trop gros, inutiles, permettrait leur remplacement par des inertes : économie de **50** % du combustible et de **15** % de l'énergie de broyage aval.
- utilisation de fuel chargé en soufre, huile de récupération et déchets divers solubles dans les huiles lourdes.
- à plus long terme, deux voies : le four à hydrogène ou le four électrique, ce dernier produisant du ciment en phase liquide, pulvérisé à la sortie, ce qui économise le broyage du clinker.

L'examen d'autres industries, notamment de celles qui utilisent des fours montrerait aussi très certainement des possibilités d'économie d'énergie : isolation ; mise en place d'échangeurs, etc...

Il faut ici remarquer que ni la prise de conscience de la possibilité d'une économie, ni la déci-

sion de faire l'investissement permettant l'économie, ne sont spontanées, même s'il s'agit d'opérations rentables.

Le fait qu'un investissement soit original ou même inhabituel suffit à provoquer l'hésitation et c'est seulement lorsque la démonstration lui a été faite et que sa trésorerie le lui permet que l'industriel agit. Souvent, tel Saint-Thomas, la conviction ne lui vient que d'une perception concrète en vraie grandeur.

C'est donc en favorisant l'accès à la crédibilité industrielle des procédés économisant l'énergie que l'Etat peut jouer un rôle, et, d'autre part, en incitant les entreprises à utiliser, parmi les techniques existantes, celles qui diminuent globalement les consommations obligatoires.

Consommations domestiques

CHAUFFAGE

Le chauffage domestique absorbe le tiers de la consommation pétrolière. En théorie, il serait possible, à long terme, de réduire à peu de chose l'énergie de chauffage, le rayonnement solaire suffisant, sous nos latitudes, à équilibrer plus de moitié des pertes thermiques d'une maison bien isolée.

En arriver là demanderait une détermination des pouvoirs publics s'exerçant avec continuité pendant plusieurs décennies (contrôlant en particulier, les diverses opérations de promotion menées par les producteurs d'énergie). Le résultat en serait une réduction des consommations obligatoires, c'est-à-dire du coût de fonctionnement de la société.

Les études menées par le Plan Construction — qui a, fin 1973, donné une nouvelle priorité à l'isolation thermique — montrent que la multiplicité des agents intervenant dans l'acte de bâtir et l'usage de l'habitat (directement ou latéralement : assurances) jointe à la complexité du produit, entrave la diffusion des innovations, qui restent trop souvent à l'état d'expériences isolées, parfois même méconnues. Dans ce secteur, si l'on peut utiliser certains mécanismes du marché on ne peut espérer qu'ils opèreront spontanément la promotion de techniques nouvelles consommant peu d'énergie. La stratégie est donc à la fois difficile à concevoir et à appliquer.

En pratique, on peut d'abord imaginer une liste de produits ou de procédés capables de réduire la consommation des logements existants :

- double vitrage à poser sur les fenêtres existantes (dans le commerce) ou plastique aluminisé (Mylar) autocollant sur les vitres ou autre matériau d'isolation facile à poser.
- guide pour l'usager sur l'isolation thermique
- brûleurs incorporant de l'eau dans le fuel (meilleure répartition de la chaleur)
- appareils combinant chauffage et éclairage (des expériences existent pour des locaux professionnels)
- appareils individuels de chauffage électrique d'appoint, permettant de réduire le niveau du chauffage central. (solution d'urgence peu économique pour les cas de pénurie grave de carburant).

D'autre part, on peut penser qu'une meilleure imputation des charges de chauffage et un meilleur réglage éviteraient des gaspillages :

— compteur de calories (ou de circulation d'eau chaude) permettant d'imputer à chaque cellule de collectif ses charges de chauffage.

— thermostat réglant le débit d'eau des radiateurs (dans le commerce) et autre procédés de régulation automatique des systèmes de chauffage.

Pour les logements neufs, des matériaux d'isolation existent dans le commerce. Certains (laine de verre) sont d'origine minérale, d'autres (mousse de polyuréthane) sont issus de la pétrochimie. Ces dernières anées ont vu se développer des granulats légers et les mousses d'argiles qui, à partir d'une matière première classique ont à poids égal, de meilleures performances d'isolation thermique (et non acoustique).

La question est d'abord celle des règles d'isolation que l'Etat imposera aux logements neufs (1).

D'autre part, pour une même isolation, l'adop-

(1) L'arrêté sorti début 74 est un premier pas.

tion d'un procédé de chauffage économique (2) permet encore de diviser la consommation d'énergie. Citons :

La **pompe à chaleur** : fonctionnant sur le principe inverse du frigidaire avec également un gaz du type fréon, la pompe à chaleur peut atteindre un rendement supérieur à un, du fait qu'elle prélève à l'extérieur des calories pour les transférer à l'intérieur. Expérimentée en Suisse, avant la seconde guerre mondiale, donc entièrement dans le domaine public, la pompe à chaleur peut être installée dans les bâtiments neufs et aussi adaptée à certaines installations existantes (notamment à air pulsé). Un modèle pour maison individuelle a été mis sur le marché en 1974.

Les **accumulateurs thermiques** : il s'agit d'un objet, par exemple un mur de forte épaisseur ou une réserve de fluide ou un produit (semi cristallin) opérant un changement de phase au voisinage de la température de chauffage. Cet objet est chauffé soit électriquement pendant les heures creuses soit, pour les petites installations par le soleil et restitue sa chaleur à la demande, par l'intermédiaire d'un fluide de chauffage.

La **Maison solaire** : Les pièges à rayonnement solaire sont peu coûteux : une surface noire, placée à quelques centimètres sous une vitre, suffit, par effet de serre, à en capter l'essentiel. C'est une technique simple que l'on peut adjoindre à des maisons existantes et apparemment mieux adaptée au logement individuel qu'au collectif. Plusieurs modèles expérimentaux de maisons solaires ont été proposés (le plus connu est celui de l'architecte Jacques Michel). Comme la plupart des innovations du bâtiment, sa diffusion dépendra de l'attitude des entrepreneurs, des architectes et des promoteurs. Le fait qu'un professeur d'architecture aux Beaux-Arts (Alexandroff) ait dessiné les bâtiments des premières pompes solaires est à cet égard encourageant pour le long terme.

(2) Les formules dites tout électrique ne sont pas toutes économiques.

ELECTRO-MENAGER

On peut imaginer des appareils ménagers consommant moins d'énergie pour le même service :

- remplacement des lampes à incandescence par des lampes à décharge.
- cuisinière à courants de Foucault : au lieu de chauffer par conduction, la chaleur est dissipée directement dans la masse de la casserole.
- four à pertes diélectriques : l'objet à cuire est placé dans un condensateur, excité par un courant de fréquence telle que la chaleur se produit dans l'objet même.

Plus généralement, la famille des fours à ondes hertziennes, de l'infra-rouge à la haute fréquence, dont l'emploi se répand dans l'industrie, peut être adaptée aux usages ménagers. Certains appareils sont déjà dans le commerce, mais il s'agit encore de matériels assez coûteux et parfois peu soignés sur le plan des pertes thermiques (infra-rouges).

- les machines à laver le linge et la vaisselle sont aujourd'hui dispendieuses en énergie. Il serait évidemment possible de les rendre plus économiques. Mais il faudrait alors faire en sorte que l'acheteur en soit obligatoirement averti et que cela puisse influencer son choix.
- certains ont imaginé des aspirateurs électrostatiques, consommant très peu d'énergie.

Transports

La plupart des transports sont des consommations obligatoires, sans lesquelles la société ne pourrait fonctionner. Les trajets domicile-travail, l'acheminement des vivres et autres biens sur les lieux de transformation et d'achat, l'essentiel des échanges en dépendent.

Les transports font donc partie du coût de fonctionnement de la société.

On ne peut s'empêcher de constater que les villes modernes, tentaculaires, ne s'organisent pas spontanément autour de transports publics suffisants, ce qui entraine des pertes de temps pouvant atteindre le quart du temps de travail et d'énergie (1), et nuit à la santé de la population.

Aussi l'essentiel des progrès doit-il être cherché dans la mise en place de transports en com-

(1) qu'il conviendrait d'ailleurs de compter négativement dans le calcul du produit national brut.

mun, (moyennant pour la province un aménagement de la réglementation) notamment en site propre, dans un réexamen du rôle des transports ferroviaires (s'accompagnant nécessairement d'une dépéréquation des tarifs), et un remodelage progressif des villes. Les quelques idées qui suivent ne sauraient le faire perdre de vue.

LES VEHICULES HYBRIDES

On appelle hybride un véhicule possédant, en plus d'un moteur, un système de stockage d'énergie dont la mobilisation lui permet des reprises excédant très largement les capacités de son moteur.

En outre, l'énergie de freinage peut, dans certains cas, être récupérée dans ce stock.

On peut ainsi imaginer de faire fonctionner des automobiles urbaines, ou des véhicules de transport en commun, avec des moteurs de beaucoup plus faible puissance que ceux qui les équipent actuellement.

A vrai dire, plusieurs formules d'hybrides sont à l'étude chez les constructeurs.

Le moteur primaire peut être soit un moteur thermique classique, soit une turbine.

Le stock peut être soit un volant d'inertie, soit une série de batteries, soit du gaz comprimé.

La transmission peut être mécanique, électrique ou hydraulique.

Un premier calcul pour une automobile urbaine fait apparaître comme vraisemblables en ville, des consommations de l'ordre de 2 à 3 litres aux 100 km, avec des performances équivalentes aux véhicules actuels.

On sait que le coût de fabrication des automobiles dépend surtout de la taille de leur série.

Ainsi, l'hybride pose-t-il deux problèmes :

— le choix d'un moteur de petite puissance, qui serait peut-être dérivé d'un moteur actuel, mais tournant plus lentement,

— l'élaboration d'un système de transmission : s'il s'agit d'un hybride électrique, c'est l'industrialisation aux cadences automobiles — plusieurs milliers par jour — d'un moteur électrique de quelques dizaines de kW.

La mise sur le marché d'un hybride de grande série demande quelques années. Dans une profession qui affirme que sa technologie de base n'a pas changé depuis 1936, ce serait un évènement pouvant ouvrir des brèches dans certains marchés étrangers.

AUTOMOBILES ET DEUX ROUES

Un constructeur d'automobiles a établi une liste de 200 procédés capables de réduire la consommation de carburant pétrolier.

A côté des solutions futuristes (moteur à hydrogène) à moyen terme (hybrides) ou des mesures presque immédiatement applicables (incorporation d'alcool dans l'essence) il existe donc un grand nombre d'améliorations de détail (portant sur la carburation, le dispositif d'accélération, etc...) et aussi des solutions plus radicales : moteurs de petite cylindrée sur carrosserie importante que le déplacement des achats observé fin 73 pourrait provoquer naturellement (à condition que le prix de l'essence s'élève progressivement à un niveau dissuasif).

On considère aujourd'hui que le bas de la gamme : petites cylindrée, mini véhicules pour la circulation urbaine, voire motos carénées, éventuellement équipée de moteurs automobiles de série, est le point crucial des prochaines années.

Un effort pour abriter le deux roues des intempéries et de certains risques d'accident lui apporterait vraisemblablement une clientèle urbaine supplémentaire. Plusieurs projets existent dans ce sens.

TRANSPORTS EN COMMUN

Bien que l'industrie française ait délaissé la construction du tramway (que l'on peut encore se procurer en Allemagne) et partagé le marché national des autobus urbains avec des constructeurs étrangers, les expériences se développent : sans parler de l'aérotrain et du turbotrain, mieux adaptés aux grandes distances, nous n'avons pas moins de 6 techniques expérimentales de transports urbains, toutes intermédiaires entre l'autobus et le métro : ce sont :

— le VAL de la ville nouvelle de Lille-est

— l'ARAMIS qui doit être expérimenté par la RATP dans le sud de Paris.

— le POMA 2000, promu par la municipalité de Grenoble

— l'URBA dont une ligne expérimentale est envisagée à Lyon

— le TELEBUS né à Saint-Etienne (ligne expérimentale construite)

— le transport BIMODE, autobus urbain pouvant être guidé en site propre sur certaines parties de son trajet à l'étude par TREGIE (Renault - Saviem - Seri).

En novembre 73, le ministère des transports estimait ce marché à quatre lignes opérationnelles pendant les 5 prochaines années, ce qui paraît incompatible avec le développement simultané de cinq procédés (le bimode correspondant à un marché plus vaste devant être mis à part).

Peut-être toutefois les évènements récents amèneront-ils une importante accélération des investissements de transport en commun, que personne, d'ailleurs, ne pourrait juger superflue.

DIRIGEABLES ET BALLONS CAPTIFS (2)

L'incendie du Zeppelin a sonné le glas des grands dirigeables qui traversaient l'Atlantique, au moment où les avions laissaient espérer des performances comparables.

Aujourd'hui, on gonfle des dirigeables à l'helium ce qui diminue le risque d'incendie, et il n'est pas absurde d'envisager qu'ils se développent à nouveau.

L'inconvénient des dirigeables réside dans leur volume et leur relative vulnérabilité aux intempéries.

C'est pourquoi ils doivent être équipés de moteurs qui leur permettent une vitesse de 150 km/h et se tenir à proximité d'une base qu'ils puissent regagner en cas de tempête.

Les avantages des dirigeables seraient leur faible prix (pour de petites séries, de l'ordre de 5 MF pièce pour une dizaine de tonnes de charge utile), le fait qu'ils ne nécessitent pas de pistes d'atterrissage et leur faible consommation d'énergie.

On voit que les dirigeables pourraient prétendre à un marché de court courrier de fret lent, avec des charges de 10 à 50 tonnes, concurrent de certains transports aériens et peut être routiers ; si les règles particulières de ce marché s'y prêtent et si les pouvoirs publics veulent bien les y autoriser.

Dans des pays en développement où manquent les infrastructures, le dirigeable peut, dans ce créneau, rendre des services sans concurrence (transport du coton ou des grumes par ex.).

On imagine aussi qu'ils sont utilisables pour les loisirs (croisières).

Certains pensent que le transport d'objets lourds et encombrants, tels des cuves de réacteurs nucléaires, qui posent des problèmes presque insurmontables aux routiers, pourraient leur être confiés. Il s'agirait alors de dirigeables de plusieurs centaines de tonnes (500) de charge

(2) Voir l'article de MM. Bouttes et Salmon pp. 75-82.

Fig. 2. — Un pionnier de l'aviation légère : le multiplan d'Equevilly (Photo SAFARA).

utile. C'est sans doute sur ce marché qu'auront lieu les premiers développements, grâce à l'intervention de l'ONERA.

Enfin, il faut mentionner le projet Pegase, consistant à couvrir le territoire d'une dizaine de grands dirigeables, stationnaires à 22 000 mètres d'altitude, bien au-dessus des zones perturbées de l'atmosphère, destinés aux télécommunications. Ce projet gagnerait à être étudié au plan européen conjointement avec l'uniformisation des transmissions par ondes ultra courtes.

Si les constructeurs français de structures gonflables hésitent à attaquer seuls le marché du dirigeable (3), il n'en est peut-être pas de même du **ballon captif.**

Le ballon captif, gonflé à l'hélium, maintenu au sol par 3 câbles, peut être utilisé comme engin de levage, remplaçant les grues de quelques tonnes, accédant aussi à des emplacements difficiles (sommet d'un clocher, plateforme pétrolière en mer, par exemple), pour des tâches spécifiques (surveillance des plages), ou pour des manutentions ou transports à très courte distance dans des reliefs difficiles.

AVIONS LEGERS (4)

L'idée d'un avion de 2 à 4 places, aussi rustique que possible, fonctionnant avec un moteur automobile de série a fait l'objet de quelques expériences (5), mais n'a pas reçu de développement industriel.

Le fait que les moteurs d'auto sont produits à plusieurs milliers d'exemplaires par jour, alors que le plus grand producteur américain de moteurs d'avion à explosion en fabrique quelques milliers par an, permettrait d'abaisser le prix final aux environs de 50 000 francs par avion, et même moins, si les séries sont importantes. A ce niveau, il est indiscutable qu'un marché existe et peut être prospecté dans les pays en voie de développement, et même en France où les constructeurs de petits avions de plaisance ont vu leurs débouchés augmenter ces quinze dernières années, mais connaissent aujourd'hui des difficultés financières.

TRANSPORTS MARITIMES

On s'attend, dans les prochaines années, au développement de la propulsion nucléaire des navires marchands, résultant du transfert de l'expérience acquise pour les sous-marins.

(3) une société d'étude spécifique devrait être prochainement mise en place.
(4) voir l'article de M. Quilici, pp. 83-88.
(5) notamment avec des moteurs Volkswagen, cette firme ayant pris soin de faire agréer ses fabrications pour l'aviation.

Recyclages

Le recyclage des matières premières est généralement considéré comme souhaitable à la fois pour l'économie de matière et la préservation de l'environnement.

Or, il se trouve très inégalement développé selon les produits : le cuivre de récupération représente 50 % de la production, tandis que les plastiques ne sont presque pas récupérés. Certains déchets sont demandés au-delà du disponible: c'est le cas des ferrailles, incorporées à l'acier en cours d'affinage, et pour le traitement desquelles on envisage d'implanter des mini-aciéries autour des grandes villes ou dans les ports.

D'autres sont entassés dans des décharges publiques où ils se consument, volontairement ou non, mis dans des terrils industriels, répandus dans l'atmosphère sous forme de fumées ou dans les eaux sous forme de pollution.

Une action générale est menée par le ministère de l'Industrie et de la Recherche (service de la géologie, des minerais, métaux et matériaux de construction) pour inventorier les possibilités et promouvoir des recyclages dans toute l'industrie.

A noter particulièrement :

- l'atelier pilote du BRGM pour le traitement du machefer, résidu d'incinération des ordures ménagères dont la teneur en métaux usuels est supérieure à celle de nombreux minerais.

- le fait que les pneus usagés, qu'il suffit de récupérer chez les garagistes, peuvent, après broyage être incorporé à du caoutchouc (consommation française : 360.000 t de pneus par an). On peut aussi rajouter des bandes de roulement neuves sur des carcasses de pneus usés. Ces opérations se pratiquent déjà mais pourraient être développées.

- la récupération de matières pouvant servir à la fabrication du papier (caisses et matériaux d'emballage, vieux papiers) qui pourrait être beaucoup plus développée pose, en particulier, le problème de la collecte sélective des déchets.