

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

**BULLETIN
DE LA CLASSE
DES SCIENCES**

5^e série - Tome LXVII

1981-10

EXTRAIT

**Passé, présent, futur et humanité
du Génie biologique et médical**

par BORIS RYBAK

Professeur à l'Université de Paris III (Sorbonne Nouvelle), France



BRUXELLES - PALAIS DES ACADÉMIES

**Passé, présent, futur et humanité
du Génie biologique et médical**

par BORIS RYBAK (*) (**)

Professeur à l'Université de Paris III (Sorbonne Nouvelle), France

Résumé. — Ce texte fait état des travaux originaux de l'auteur qui ont porté sur la réalisation de techniques de mesures de systèmes vivants localisées en zones internes, notamment chez le Mammifère, et qui permettent la mesure 1° de façon non traumatique, et, 2° sans perturbation de la grandeur à mesurer, ce, sans utilisation d'éléments radioactifs.

Notre ancêtre archétypal né de la mutation *sapiens* survit, dans la crainte: crainte des météores, de l'envahissante végétation ou des déserts minéraux, de la Terre terrifiante elle-même qui se fend et se fait souvent chaos — comme en ces îles océaniques où la notion de solidité est abrasée par des trémulations de la Terre près de 50 fois par jour —, survit dans la crainte de la bête et sans doute, très tôt, de l'Homme féroce. Nos ancêtres font cependant leur chemin, cueillant, pastourant, chassant et chassés. Et surgissent les soudaines épidémies, démons sur démos. Nous avons, dès le début, vécu dans la tragédie des traumatismes, des blessures profondes et dans celle des cycles de la génération hurlée et souffrante, et de la corruption de la maladie et de la mort... cet absolu de la mort transcendé par l'idée d'une première métaphysique de l'absence et du retour. Aussi y a-t-il eu une médecine préhistorique et une traumatologie préhistorique, donc une première pharmacopée mais, ce qui nous intéresse plus ici, une première instrumentation pour des trépanations, des laparotomies, des cautérisations — et quand on pense qu'il a fallu attendre le seizième siècle de l'ère actuelle pour

(*) Texte du «Tutorial Speech» donné au Congrès «Biomed 80» (Marseille, septembre 1980).

(**) Présenté par M. J. DUCHESNE.

qu'Ambroise Paré substituât dans les amputations la ligature des artères à la cautérisation, on conçoit combien l'«art difficile» l'est vraiment. On conçoit aussi qu'on ne puisse réellement traiter de l'Histoire en ne voyant en elle que de hauts faits d'armes, de diplomatie, voire d'alcôves. L'Histoire anecdotique a l'attrait des histoires sinon des fables mais, en passionnés de réalité, il nous faut dimensionner toute l'antériorité de notre présence, aller à la lecture parallèle des faits guerriers, des actes coutumiers, des élancements des passions, certes, mais aussi aller voir le devers qui a été constance de l'invariant humain. Lire ainsi *faber* indissociable de *sapiens*. Si une sociologie peut avoir des bases solides, c'est bien cette sociologie historique — ou diachronique — des représentations de sagesse corps-et-âme pour et dans des modèles de société: on dit philosophie, mais la philosophie n'est que la fréquentation amicale ou amoureuse de la sagesse; de toute façon il nous faut nous imprégner de l'esprit pré-socratique qui nommait les philosophes *physiologoi*, c'est-à-dire observateurs de la Nature, et si nous le sommes tous en cette enceinte, encore faut-il propager au dehors la bonne parole. De sorte que d'une façon ou d'une autre c'est comme Thérapeutes directs ou indirects des âmes comme des corps que nous devons comprendre le nouvel humanisme. Ce faisant nous retrouvons à la base le traité de thérapeutique de Chi-Nong (-2700), la doctrine classique, notamment pneumatique, de la médecine indienne autant que les préceptes d'Hippocrate où, indépendamment du célèbre Serment, se trouve écrit que «là où est l'amour des hommes est aussi l'amour de l'art», et il y aurait beaucoup à dire sur ce point de haute déontologie en le comparant à celui venu des Esséniens et qui a cours dans l'amour-charité, cristallisation de l'amour-générosité ou de l'amour-miséricorde.

Mais les choses et les êtres ne sont pas si simples et ce serait brosser un tableau naïf — faire un double rousseauisme: celui de l'écrivain et celui du douanier — que de ne pas situer dans son contexte esclavagiste ce moment de la civilisation arborescente qu'est la nôtre (variété des civilisations tribales récurrentes qui sont celles des peuples panchroniques). Ce qui étonne c'est moins l'utilisation abusive et légalement abusive de l'œuvre, du travail d'un autre Homme que le fait que cette attitude, peut-être nécessaire en ces temps, soit demeurée de nos jours. Dans «la République» et dans «les Lois», Platon, se montre ennemi de toute poétique et, par là-même, s'avère obstinément fermé à la compréhension des applications des sciences pour l'amélioration de toute

l'Humanité. Et, ce, non tellement pour le plaisir de son esprit ou encore pour un hédonisme contemplatif théologal et métaphysicien mais, finalement, dans le cadre de son époque qui ne connaissait pas autre chose que l'esclavage, à des fins récurrentes politiques. Alors que les Ioniens honoraient les grands inventeurs (comme Glaucus de Chios, père du fer à souder, ou Anacharsis, créateur du soufflet), Platon est en retrait pour des causes — plus que des raisons — concernant l'ordre social d'alors. Et nous souffrons aujourd'hui encore de cette conception malgré le grand pionnier Bacon, malgré les Vesale, les Vinci, les Helmholtz, les Servet, les Harvey, les Faraday, les Réaumur, les Leeuwenhoek, les Lavoisier, les Lister, les Berzélius, les d'Arsonval, les Marey, les Clausius, les Maxwell, les Kelvin, les Volta, les Laënnec, les Claude Bernard et les Pasteur et tant d'autres qui parcourent notre sang et nos sens. Pour résumer ce qu'écrit à cet égard Platon dans «la République», disons que l'esclave fabricant ne peut être crédité d'une science plus grande que celle de son maître, utilisateur de la chose inventée... et Aristote dans sa «Politique» va dans le même sens pour ce qui concerne la condition de l'artisan: «l'esclave et son maître ont une existence commune; tandis que l'artisan se trouve vis-à-vis de son maître dans une relation beaucoup moins étroite et ne possède de vertu que dans la mesure où il participe à l'esclavage»...

N'est-ce point ce qu'il en est de l'état en quelque sorte «lige» de l'inventeur actuel ou encore du découvreur des richesses naturelles et surtout des plus cachées, géologiques, qui forment ce que l'on appelle les «matières premières» — dont on sait pertinemment que la première matière est celle de l'esprit créateur, d'entreprise, c'est-à-dire révélateur puisque découvreur dans l'exploration des choses, des mécanismes et des lois de la Nature autant qu'inventeur de machines et instruments, tirant un parti, *moralemment* et économiquement profitable à tous, de l'adroite combinatoire de possibles qui constitue l'invention? Parce qu'il faut reconnaître — et c'est ici le lieu dans une conférence méditerranéenne sur le GBM, génie biologique et médical, — que, ayant déjà pris la première révolution industrielle en marche, ayant été marginalisés par rapport à la seconde révolution industrielle, nous trouvons — hélas! — comme partenaires des industriels peu industriels que l'Exécutif même gourmande en vain. Cela est-il possible que ce soit en vain? Alors que notre portefeuille de brevets n'est pas exploité comme il se doit pour le bien public, alors — et vous tous ici en témoignez — que notre ingénio-

sité est intacte, notre inventivité conquérante, que les temps et l'éthique obligent? Nous ne pouvons pas croire à l'adynamisme des milieux industriels parce qu'il n'est pas bon, parce qu'il est grave, parce qu'il est suicidaire de laisser nos inventions, faites pour une meilleure connaissance des êtres vivants et de meilleurs soins à leur apporter, dans une sorte d'ornière, dans la routine de l'investissement non productif. Par le GBM nous pouvons créer des industries nouvelles — qui n'ont pas d'équivalent ailleurs, donc *complémentaires* — et, par là-même, créer des emplois, activer le cycle importations-exportations, et ainsi éviter la paupérisation qu'accompagnent historiquement les philosophies consolatrices de disette, la démission et la subversion. C'est cela de nos jours, en première urgence, l'humanisme en actes.

Toute société est un risque et l'industrie qui ne veut pas prendre de risques est donc asociale. L'humanisme de notre temps passe par la responsabilité très concrète de la pratique issue de la théorie laquelle renvoie sur la pratique. Gouverner les Hommes et gérer les choses d'une société scientifique sans la compétence anxieuse de ce qu'est la science ou au moins la philomatique, c'est détruire les valeurs, c'est-à-dire les inaliénables invariants qui nous font humains, c'est ouvrir le champ à l'obscurantisme et à la misère, c'est trahir le serment d'humanisation que nous avons promis de tenir dans les déclarations suprêmes qui fondent la personne humaine et lui enjoignent de «persévérer dans son être» en révélant la personnalité de chacun dans la dignité que l'on doit à tous.

Il y a urgence à ne point s'abandonner. Et si Platon comme Aristote sont condamnables dans leurs conceptions de la Cité à mesure que les siècles témoignent, comme les cheminements de cet arbre de vie humain sont par définition non-linéaires, on reconnaîtra comment, à partir d'Aristote et du péripatétisme ainsi que des néo-platoniciens, on en vient à Roger Bacon *via* un amalgame entre le mysticisme d'un Albert le Grand et d'un Avicenne et le goût pris à essayer la Nature, à l'expérimenter. Comme si cette première Renaissance des douzième et treizième siècles occidentaux se présentait sous forme de contreponds des archaïsmes de Platon et d'Aristote, *en tout cas conséquence* de la grandeur d'Alexandrie où la technique antique atteignit son sommet et qui donna naissance, par initiation, à Archimède. Puis, de là, à travers les fureurs barbares: Occam, les Grandes Navigations, Galilée, Descartes et le reste que l'on sait.

Quant au présent, c'est une fiction légale sauf pour les amnésiques sans projet qui ne connaissent que l'instant. On s'étonne que de nos jours puisse paraître chez un éditeur parisien réputé pour sa dilection philosophique un ouvrage comme «la Technologie introuvable». Jamais la lucidité de certains n'a été aussi grande, mais en même temps la jeunesse se désespère et la théorie généralisée du n'importe-quoi se propage. Comme s'il y avait parmi nous de nouveaux barbares avec la déchéance qu'ils entraînent.

En Génie Biologique et Médical on sait que la découverte des antibiotiques, celle des médicaments anti-chocs ont permis à la hardiesse des chirurgiens d'aller de l'avant. Et ce sont tous les rapides progrès dans les transports ambulanciers, dans les explorations fonctionnelles, dans les techniques préopératoires et celles de réanimation. C'est en conséquence la floraison de nouveaux outils et de nouvelles techniques comme le «scanner», la microchirurgie à laser, les transplantations d'organes, les prothèses comme les cardiostimulateurs implantés, le diagnostic précoce des cancers, la diététique (un aspect de la prophylaxie), etc.

Il a fallu pour cela former des concepts nouveaux, c'est-à-dire associer une stratégie de longue réflexion à une tactique d'efficacité tandis que se formaient des brigades chirurgicales où la discipline nécessaire est cimentée par la compétence et l'amitié. A tous les niveaux — et il faudra que de plus en plus cela devienne la règle — suivre un code de déontologie, de conduite à tenir en période de dangers qui tendent à occulter l'humain de l'Homme. Et je parle, en mon présent markovien où tout mon passé de chercheur se trouve récapitulé, au futur qui se trouve en cette enceinte, c'est-à-dire aux jeunes: défricher son esprit, labourer et semer et combattre la mauvaise herbe sournoise, autrement dit être vigilant et pour cela ne pas quitter l'*alma mater* parce que, sinon, on oblitère l'esprit de la recherche. Pensez sciemment et consciemment tout le temps — c'est-à-dire faites fonctionner vos neurones intégrateurs et associatifs — et vous aurez l'heureuse surprise des rétroactions positives, la création appelant la création.

Le «gai savoir» est dépassé, le savoir de l'érudit sera repris en charge par les ordinateurs qui ne sont en rien, soulignons-le, l'expression de l'«intelligence artificielle», l'intelligence de l'ordinateur étant celle de son architecte et celle de son programmeur, voire de son interprète. Et c'est sur ce dernier point que l'érudition, en esprit de finesse, retrouvera

ses droits. Donc au «gai savoir» se substitue le *gai créer*, c'est-à-dire cette disposition d'esprit ludique et austère, tempérée en conséquence par un certain humour, qui vous fait dépasser les durs moments où le courage vacille un instant, où la peine est si grande qu'elle devient douleur que pansent la motivation et — si cela est — la vocation. Le savant au sens populaire est celui qui sait beaucoup de choses; depuis Nicolas de Cues nous connaissons notre «docte ignorance», aussi c'est moins à conserver le savoir qu'à l'agrandir que nous convie notre temps.

S'il m'est permis de faire une confidence, j'en ferai deux: on s'est beaucoup étonné — et non sans malignité négativante — de ce que j'avais pu faire; mon secret est dans ce que je viens de dire et dans un fait: 1°) je travaille, 2°) je travaille, 3°) je travaille. D'autre part, on a facilement beaucoup d'«ennemis» et il ne faut pas douter en toute humilité qu'on ne les doive à ses défauts; cependant on se fait aussi des «ennemis» en produisant des travaux dans des domaines entièrement nouveaux — ce qui désoriente vos confrères — et aussi en attaquant des problèmes controversés surtout, surtout, si on a la chance, la hardiesse, la raison volontaire, d'y apporter des résolutions. Il faut dire qu'il y a eu dans nos domaines quatre enthousiasmes majeurs et qui ont successivement évolué en dominances: l'immunologie, l'endocrinologie, l'électrophysiologie et, certains murmurent aujourd'hui, la biologie moléculaire (qu'il serait d'ailleurs préférable d'appeler génétique chimique puisqu'il est d'évidence difficile de concevoir un être vivant non-moléculaire). Des urgences, des épreuves nous attendent et nous devons aujourd'hui dépassionner ces égotismes de dominance. Il suffit pour cela de comprendre et de mettre en application ce fait que s'il existe des contraires, ils ne doivent pas entrer en antagonisme mais en couplage, en complémentarité. Il n'y a pas de petits problèmes, il n'y a que de petits problémistes. Mais en GBM nous sommes au centre des grands problèmes épistémologiques et médicaux, donc sociaux. Cela doit nous conforter dans notre tâche, et je souhaite que l'on développe l'histoire des sciences et des techniques dès l'enseignement secondaire; d'abord, comme on l'a vu, pour la vérité historique, ensuite — ou parallèlement plutôt — parce que cette histoire est celle des Hommes véridiques et véritables qui ont cherché à comprendre le monde et la vie dont celle, primordiale, de la pensée et qu'en conséquence c'est la source où l'on vient lorsque, après une grande traversée, l'on a besoin de reprendre des forces. Quand on admire le fleuve, se souvenir de ses sources.

Parce que: qu'est-ce que faire une découverte ou une invention? En premier lieu *toujours se fixer un problème à résoudre*, et la sérendipité même est après tout sur le chemin de cette résolution. Se fixer un objectif, c'est déjà en avoir l'idée, et celle-ci vient de tout le processus éco-génétique que l'on porte en soi comme un potentiel qui se cinétise soit sous la poussée d'une sorte de dictée, soit comme un potentiel de pointe venant sans doute de la conjonction du travail conscient et subconscient qui établit des rapports communs ou de similitude — voire métaphoriques — entre des phénomènes apparemment éloignés. Les divisions des sciences n'ont, on le sait, qu'une fonction didactique et, par une médiation de l'imagination rationnelle, c'est en transposant le résultat obtenu dans un domaine ou un autre domaine que les liaisons cryptiques deviennent évidences. L'idée stratégique implique alors l'édification d'une série de problèmes en problématique — soit, encore, d'une série d'hypothèses en protocole d'expériences. Alors se construit la tactique ou modalité opératoire. Tourner et retourner le problème. En le balisant «dans le sens» comme disait Pasteur, mais de surcroît en cherchant à le défaire, à l'analyser au sens étymologique, c'est-à-dire à le mettre en pièces. «Etre son meilleur ennemi» comme de nouveau Pasteur le confiait. Et si tout paraît conforme, alors s'engager dans l'aventure psycho-manuelle qu'est l'expérimentation. A ce stade — résultant d'un long apprentissage qui doit nous faire maîtriser l'ensemble des techniques mises en œuvre, mobiliser votre volonté entière et surtout offrir votre entière disponibilité d'esprit (ce que l'on nomme l'objectivité ou l'honnêteté intellectuelle). Or la Nature peut vous donner une réponse positive comme elle peut ne pas répondre. Tout l'art du chercheur est de savoir dialoguer avec la Nature et si vous ne savez pas reconnaître les mots de passe, elle restera muette. Tandis qu'à partir du moment où vous savez l'interroger, alors elle vous livrera les réponses tant cherchées. Si tel est bien votre heur, travaillez en contre-intuition, en contre-évidence, vos résultats, et remettez sur le chantier l'expérimentation selon un autre angle d'approche, allant ainsi multipliant les contrôles et recherchant les zones de recoupement. Si tout paraît en conformité, redevenez votre meilleur ennemi, impitoyablement, soyez votre détracteur, critiquez le tout, c'est-à-dire non seulement les résultats mais le protocole même. Dans beaucoup de cas il est bon de laisser reposer problème et solution et de se livrer alors, sur le front de l'interface connu-inconnu où vous vous trouvez, à la mise en route d'une autre

expérimentation selon la logique interne qui vous gouverne et sans jamais papillonner. C'est cela être en conformité vigilante avec soi-même. Et si, comme il le devrait, vous y êtes préparés, revenez aux études et sévère rêveries théoriques, à la logique, aux mathématiques et les intuitions plus ou moins anciennes que vous avez formées reviendront; c'est façon de remettre en connection des processus mentaux momentanément placés en repos conscient — mais, sachez-le, en activité subconsciente — avec le vif du sujet. Et ainsi allez d'une pseudo-dormance de votre hémisphère cérébral analytique au branle-bas de combat de votre hémisphère holistique ou faites le cheminement inverse et recommencez. Vous serez amenés de la sorte à peaufiner vos résultats expérimentaux en les reprenant d'une autre façon encore. Rédigez, parce que, ce faisant, vous munissez de la topologie de l'ordre votre calcul mental qui devient algorithme écrit. Plusieurs rédactions s'avèrent nécessaires, et vous publiez. Il se trouvera toujours un «referee» pour vous faire des remarques, les unes pertinentes, les autres franchement impertinentes. Répondez aux premières, et soyez comme l'ordinateur ou la Nature qui ne répondent pas aux questions stupides. Voilà votre travail rendu public. Votre tâche n'est pas achevée. Vous devez assumer soit l'indifférence, soit la hargne, soit l'approbation. De toute façon s'il s'agit d'une découverte d'une certaine importance continuez toujours à la dépasser parce que dans dix ans, cent ans — risquerai-je de dire deux ou trois siècles en ces temps fragiles? — votre acquis évoluera, sera modelé, précisé à un point inconnu de vous. Tâchez de vous placer dans ce temps comme, biochimiste, je me suis toujours efforcé d'imaginer que je me situais aux dimensions des ultrastructures et des molécules. Vous êtes alors comme dans un espace arguésien, ce point «à l'infini», rétro/visant votre aventure de pionnier ou de bon ouvrier de l'esprit dans le domaine que vous défrichez, aménagez.

C'est ainsi que pour moi — exécration, soit! mais je témoigne ici —, pour «je ... autre» donc qui même à la foire étais au moulin, («y penser tout le temps»!), je suis allé créant des outils. Tout simplement parce qu'ils n'existaient pas et qu'ils étaient rendus nécessaires par le travail que j'avais entrepris et qui a concerné la bioénergétique pulmo-cardio-circulatoire. D'où la mise au point d'un extensomètre *ad hoc* pour les cœurs entièrement ouverts afin de les maintenir en contractions périodiques prolongées régulières (mise en évidence de la catalyse mécani-

que), d'où les premières analyses *biochimiques in situ* à l'aide de techniques *biophysiques*: capteurs cathétérisables pour la P_{O_2} , le pH, la P_{CO_2} , la photométrie intravasculaire directe. Cette dernière méthode permet non seulement 1°) des mesures absolues à l'aide de deux cellules adjacentes à circulation: micro-lampe de λ_1 — micro-photocellule de spectre S_1 /micro-lampe de λ_2 -micro-photocellule de spectre S_2 , 2°) des mesures de vitesse avec deux cellules distantes l'une de l'autre et l'utilisation d'un index opaque ou coloré injecté mais encore de façon non limitative 3°) en remplissant, à ras bord, d'un liquide ou d'un sol les espaces séparant lampes et photocellules et en recouvrant leurs fenêtres de membranes *ad hoc*, la technique autorise des mesures rapides *in situ*, à titre indicatif, d'ammoniémie, de P_{CO_2} , de pH et aussi de glycémie, d'aminocidémie: il suffit pour cela d'incorporer dans la cuvette un ou plusieurs corps-réactifs (colorants, enzymes, etc.) qui se combineront avec la molécule perméante en modifiant l'opacité, la couleur, le taux d'oxygène libre, etc. (cf. brevets INPI n° 1 526 973, 1968 et n° 7103675, 1971). Cette dernière technique est proche de celle que l'on nomme depuis I. H. Silman et E. Katchalski [1966], technique des enzymes immobilisés, étant celle des réactifs — dont des enzymes — agissant concentrés et confinés dans une et une seule région active restreinte. Ainsi «le ciel étoilé au-dessus de moi, la loi morale en moi» j'ai poursuivi mon chemin dans la création de l'outillage du technobiologiste en créant la *topoélectronique* ou physique du solide à grandes déformations entièrement réversibles, en réalisant un ventilomètre fondé sur la pression partielle de vapeur d'eau alvéolaire et dont le temps de réponse, situé dans l'échelle des millisecondes, a permis de développer une nouvelle phonétique — la *phonétique analogique ventilatoire* — (dont l'acronyme en anglais V.A.P. rappelle heureusement le principe de la technique alors que le sigle français P.A.V. ne le fait pas). Mais en réalité, assez vite, s'est imposé en moi ce principe que le but de toute mesure biologique était, avec ce matériel vivant hautement fluctuant (la chronobiologie dont on parle tant aujourd'hui n'est-elle pas la même chose que l'homéostasie ou homéorhésie incluant l'eucrasie ou eurrhésie?), de *faire des mesures biologiques de façon non traumatique et sans perturber les valeurs de la grandeur que l'on cherche à mesurer*. De sorte que, partant des techniques originales très traumatiques comme celle des cœurs entièrement ouverts, ou celle de la thoracotomie gauche chez le Lapin (animal à médiastin total), souvent d'ailleurs associée à une laparotomie

et à une trépanation — ce qui permet d'atteindre par plusieurs capteurs localisés convenablement les corrélations fonctionnelles entre organes de la même préparation —, j'ai mené — parallèlement à ces recherches qui m'ont conduit à la mise en évidence des processus biophysiques et biochimiques fondamentaux de l'impetus automatogène cardiaque (en établissant ce fait inattendu que la catalyse mécanique accroît la synthèse de l'AMP cyclique membranaire) — des travaux qui cherchaient à éliminer notamment l'artefact d'anesthésie (sans pour cela enfreindre les règles de la déontologie puisque aussi bien, quand c'était indispensable comme pour une thoracotomie gauche, avant d'injecter un anesthésique j'ai toujours pris soin d'insensibiliser le lieu de la piqûre avec de la novocaïne). L'anesthésie — technique à laquelle est attaché dès l'origine le nom de Humphrey Davy (entre 1795 et 1805) utilisant le protoxyde d'azote découvert en 1772 par Joseph Priestley — répond au souci d'intervenir chirurgicalement en supprimant réversiblement la sensibilité, la douleur, et elle favorise la pratique chirurgicale en immobilisant le sujet. Or pour le fondamentaliste inquiet de connaître les mécanismes *in situ* des organes internes, un animal anesthésié est différent du même animal vigile: son métabolisme, ses fonctions endocriniennes et nerveuses sont modifiés par l'acte d'insensibilisation générale... Et cependant ces organes internes jouent un rôle essentiel pour expliciter les physiologies locales des différents systèmes et la physiologie globale de l'organisme qu'il est indispensable d'atteindre dans leur fonctionnement, autant que faire se peut d'une façon quantitative reproductible et, cela va sans dire mais c'est là le point délicat, de façon exacte. En effet, la diversité des individus d'une même lignée est déjà marquée mais, de surcroît, la variabilité de comportement d'un même individu — dans des conditions externes considérées comme fixes — s'exprime, par des altérations plus ou moins périodiques. Aussi, avant de se lancer dans des analyses statistiques poussées, il est clair qu'il faut recueillir des données métriques conformes. C'est donc non seulement rechercher les invariants dans le mouvant et le divers, mais pouvoir suivre l'évolution corrélée des variables pour s'instruire sur les modalités de ces constantes rectifications réflexes qui assurent une régularité de fonctionnement *physiologique* dans une bande passante spatio-temporelle qui constitue le domaine de validité du phénomène, de la grandeur considérés. Dès lors il s'agissait de travailler avec un animal vigile libre et c'est ainsi que, dès 1965, des radio-injections ont pu être réalisées sur

le Mammifère à une centaine de mètres; l'animal était une chienne, dressée au port d'une ceinture lombaire supportant un moteur radio-asservi qui permettait la poussée du piston de la seringue et le sujet se déplaçait librement, sous le contrôle de notre voix cependant, puisque l'expérience se déroulait sur le campus de l'Université de Caen. En 1967 nous avons pu établir un circuit aller-retour permettant la radio-stimulation nerveuse ou la radio-injection d'une substance d'intérêt physiologique ou encore la neurotomie en même temps que nous pouvions suivre par retour, à partir de l'animal, les variations de sa pression partielle d'oxygène artérielle sous l'influence de différents stimuli tels ceux d'un sifflet à ultra-sons. En fait c'est en 1959 (travail publié à la Société de Biologie en 1960) que j'ai pratiqué les premières radio-chirurgies: laparotomie chez la Grenouille mais aussi incision sagittale du ventricule du cœur de Tortue sous contrainte statique. Par rapport à ce que faisait Rushmer à Seattle à la même époque avec des liaisons par fils, le progrès était sensible, et il est aujourd'hui courant de pratiquer une telle radio-téléométrie.

En somme les technobiologistes traitent des possibles [c'est-à-dire de la phronomie selon le «Nouvel Organon» de Lambert, 1764] et pour chaque grandeur se pose le problème capital du *référentiel*. C'est ainsi notamment que j'en suis venu à la notion de *moteur informationnel* pour tout bio-système. Il s'agit essentiellement d'une formalisation qui rend compte du réalisme formalisateur, à savoir que tout être vivant résulte d'un *système conservatif* — son appareil héréditaire — et, selon son biotope, le phénotype se forme par organisation des éléments du biotope s'agencant selon le biotype grâce à ce système référentiel, comme les mots d'un dictionnaire d'une langue donnée s'organisent en phrases pertinentes par la grammaire correspondante, étant bien entendu que les éléments lexicaux comme les éléments morphosyntaxiques sont doués d'une connotation sémantique mais qui ne prend compétence — depuis la correction grammaticale jusqu'à la signification — qu'au sein de l'intersection ensembliste cinétique grammaire-lexique qui, par épigénèse, forme la phrase ou le système polyphrasique que l'on nomme encore discours ou texte.

Dans cet esprit on peut penser prendre le *sujet* propre de la mesure biologique comme *objet* ou instrument de mesure, plus exactement comme centre de la chaîne instrumentale mise en œuvre. C'est ce que j'ai nommé *autogénicité*. J'en donnerai seulement deux exemples qui ont

fondé systématiquement la procédure: 1°) les neurones sont, comme on le sait, oxygène-dépendants et l'on utilise dans de nombreux cas une oxygénation vicariante (ventilation artificielle, circulation de solutions renfermant des nutriments et le détoxifiant électronique qu'est l'oxygène) ou encore on supplémente l'organisme dans les cas aigus d'hypoxie par des mélanges O_2-CO_2 ; mais on peut procéder autrement en tirant parti du fait que toutes les cellules aérobies renferment de la catalase et en conséquence, en utilisant la propre catalase des cellules à oxygéner, on libère l'oxygène nécessaire à partir de percomposés (eau oxygénée, perborate) qui sont introduits dans les liquides de perfusion extracorporelle ou l'organe extirpé; 2°) la contraction cardiaque peut se mesurer avec des transducteurs mécaniques mais leur inertie n'est pas négligeable; pour le cœur ouvert j'avais, à une époque héroïque où je manquais complètement de matériel, placé un papier argenté sur la partie endoauriculaire ou endo-ventriculaire que je cherchais à examiner dans son mouvement. Je faisais l'obscurité dans la pièce et avec le pinceau lumineux d'une lampe de poche fixée à un statif selon un certain angle j'éclairais le «papier d'argent» et les contractions se voyaient, agrandies d'ailleurs, au plafond de la pièce où je pouvais mesurer les amplitudes et les accidents éventuels du cycle contractions-décontractions (le luxe était de multiplier ces petits miroirs et les lampes de poche de sorte que — et peut-être la plafond de mon bureau-laboratoire de Talence en porte-t-il encore les traces — je mesurais, avec un mètre ruban et un escabeau, les mouvements locaux des cœurs ouverts, de Grenouille notamment). Depuis, des techniques de transillumination — publiées autrefois dans *Experientia* spécialement —, de telles techniques optiques, perfectionnées par la biréfringence, ont évidemment permis de bonnes mesures de mouvements si les tissus sont transparents ou translucides. Comment faire alors pour atteindre le fonctionnement en profondeur des tissus opaques? J'ai pensé à utiliser le cœur lui-même comme son propre kymographe en notant que la morphologie du cœur se modifie au cours d'un cycle contractions-décontractions et, comme la phase aqueuse est importante dans tout tissu vivant, il se produit au cours de tels cycles un réaménagement inter- et intra-cellulaire des molécules d'eau, riches en protons, de sorte qu'en plaçant un cœur ouvert dans l'entrefer d'un appareil à résonance magnétique nucléaire (spectre enregistré à 40 MHz avec l'électro-aimant de 30,48 cm du «Varian HR40») on peut non seulement suivre le MKG mais encore,

simultanément, en plaçant dans la paraffine sur laquelle est épinglée l'entité cardiaque des électrodes de platine, enregistrer la relation EKG-MKG.

Aujourd'hui, par voie de conséquence *pulmo*-cardio-circulatoire, j'en suis venu à la phonétique que je cherche à rendre scientifique pour autant que pour l'instant elle est expérimentale mais menée avec de nombreux artefacts: utilisation de masques buccaux qui bloquent les résonateurs labiaux et perturbent en conséquence la voix-résultat, perturbation par des cathéters, des olives nasales, des turbulences *spécifiques* phonémiques (que j'ai récemment pu visualiser dans un film réalisé grâce à la compréhension spontanée et la générosité — que l'on aimerait trouver partout dans la communauté scientifique — du Département de physique générale de l'ONERA: *Turbulences phonatoires externes*), etc. Si j'en suis venu là, initialement, je n'en avais pas le projet. J'y ai été conduit — je viens de l'indiquer — selon la *logique propre* de ma recherche parce qu'il se trouve que, chez l'Homme, à la ventilation est associée la phonation. En effet lorsque j'ai mis au point mon hygromètre électronique pour la ventilométrie, j'ai constaté que, comme je l'ai déjà dit, l'appareil répondait dans le domaine des millisecondes or, comme on peut énoncer normalement environ 10 phonèmes par seconde, j'en suis venu à la V.A.P. A la Salpêtrière dans l'Institut de Stomatologie, nous avons examiné avec mon appareillage une patiente des Drs Benoist et Leydier qui avait un cancer nécrosant du palais: ses fuites nasales étaient de l'ordre de 350 ml mesurées à l'aide de mon ventilomètre et, quoique non muette, elle était inintelligible dans ses tentatives d'énonciation; un moulage endo-palatal révéla la présence de nombreux points de nécrose et, quoiqu'une première prothèse ait pu réduire les fuites nasales à environ 60 ml sans rendre pour autant l'intelligibilité verbale, une seconde prothèse obturant le palais criblé a rendu, dès sa mise en place *in situ* environ 92% d'intelligibilité à la patiente (non pas 100% parce que la patiente avait perdu l'habitude de parler). Le point qui retint mon attention — en fait qui me bouleversa — c'est que cette patiente me dit pour l'essentiel ceci: «Voyez-vous, Monsieur, je sais quel est mon état... Mais ce n'est pas cela qui me faisait du souci... c'était de ne pas pouvoir communiquer avec mon entourage». C'est alors que j'ai compris intensément que la communication entre les Hommes, et la communication verbale en particulier, jouait un rôle capital dans notre être et dans notre devenir et, en traversant les jardins

de la Salpêtrière pour prendre le métro me conduisant chez moi, j'ai pensé qu'il fallait trouver un moyen pour permettre à des mal-parlants et des muets de communiquer phoniquement. J'ai mis trois ans et demi environ pour réaliser avec l'aide d'un seul technicien un appareil de synthèse de la parole: le *dactylophone* (c'est ainsi que je l'ai baptisé); la version que je montre est le premier prototype que j'ai présenté lors d'une conférence devant l'Académie des Sciences. Fondé sur une méthode personnelle de traitement du signal microphonique, le dactylophone ne pèse que 1350 g en fonctionnement autonome, soit: 500 g d'électronique, 250 g de haut-parleur et 600 g de batteries. Avec 100% d'intelligibilité il est polyglotte sauf pour les langues tonales ou à accents pertinents; il est capable, étant phonémique de principe, de produire un nombre illimité de phrases. De surcroît l'appareil n'utilise que 27 touches dont 4 touches de gestion, ce qui rend sa manipulation aisée et, comme il possède un alphabet braille et que, par ailleurs, on peut l'associer à une téléimprimante, un muet aveugle peut communiquer phoniquement et scripturalement. Une nouvelle version du dactylophone pèse environ 800 g, et par branchement sur le secteur, autorise un échange conversationnel de durée illimitée. Si j'en ai les moyens matériels, je pense réaliser un appareil de moins de 500 g manipulable d'une main, disposant aussi d'un branchement sur le secteur et, pour les muets, les touches seront éclairantes de façon à rendre le dactylophone utilisable dans l'obscurité. On voit ainsi comment pourront être aidés des handicapés lourds privés de la parole, de la vue, d'un membre supérieur — voire manchots ou paralysés pour les mouvements des membres supérieurs, ce, par une autre version que je souhaite pouvoir réaliser et que je nomme le *podophone*.

L'avenir du GBM tel que je le perçois — ce que les organisateurs de cette Réunion m'ont demandé notamment —, ce futur me paraît aller dans un certain nombre de directions (et j'y ai déjà fait allusion notamment lors du Cours d'été international sur la Technobiologie avancée: NATO-ASI, Sijthoff & Noordhoff, Hollande, ser. E., n° 31, 1979, 710 pp.; d'autre part cet avenir m'avait particulièrement préoccupé lorsque j'ai fait partie de l'«Abstracting Board (Physics Working Group)» du Conseil de l'Union scientifique Internationale et que j'ai été amené à formuler le classement de la biophysique, de la physique médicale et de l'ingénierie biomédicale — cf. «Physics and Astronomy», Classification Schema-1977, American Institute of Physics).

Il est clair en premier lieu que, par définition, la découverte scientifique est imprévisible et qu'en conséquence l'alliance de la main-d'œuvre et de l'esprit-d'œuvre nous réserve d'heureuses surprises en GBM. C'est pourquoi d'une part le caractère évolutionnaire doit toujours être compris avec l'humilité que toute prédiction contient et qui correspond à ces révolutions silencieuses que sont les découvertes et inventions (souvent inattendues, c'est-à-dire qui nous surprennent). D'autre part, ces grandes lignes qui me paraissent privilégiées font de toute façon appel à une science avec conscience sans aucune référence possible à d'autres époques puisque la Biologie sera la science du XXI^e siècle — et nous sommes déjà au XXI^e siècle — et que les petits faits risquent, dans ces conditions de rétro-action positive, de devenir de grandes découvertes, voire de nouvelles sciences. De sorte que si nous ne sommes pas responsables du passé, nous avons le redoutable honneur de l'assumer pour construire un futur immédiat vivable et un futur lointain viable. Dès lors il faut nous pénétrer de ce que notre responsabilité comme technobiologistes et *biologiciens* est capitale, essentiellement parce que l'Homme est vivant et dépend du *bios* et que pensant — ou cherchant à l'être — il dépend du *logos*. Ainsi non seulement nous n'avons pas le droit de nous tromper, mais, plus encore, alors que tout est urgent et que nous devons contribuer tant à éponger le passif qu'à gérer l'actif, nous n'avons pas le droit de nous tromper de direction.

Il me semble que le problème des handicaps est *princeps* et il prendra une dimension de plus en plus grande parce que nous vivons de plus en plus la civilisation des traumatismes et de moins en moins celle des maladies, et aussi parce que les vitesses relatives d'évolution des civilisations font que le décalage entre les différentes ethnies, voire entre les personnes à l'intérieur de chaque ethnie, risque d'aller en divergence accentuée. Il y a donc des individus handicapés et il y a des ethnies handicapées. Je voudrais cependant sur ce dernier point attirer l'attention sur une convergence remarquable que j'ai trouvée entre des processus informationnels apparemment extrêmement éloignés les uns des autres : les Kwoma, population de Nouvelle-Guinée, utilisent un langage tambouriné sur tambours de bois, lequel langage est uniquement codé en fréquences et ressemble en conséquence au *seul langage compris par le cerveau* humain en particulier, celui des trains de potentiels d'action nerveux (dans le cas de l'audition un codage en amplitude est à considérer); ceci ressemble au codage binaire des ordinateurs électroniques

ou fluidiques. Cette convergence n'a pas manqué de m'intriguer parce que d'évidence les Kwoma ne connaissent ni Boole ni les potentiels d'action nerveux, Boole ne connaissait vraisemblablement pas les Kwoma et certainement pas les potentiels d'action nerveux... L'explication que je donne de ce fait est que lorsque la Nature a à résoudre un problème numérique complexe, elle passe en binaire. Ce qui représente la modalité la plus simple de codage. Ainsi les Hommes conservatoires que sont les Kwoma nous aident à comprendre une procédure générale qui, à la limite, pourrait être considérée comme une loi naturelle. De sorte que les ethnies panchroniques constituent des maillons essentiels non seulement pour retrouver le chemin de nos origines mais encore pour mettre en évidence un certain nombre de phénomènes invariants — que l'on peut nommer des universaux — et qui restituent à la multiplicité des ethnies, à leur caractère local, leur signification globale.

En conséquence les Droits de l'Homme compris comme respect mutuel de la personne humaine relèvent d'une logistique du très concret quotidien et, si l'on me permet, de la physique de la métaphysique. On peut mesurer la distance qui nous sépare, des humanités au sens classique aux humanités explorées — et incluant les humanités classiques — de notre actuelle présence d'esprit, de notre présence d'être.

Il en résulte que le problème du Tiers-Monde doit être repensé en des termes nouveaux. En premier lieu le Tiers-Monde n'a pas une localisation géographique seulement: il y a des éléments du Tiers-Monde — et même du Quart-Monde — dans nos Pays scientifiquement évolués et c'est donc le problème de l'éducation, de l'instruction et de l'instruction et de l'éducation sans cesse qui doit représenter un des éléments majeurs de l'humanisme contemporain. C'est notamment tout le problème du transfert des technologies lequel doit tenir compte de l'hétérogénéité des mentalités ethniques, des sols sur lesquels vivent les peuples, des climats, des endémies qui les contingentent. Il faut lire à ce sujet l'ouvrage plein d'idéalisme réalisateur qu'est l'«Histoire d'un marais algérien» d'Edmond et Etienne Sergent (Institut Pasteur d'Algérie, 1947). D'authentiques pasteuriens! et qui rejoignent tous ceux qui ont combattu les formes invisibles du mal qui désertifie, ceux des paludes ici, d'irrigations là. Dans le cadre de notre Réunion je n'ai pas l'intention de traiter des problèmes de *Biotechnologie* qui concernent l'alimentation, ceux de la chimiothérapie, du génie génétique ou encore de ce que j'ai décrit dans *Psyché, soma, germen* (Gallimard, 1968): le génie embryo-

logique. Je veux m'en tenir à la *Technobiologie* qui s'occupe des instruments, des mesures des fonctions vivantes, des prothèses, mais il est clair que Biotechnologie et Technobiologie iront de plus en plus de concert puisqu'elles ont le même projet d'agrandir notre temps de vie, d'aménager notre espace de vie, éventuellement de certifier que l'Homme est réellement un relais évolutif. Et non seulement pour les maladies particulièrement tueuses d'Hommes comme celles qui affectent l'appareil cardio-vasculaire — pour lesquelles à la fois une modification du mode de vie (par la robotique?) et de meilleures méthodes diagnostiques (plus fines, plus précoces comme il doit en aller pour les cancers) devront voir le jour. Des interférons à la cryochirurgie, la distance n'est pas plus grande que de la prothèse épistémologique à retombées sociales qu'a été le microscope aux problèmes démogéniques. Pasteur, par la diversité de ses travaux, nous a montré combien précisément les interconversions d'informations jouaient un rôle fondamental mais il n'avait pas, à son époque, les moyens d'indiquer que ce décloisonnement selon une logique et une imagination rigoureuse représentait la condition de notre survie. L'intercompréhension des Hommes implique non seulement l'édification d'un réseau de communications, mais encore et surtout une humanisation plus poussée de chacun: *toujours plus de conscience, toujours plus de connaissances*: nous n'en aurons jamais assez pour lutter contre des facteurs que nous ne contrôlons pas encore et qui peuvent nous conduire à la disparition, parce que l'Homme n'est pas à l'abri des processus évolutifs qui ont d'une part conduit, certes, à la création de nouvelles lignées mais d'autre part à la disparition d'autres lignées apparemment solidement établies depuis des millénaires sur Terre. Il faut bien comprendre que nous n'aurons jamais assez d'intensité efficace, comme on le dit d'un courant électrique, pour que, parmi tous les périls qui nous menacent, nous échappions à notre extinction. Dans le cadre de ces problèmes de communication, celui de la parole est une chose et celui du mensonge — disons le problème posé par les langues d'Esopo — en est un autre mais ils sont tellement intriqués, hélas! que nous rejoignons l'obligation éthique, maintenant que nous avons sensibilité pour les interrogations d'ordre pratique.

La solitude et la souffrance du handicapé lourd comme du handicapé léger, n'est-ce pas la forme exacerbée du handicap qu'est notre «faible entendement» et qui nous fait obligation de coopérer par-delà les idéologies génératrices de fanatismes? La science introduit dans notre

construction du monde non seulement des faits nouveaux mais la méthode qui lui est propre, relativisant la pensée par la pensée.

Désormais l'intelligence ne suffit plus, il faut y adjoindre le jugement, le raisonnement et la pratique comparatiste du concret et de l'abstrait. A ce propos il faut que chacun établisse la relation qu'il y a entre les résultats biomédicaux du vol «Apollo» de la NASA, les projets en biologie et médecine spatiale de la NASA, de l'Agence spatiale européenne, etc, le micromanipulateur de Fonbrune, le génie mécanique en milieu peu accessible et l'aide aux handicapés sensoriels et moteurs. Si des techniques de la chimie pour obtenir des matériaux compatibles de hautes performances sont évidemment associées au développement remarquable des organes artificiels, si les méthodes de la physique (depuis les microprocesseurs jusqu'à la tomographie à positrons qui doit permettre de suivre non seulement l'état des structures, du cerveau notamment, mais encore l'état du métabolisme) perfectionnent diagnostics et traitements, il est certain que dans l'avenir, c'est-à-dire tout de suite, trois directions prendront un développement considérable, sans compter celle des alliages superplastiques :

I. — Dans le domaine des mesures en fonction de la substitution opératoire de l'électronique digitale et analogique à la mécanique, l'optoélectronique, l'imagerie échographique et nucléaire, l'électromagnétisme et les méthodes associées de la géométrie différentielle et de la thermique, notamment des fluides, se développeront avec la préoccupation de persévérer et d'illustrer le principe énoncé : *méthodes non traumatiques pour le sujet et non perturbatrices pour la grandeur à mesurer*;

II. — Dans le domaine de l'informatique et de l'automatique nous devons nous attendre à de prodigieux progrès. Nous venons à peine de vivre la révolution du microprocesseur que déjà le vidéo-disque permet de stocker 4.10^7 bits par centimètre carré avec une durée de vie en atmosphère neutre supérieure à 10.000 ans (songeons que le papier offre une densité de stockage de 2.10^3 bits par centimètre carré avec une durée de vie dans les bibliothèques de l'ordre de 500 ans...). Il ne suffit plus seulement donc de communications en vidéo-magnétique légère entre personnes handicapées et leur entourage. On envisage d'ailleurs l'utilisation de la supra-conductivité, mettant en œuvre l'hélium liquide, pour les futurs ordinateurs travaillant avec des jonctions Josephson, de sorte que l'information verra son pouvoir accru considérablement, sur-

tout par le truchement hertzien pulsé et distribué: la montre individuelle notamment laissera la place à un radio-récepteur. Dans ces conditions les problèmes d'archivage des données cliniques, épistémologiques, ne poseront pratiquement plus de problème d'encombrement et, si l'on veut systématiser la télématique hertzienne, le seul encombrement que l'on risque est celui des fréquences, mais le proche avenir usera de liaisons nocturnes en crêneaux alternativement entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud de notre planète, de sorte que les flux transfrontières de langages, d'informations, de données, circuleront à une vitesse qui, pour notre capacité d'intégration nerveuse, pourra être considérée comme quasi instantanée. Si dès lors les méthodes de contrôle sont automatisées, si — et déjà les «Bottins» électroniques fonctionnent en Bretagne — demain ou après-demain nous allons vers la disparition, au niveau grand public, non seulement des livres mais des journaux — les bibliothèques continuant à conserver les formes les moins périssables des documents faisant foi, alors:

III. — au terme de notre périple, nous voyons de nouveau apparaître la problématique d'une nouvelle crainte, ce que l'on appelle le choc du futur: les relations nombre total d'êtres humains/nombre total d'enseignants de valeur, nombre total des êtres humains/capacité d'accueil et de traitement médical, nombre total d'êtres humains/ressources alimentaires, nombre total d'êtres humains/densité des distributions des matières premières, accroissement du nombre d'êtres humains/accroissement de la longévité... Aucun des grands systèmes philosophiques ne nous a préparés à l'état de fait qui est le nôtre. C'est pourquoi cette réinsertion sociale, donc psycho-socio-économique, d'un monde stationnaire et linéaire dans un monde en rétroaction positive sur une porteuse exponentielle lance un défi à tous qu'il nous revient de relever sans faiblesse: réhabilitation de l'Homme.