

LE CONGRES DES INGENIEURS CIVILS DE FRANCE

Sans attendre
le compte rendu complet
du Congrès,
que publiera prochainement
la Société des Ingénieurs Civils
de France
(19, rue Blanche, Paris-9^e),
et dans le souci d'élargir
l'éventail des réflexions
proposées à ses lecteurs,
« 2000 » a regroupé ici
quelques extraits relatifs
à l'avenir de l'homme
dans l'espace
et les deux allocutions
de clôture du congrès.

Commander Frank Ranken

Administrateur délégué,
Aquamarine internationale (Grande-Bretagne)

« En l'an 2000, les plates-formes flottantes, que nous commençons à construire et à utiliser, auront acquis une importance considérable, pas seulement pour l'exploitation des fonds sous-marins, mais aussi parce qu'on pourra y installer des usines, des centrales nucléaires, ou des industries alimentaires produisant de la nourriture à partir des produits de la pêche et de l'élevage marin. Ces îles flottantes seront utiles à certains pays déjà très encombrés ; elles simplifieront le problème de l'utilisation de navires de très gros tonnages. Mais il va de soi que les industries implantées sur ces plates-formes devront être non-polluantes ou que, si pollution il y a, elle devra être strictement contrôlée. »

René Berglund

Nasa Manned Spacecraft Center
(Houston, USA)

« Imaginez que nous sommes en l'an 2000. Les opérations spatiales internationales sont maintenant devenues chose commune. Que ce soit pour la prévision du temps, pour la surveillance des récoltes, pour l'industrie ou même pour certains soins et traitements médicaux, pratiquement tous les aspects de notre vie, que ce soit d'une manière ou d'une autre, subissent l'influence de la maîtrise de l'espace que l'homme a acquise.

En l'an 2000, les entreprises spatiales ont transformé notre esprit et notre culture de clocher en une plus grande conscience des besoins et des désirs de chacun. Les stations spatiales d'origine ont évolué pour devenir des structures abritant plusieurs centaines de personnes et satisfaisant aux besoins terrestres dans les domaines de la prévision météorologique, des télécommunications et de la régulation de la circulation. Dans le même temps, ces stations sont utilisées comme points de départ pour des expéditions vers les planètes et comme centres d'entretien pour de nombreux satellites inhabités. L'an 2000 est devenu l'âge de la base spatiale.

Ouvrons ici une parenthèse pour nous pencher sur les années qui suivront l'an 2000. Peut-être ceci nous permettra-t-il de replacer l'an 2000 dans sa juste perspective. Les projets relatifs aux dernières années du XXI^e siècle prévoient la réalisation de stations spatiales du type « Astropolis », qui seraient susceptibles de loger des milliers de personnes. Eventuellement, il serait possible d'installer dans l'espace certaines de ces industries qui contribuent à la pollution des océans et de l'atmosphère et de réduire ainsi le fardeau croissant que porte notre système écologique.

Nous entrevoyons les débuts de l'utilisation de l'espace pour des raisons sociales, économiques et culturelles. En poussant les choses à l'extrême, on peut envisager la réalisation de structures spatiales abritant des dizaines de milliers de personnes dans des systèmes écologiques clos et autarciques. Ces stations ne seraient plus en orbite autour de la

terre, mais autour du soleil. Installations industrielles et de production alimentaire géantes, ayant leur propre flotte marchande, extrayant les matières premières des autres corps célestes. Villes indépendantes, véritables Etats faisant commerce avec la Terre. »

André L. Jaumotte

Recteur de l'Université de Bruxelles,
Président de la Fédération astronomique
internationale (Belgique)

« L'activité spatiale a été jusqu'ici limitée par le coût élevé de la mise en orbite d'un engin quelconque et par le caractère quasi inaccessible de cet engin dès que lancé dans l'espace. La desserte logistique des stations dans l'espace doit être assurée dans l'avenir par :

- la navette spatiale (Space Shuttle), entre la terre et les orbites basses ;
- le remorqueur spatial (Space Tug), fonctionnant entre les orbites basses et hautes ou géostationnaires ;
- un long courrier de l'espace pour les missions lointaines.

La réalisation de ces véhicules constitue la clé de la conquête du système solaire d'ici l'an 2000.

La navette spatiale sera propulsée à la verticale à partir d'une plate-forme, à l'aide de moteurs-fusées. L'idée du décollage horizontal avec moteurs aérobies a été abandonnée. La plate-forme de décollage exige un dégagement de 1,5 km de rayon. Le bruit au lancement sera supérieur à celui des avions actuels, mais ne durera que quelques secondes. Après sa mission dans l'espace, la navette reviendra vers la terre pour effectuer un atterrissage horizontal sur une piste de 3 à 4 km, soit à sa base de lancement (départ latéral nul), soit avec un rayon d'action latéral plus ou moins important (départ latéral faible ou fort).

La navette spatiale est appelée à assurer dans le futur la majorité des lancements, à l'exception des mises sur orbite de petits satellites scientifiques (qui continueront à être lancés plus économiquement par des fusées de type « Scout »), et des très grosses masses utiles que seul « Saturn V » ou des fusées plus puissantes peuvent encore satelliser.

Si le programme de la navette spatiale et des stations orbitales se poursuit audacieusement, nous disposerons au début de la décennie 1980-1990, de stations spatiales modulaires en orbite équatoriale synchrone, en orbite polaire à basse altitude et en orbite terrestre à faible inclinaison, ainsi que de la première station en orbite autour de la lune.

Vers le milieu de la décennie, on pourra compter une centaine de personnes en résidence ou en transit dans les stations spatiales sur orbite terrestre basse, une cinquantaine en orbite synchrone et vingt-cinq dans la station sur orbite lunaire. Ajoutons une base lunaire avec une cinquantaine de personnes. Un service quasi-quotidien devra être organisé entre la terre et les stations sur orbite terrestre basse.

Les transports entre les stations sur orbite basse et la station géostationnaire ou la station lunaire se feront par des navettes à propulsion nucléaire.

En l'an 2000, la propulsion photonique sera sans doute toujours un objet de spéculation.

Il faut se préfigurer un avenir où des sources nucléaires d'énergie rayonneront des faisceaux de photons orientés doués de densités énergétiques comparables à celle qu'on observe à la surface des étoiles.

Outre la production des photons se pose le problème de collimation des faisceaux photoniques. On se trouve ici à la pointe extrême de l'anticipation.

La voile solaire est une possibilité de propulsion photonique. L'énergie solaire, à la différence de l'énergie rayonnée de manière isotrope par des sources artificielles de photons, est orientée en raison de notre situation par rapport au soleil.

La voile solaire est un organe réflecteur ou absorbant disposé perpendiculairement aux rayons du soleil et fonctionnant comme le radiomètre du laboratoire de physique. La voile solaire semble pouvoir être réalisée sous forme de film de Mylar présentant une surface aluminisée à grand pouvoir réflecteur pour la lumière solaire. Dans l'hypothèse d'une incidence normale et d'une réflexion totale, la poussée par mètre carré de film serait de 0,5 N/m².

L'impulsion spécifique est infinie. Le rapport poussée/poids réalisable semble de l'ordre de 10⁻⁴.

L'application serait la propulsion de sondes interplanétaires porteuses d'instruments.

La voile solaire pourrait être réalisée avant l'an 2000. »

Professeur Edmond Brun

de l'Académie des Sciences,
Président du Congrès

« La prévision de ce que pourrait être le monde de l'an 2000 repose sur un certain nombre d'hypothèses : par exemple, le développement technique, la poussée démographique et la durée moyenne de vie de l'individu continuent à croître au rythme actuel et, bien entendu, dans l'ensemble du monde. Elle sous-entend aussi la liberté de choix entre plusieurs possibilités de vie future.

Une des obligations impératives est de protéger la population contre ce que l'on appelle parfois les « agressions de la technique moderne » ; pollutions de l'eau, de l'air, du bruit... L'hostilité d'une partie de l'opinion publique se développe contre la science. Or, dans notre société, contre la pollution, peut-on se passer des armes de la technique ?

Energie X 10

Les sources d'énergie constituent, pour l'avenir, le problème primordial. La consommation globale d'énergie sera, en l'an 2000, quatre fois plus grande qu'aujourd'hui. Sur ce total, plus du tiers servira à produire de l'énergie électrique, c'est-à-dire près de dix fois plus qu'aujourd'hui. Cette énergie électrique sera essentiellement nucléaire : pour l'an 2000, 80 %. Malgré cette croissance des besoins, aucun risque de pénurie n'apparaît cependant pour l'an 2000, compte tenu des réserves reconnues de combustibles fossiles, tant ter-

restes que maritimes et à condition de comprendre dans ces combustibles les minerais d'uranium.

Il restera encore du charbon, du pétrole et du gaz naturel en l'an 2000, mais on les utilisera de plus en plus à la fabrication de produits synthétiques. D'ores et déjà, on regrette de brûler stupidement ces produits. Et même les hauts-fourneaux — faudra-t-il encore les appeler ainsi ? — seront peut-être chauffés électriquement.

Des équipements hydrauliques peuvent être encore installés, surtout dans les pays en voie de développement, et l'énergie des marées ainsi que l'énergie géothermique pourraient être, un jour, mieux utilisées. Reste l'énergie solaire, que l'on voudrait voir intervenir dans un avenir plus court ; le mieux n'est-il pas d'accroître toujours davantage l'action chlorophyllienne ?

Le problème vital de l'alimentation

La première des obligations est de nourrir, de loger et d'habiller les hommes. On admet, en général, que la population sera en l'an 2000 le double de ce qu'elle est aujourd'hui, et cela même avec un taux de croissance des naissances réduit. Si l'on tient compte qu'une grande partie de l'humanité, encore très pauvre, devrait être mieux pourvue en l'an 2000, il faut prévoir que les demandes à la biosphère tripleront au cours des trente prochaines années. En regard de cette contrainte, l'erreur à ne pas commettre serait d'amoinrir les activités de recherche, tant scientifiques que techniques.

Le problème n'est pas simple si on le considère à l'échelle mondiale. Les rendements sont très différents de pays à pays. L'accroissement de la production agricole est plus grand que l'accroissement des naissances dans les pays industriellement développés, et c'est l'inverse dans les autres pays.

Autre problème, la présence de molybdène dans les sols, à elle seule, est à la base du problème fondamental de la production des protéines tant végétales qu'animales. Quant aux toxicités, elles prolifèrent, la plupart motivées par une intervention utile.

Saturation prévisible des transports

En l'an 2000, les transports en commun connaîtront un développement considérable. Aux moyens classiques s'ajouteront les aéroglisseurs guidés, propulsés par moteur électrique linéaire ou par turbine. Les vitesses d'utilisation pourront aller jusqu'à 300 km/h pour les voies ferrées et 500 km/h pour les aéroglisseurs guidés. Du fait de la saturation du territoire en routes et aéroports, les moyens de transport rivés au sol, comme d'ailleurs les transports aériens, auront atteint sans doute leur maximum. Les voitures privées connaîtront des restrictions de circulation dans les villes anciennes qui n'ont pas été conçues pour leur usage, et même dans certaines villes nouvelles.

L'aviation utilisera, pour les faibles distances, des appareils silencieux à décollage court ou à décollage vertical,

qui approcheront le cœur des cités ; la vitesse de ces appareils sera de 500 à 800 km/h environ. Pour les longs courriers intercontinentaux, on pense que l'avion supersonique sera largement diffusé.

Un urbanisme incertain

L'urbanisme, encore incertain, est à la croisée des chemins. Contribuera-t-on à construire des immeubles de plein ciel entourés d'espaces verts, ou bien étalera-t-on l'habitat individuel ? La légèreté des immeubles, qui s'accompagnera des conditionnements et des isolations indispensables, sera-t-elle constituée par un voile de béton ou par des plaques d'aluminium ?

En tout cas, les progrès techniques seront aussi décisifs qu'une meilleure expression des besoins réels des hommes. L'habitat proprement dit est un problème industriel encore insuffisamment organisé.

Quel sera le rôle de l'informatique ?

Pendant les deux siècles passés, c'est essentiellement par la modification des conditions de production que la science est intervenue dans la vie des entreprises. Aujourd'hui, par l'informatique et les télécommunications, elle intervient directement dans les rapports entre les hommes, dans la manière de préparer les décisions, de les faire appliquer, de les contrôler. Elle affecte directement l'organisation, elle change l'ordre de grandeur des informations accessibles, la quantité des informations traitables. Elle permet toutes les audaces dans la conception des systèmes de gestion.

L'informatique apparaît aussi comme le principal facteur qui permette de transformer toute la partie « tertiaire » — bientôt majoritaire — de l'activité humaine, et d'en changer la productivité.

L'informatique aura l'importance qu'on voudra qu'elle ait ; moyen de personnalisation et de puissance ? Son rôle exact et sa signification, dans vingt ou trente ans, au sein des entreprises, dépendront, certes, des possibilités nouvelles qu'elle aura apportées, mais, bien plus encore, des choix faits sur les méthodes de direction, sur la philosophie du commandement et de l'organisation, et sur ce qu'elle aura apporté à la solution des problèmes de fond, à la créativité des hommes, à leur adaptation au changement (1).

En définitive, l'impression générale est que, si les peuples sont sages et si l'on prend les précautions utiles, la vie sera possible en l'an 2000. Si l'on en croit certains, elle pourrait être, à cette date, assez agréable, au moins pour les générations qui arrivent et que n'effraient pas certains modes d'existence. »

Serge Antoine

Directeur de « 2000 »,
membre du Collège des techniques avancées
et de l'aménagement du territoire (Cotat)

« Les problèmes de nos sociétés d'aujourd'hui, en France comme dans le monde, sont bien ceux d'une inquié-



Louis Armand, 1905-1971.

tude devant l'évolution et le destin. Il ne s'agit pas de questions juxtaposées (loisirs, tensions entre générations, conflits sociaux, contraintes de la consommation, pollutions), mais d'une quête globale sur l'avenir et ses finalités.

Cette période qui est la nôtre a parfois l'accent d'une révolte contre la machine ou d'une résistance au progrès ; elle a parfois le parfum de la langueur des romantiques du siècle précédent. Elle a, en tout cas, plus de contenu d'espérance qu'il n'apparaît : encore faut-il donner à la société une réponse sur les possibilités qu'elle a de maîtriser le destin et non de le subir.

Les équipes de prospective se multiplient

La référence à l'an 2000, la disposition prospective sont à la fois une nécessité et un signe.

Une nécessité, parce que plus une société va vite, plus, comme tout véhicule, elle a besoin que ses phares portent loin. Les grands investissements publics, les orientations de la production, les politiques collectives comme l'urbanisme ou l'aménagement du territoire, les soucis nouveaux de l'équilibre de la biosphère ont besoin d'un éclairage à l'an 2000 et même au-delà.

Voilà pourquoi de nouvelles équipes prospectives se mettent en place dans les administrations, les entreprises, en contact étroit avec les centres de décision ; n'y est pas dissocié le présent du futur. La dimension prospective reprend ainsi une place qu'elle n'aurait pas dû perdre aux niveaux de décisions importants. Depuis quelque temps, le monde politique s'ouvre plus largement, dans

de nombreux pays, au souci du long terme ; il en est également ainsi des régions, des communautés urbaines, des communes. Au-delà des plans de cinq ans, des décisions gouvernementales intéressent des « schémas directeurs » à dix, vingt ou trente ans : plus encore que la décision, l'évolution de l'état d'esprit apparaît importante qui tend à donner leur vraie nature à ces documents, à les situer dans une évolution souple et non à les considérer comme « ne varietur ».

Une telle réintroduction du long terme dans la planification, au sens large, n'aurait pas été possible sans la mise au point et l'utilisation d'outils nouveaux pour que la prospective aille au-delà de la « projective ». Comme le dit Pierre Massé, « le crayon succède ici à l'encre ». De plus en plus, il devient possible, sinon de quantifier toutes choses, du moins d'introduire le qualitatif dans les raisonnements et les calculs. La « qualité de la vie », les « aménités », dont parle Bertrand de Jouvenel, peuvent ne plus rester étrangères à la pensée économique. Les rigueurs du calcul coût-avantage en sont toutes secouées.

La prospective ne clique pas l'an 2000, mais image des futurs possibles

Des Delphis pour l'interrogation individuelle, des scénarios pour l'interrogation collective, des modèles dynamiques permettent, à cet égard, de préparer des « schémas directeurs » ou de dessiner les visages de plusieurs futurs possibles (2).

(1) Cf. le numéro 21 de « 2000 » consacré à l'informatique.

(2) Le Sésame (Système d'études du schéma général d'aménagement de la France), qui a fait l'objet d'un numéro spécial de « 2000 » est un exemple d'exercice « ouvert ».

Ce pluriel est important.

Le souci de la prospective est, en fait, autant un signe qu'une nécessité ; signe de ce que notre civilisation morcelée, sinon en miettes, cherche à resituer ses actions par rapport à des objectifs. Chacun des intervenants du congrès a bien rappelé que le bras de l'ingénieur ne pouvait plus être séparé de la volonté d'une société. Le compartimentage des actions, l'absence de référence à l'analyse de système, même frustrée, que nous devrions formuler pour chaque grande décision, sont aujourd'hui condamnés.

Pierre Aigrain a dit ici que la technique pouvait tout faire, mais que l'important était de chercher d'abord pour quoi faire. La prospective peut utilement aider à situer l'aléa du progrès, l'inattendu de la technologie, dans la volonté d'une société qui cherche ses finalités. Elle tient compte aussi des prospectives des autres et les échanges se multiplieront de part et d'autre des frontières.

Une nouvelle pensée naît, dont la logique ne dessine pas d'impossibles jardins « à la française », figés dans le temps. La vraie prospective ne sacralise pas l'an 2000 : elle parcourt le chemin du temps vers 2000 et au-delà. Et ce qui nous intéresse dans ses efforts est moins le résultat de ses travaux que sa démarche ; elle redistribue autrement les cartes d'un jeu que l'on avait l'impression d'être battu d'avance.

A la recherche des Arcadies

L'appréhension de l'environnement et des changements du cadre de vie est, avec la prospective, une autre grande donnée de notre temps. Depuis quelques années, l'opinion publique mondiale est traumatisée par les titres des séries noires du « jugement dernier » qui serait bientôt le nôtre. La recherche du bonheur terrestre, la quête des jardins d'Arcadie, font aujourd'hui place à la lutte contre les pollutions, et il est vrai que nos sociétés produisent plus de déchets que de produits consommables.

Le rendez-vous de l'Onu à Stockholm, en 1972, attirera l'attention des hommes sur les risques de dégradation mondiale du cadre de vie. L'envoi d'hommes sur une lune peu accueillante a réfléchi l'image de notre terre, à la fois une et rare.

Cette prise de conscience de l'environnement, il convient d'en souligner les déviations. L'opinion publique — et pas seulement française — trop analytique dans sa manière de penser, a tendance à isoler l'environnement de son contexte culturel, économique et géographique et, si j'ose dire, l'environnement de son environnement.

Un néo-rousseauisme contemporain conduit à condamner le progrès économique tout entier, pendant que nos citadins déracinés qui n'ont même plus l'antécédent rural des urbains d'autrefois, confondent le paysage avec la nature vierge, en oubliant qu'il est d'abord le produit jardiné de toute une structure socio-économique du monde rural. Le mythe chasse ici la réalité et

risque, faute d'une « grammaire de base » — comme le rappelait Louis Armand — de multiplier les contresens d'une politique de l'environnement.

Une telle politique ne vient pas après coup, comme un luxe de pays riche où le Grand Jardinier viendrait biner les allées du destin et y enlever quelques mauvaises herbes. Elle n'a de sens que si elle se situe dans le mouvement, à la racine même du développement : elle n'a de sens que si elle en est sa conscience.

Elle n'a d'ailleurs d'efficacité que si elle se place à la source : il ne s'agit pas de poser après coup, en aval du processus industriel, une « technologie ajoutée », mais, plus en amont, de revoir le processus industriel lui-même et de réintégrer le cycle productif dans un processus biologique mieux pensé, où l'on minimise alors les hiatus et les déchets. L'environnement, le mode de vie, ne peuvent pas être considérés comme l'après-développement d'une société post-industrielle. S'ils devaient devenir des valeurs et des coûts « ajoutés », beaucoup, et en particulier les pays en voie de développement, refuseraient de les prendre en compte.

Pour entraîner le développement économique, et l'astreindre à se hiérarchiser en fonction de la qualité du cadre de vie, l'innovation et l'expérimentation seront au cœur même de la dynamique : à la condition d'être comprises au sens de l'innovation et de l'expérimentation sociale et de ne pas être circonscrites, ici ou là, à quelque réussite technique. On pourrait s'en satisfaire s'il s'agissait simplement d'une lutte contre les pollutions. Mais la politique de l'environnement ne prend tout son sens que réintégrée dans une précaution plus positive d'amélioration de la qualité du cadre de vie. Telle est, du moins, la conception européenne de la problématique de l'environnement.

Le progrès, pour quoi faire ?

En définitive, le progrès technique, l'acte d'ingénieur, doivent être reliés au souci de l'environnement, du mode de vie, du cadre de vie et surtout de la vie tout court.

L'apport en profondeur de la notion « d'environnement » ne réside pas dans la négation du développement, mais dans la remise en cause d'un progrès incontrôlé, mal relié aux objectifs et aux finalités de la société. Le culte du Progrès et, plus modestement, l'allant de l'ingénieur, ou le moteur des entreprises et des collectivités, auraient tendance à faire avancer la société à la marge, jour après jour, sans la vision ou la recherche de l'utilité des efforts et leur insertion dans l'écologie qui est la nôtre. L'environnement contraint — comme l'informatique pour d'autres raisons — à repenser la structure de cette grande « analyse de système » dans laquelle nous devrions hiérarchiser nos actions : le progrès technique, pour quoi faire ? L'augmentation des revenus, à quelles fins ?

L'innovation ne doit plus être sauvage

C'est dire que l'on jouera avec le vent de l'innovation. Vos journées ont, d'évidence, écarté le raisonnement trop commode de tant de spécialistes des sciences sociales et de l'économie, « toutes choses égales par ailleurs », avec une technologie stable. Mais elles ont aussi écarté l'image, il est vrai historique, de l'innovation, attendue au coin de la rue comme la prospérité.

L'innovation ne doit plus être sauvage, et l'hymne de l'innovation pour l'innovation a-t-il bien un sens aujourd'hui ? L'innovation peut se maîtriser et entrer alors au service de l'humanité.

Les expérimentations de plus en plus nécessaires

L'expérimentation en vraie grandeur, et ceci n'a pas été suffisamment dit, est indispensable pour que l'homme puisse essayer, sur mesure, un cadre de vie contemporain. Il doit récuser la confection ou la maquette. Il lui faut entrer, lui-même, de plain pied dans un système de cadre de vie nouveau.

Dans la plupart des industries ou commerces, on s'efforce, avant de lancer un produit et de le généraliser, de l'essayer en vraie grandeur. Or, que constate-t-on dans nos sociétés dites « avancées » quant au domaine des équipements collectifs (écoles, hôpitaux, infrastructures urbaines...) ? Peu d'innovations, encore moins d'expérimentations. Les responsables n'agissent pas avec les vingt années d'avance indispensables. L'expérimentation, c'est la mise en chair de l'innovation et de la prospective, le banc d'essai d'une raison d'espérer. L'important n'est pas l'innovation pour l'innovation, mais l'innovation dans ses rapports avec la société, avec la géographie, avec les cadres de vie.

Mais plus encore que des expérimentations partielles, ce qui manque le plus, ce sont des expérimentations globales. Si la société n'avance que par paliers « de secteurs » particuliers, il n'y aura pas vraiment progrès pour la société. Le problème de l'habitat, par exemple, n'est pas d'ajouter nos connaissances et nos techniques, une par une, sur la maison individuelle. Ce qui est vraiment important, c'est la ville, et non l'élément d'architecture isolé.

Peu de pays, même les plus riches, se paient de véritables expérimentations collectives.

Développement de la prospective, bien reliée à la décision, prise en considération de la qualité de la vie, maîtrise de l'innovation et multiplication de l'expérimentation sociale, sont les jalons d'une nouvelle société. Ses valeurs sont attentives aux valeurs de culture du passé. Elles sont bien situées dans le présent : l'homme ne vit pas seulement de lendemains. Mais elles commencent à prendre en compte les valeurs du futur. La prospective, vous vous en êtes fait l'écho ici, n'est pas — si elle est bien conduite — une fuite en avant ou une « récupération ». Elle devient, pour une société qui se cherche, un instrument de maîtrise et de liberté. »

(3) Cf. le numéro 14 de « 2000 » : « Pour une société plus expérimentale ».