

# **Prolégomènes à la Prospective Technologique**

Pierre GONOD

Extrait d'Analyses de Systèmes Vol XV, n° 2, juin 1989

# La technologie générale

## Prolégomènes à la Prospective Technologique

**Pierre F.Gonod**

### Résumé

La réflexion part d'un constat préalable : l'insatisfaction de la prospective technologique. L'étude comprend 3 parties :

1. un tour d'horizon de la question
2. des questionnements résultant de ce premier examen, qui a permis de privilégier deux problèmes essentiels de la prospective, le globalisme qui en est un des fondements, les structures et l'analyse de systèmes ;
3. des propositions dérivées pour développer la prospective technologique.

*Dans la première partie la conclusion qui se dégage est qu'il faut articuler analyse des systèmes, théories économiques et méthodes de la prospective pour permettre les progrès de celle-ci.*

Dans la seconde partie le questionnement porte en premier lieu sur les composants nécessaires du **globalisme**. D'abord la technologie, les différentes conceptions de sa compréhension, et leurs conséquences pour l'approche de la

prospective. L'économie ensuite. Le questionnement de l'économie est centré sur les cycles longs de l'économie et de la technologie, les «lois» de l'économie, leur caractère relatif, l'articulation des logiques de création, d'innovation, de diffusion et de transfert technologiques, l'appréciation de la logique industrielle actuelle, la thèse de l'économie cognitive. Ce questionnement aboutit à dégager les principes essentiels et conditions que l'économie politique doit remplir pour être une composante majeure de l'entreprise interdisciplinaire que la prospective requiert.

La philosophie enfin. Le questionnement philosophique porte sur la thèse de la dématérialisation comme caractéristique du système technologique émergent, la discussion de cette thèse amène à suivre les métamorphoses de la technologie dans la société, et en définitive les représentations du monde, explicites ou implicites, dont le prospectiviste ne peut faire abstraction.

Le questionnement porte en second

lieu sur les **structures** et **l'analyse de système**. Les deux questions sont liées à travers l'examen de la méthode de constitution des matrices d'analyse structurelle qui sont la base de la pratique de la prospective authentique. On s'interroge sur la signification de ce que l'on fait du point de vue des rapports entre le système et sa structure, de la distinction entre les propriétés et les variables, de la potentialité de la dynamique des systèmes et de sa remise en perspective sous la double influence de progrès de la réflexion cybernétique et de la dialectique complexe. Cette analyse abstraite permet cependant d'en dégager la signification et *conclusions pour la prospective générale*.

1. Geneviève Schmeder, *Prévision technologique, rétrospective critique*, Futuribles, no 124, septembre 1988.

2. Pour un bilan détaillé des succès et échecs de la prévision scientifique et technologique, voir Pierre Pa-pon. *Pour une prospective de la science, Recherche et technologie : les en/aux de l'avenir*, Seghers, 1983.

3. A.L., Porter, F.A. Rossini, J. Eshelman-Bell, D. Jenkins, DJ. Cancelleri, *Industrial Robots-A strategic forecast using the technological delivery System approach. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, july-august 1985.

4. Wheeler and Shelley, *Toward more realistic forecasts for high-technology products. Journal of business and industrial marketing*, summer 1987 (volume 2, n° 3).

Les questionnements sur les différents plans amènent à de premières réponses conceptuelles et opérationnelles sur les outils complémentaires et nouveaux à créer pour une prospective de la deuxième génération.

La Sème partie reprend les analyses et propositions concernant la technologie générale pour développer les *méthodes de la prospective technologique*: Il est suggéré de compléter les instruments actuels par une batterie de nouveaux outils.

La conclusion est que pour dominer la complexité croissante il faut des instruments plus complexes qui puissent prendre en compte les différents plans, et organiser concrètement l'interdisciplinarité nécessaire. Une tentative est faite dans ce sens. Elle se traduit par un «mapping» des modules et de leurs composants qui devraient entrer comme données ou programmes dans la démarche prospective. Les plans à traiter étant trop nombreux pour être traités simultanément par le cerveau humain, qui pourtant ne fonctionne pas séquentiellement, il est suggéré d'explorer les capacités de l'informatique récente pour disposer du concours d'un instrument puissant, mais qui évidemment ne peut être un substitut à la réflexion conceptuelle.

L'importance des nouveaux champs à couvrir justifie, par ailleurs, le *projet*

## **Prolégomènes à la prospective technologique**

La prospective technologique laisse sur une insatisfaction. Une nouvelle fois le constat en a été fait récemment par Geneviève Schmeder <sup>1</sup>. Aux exemples relatés d'incapacité d'envisager les développements futurs, et, partant, d'agir éventuellement sur eux, on peut en ajouter bien d'autres <sup>2</sup>. Ainsi nul n'a réellement dans les années 60 pensé les développements que l'informatique allait introduire. Plus récemment l'essor de la robotisation aux USA a été largement surestimé par l'équipe du Georgia Tech Institute dans des scénarios par ailleurs non sans intérêt <sup>3</sup>. Dans le secteur de pointe de l'informatique elle-même les prospectivistes se sont «plantés» dans l'anticipation de la diffusion des ordinateurs personnels, ce qui n'a pas été sans préjudices pour nombre d'entreprises, et non des moindres <sup>4</sup>. Une première remarque : les exemples précédents concernent des niveaux différents, un secteur d'activité, une technologie générique, un produit ainsi que des «moments» différents de la technologie, la création, le développement, la diffusion. D'où une première question :

La prévision porte-t-elle sur tous les niveaux et les phases de l'édifice technologique ? Question préalable qui à son tour en soulève bien d'autres. L'enjeu des conjectures de l'avenir technologique est résumé par G. Schmeder : «tenter de prévoir les formes futures du progrès technique, c'est se donner en partie les moyens de l'orienter, c'est aussi tenter d'en supputer les conséquences bénéfiques ou fâcheuses». L'amélioration des méthodes de la prévision et de la prospective technologiques n'est donc pas

un exercice académique sans conséquence, elle subordonne toute tentative de maîtrise sociale de la technologie, c'est pourquoi au-delà du constat de la médiocrité des résultats observés dans ces domaines il faut essayer d'en cerner les raisons et aller au fond des problèmes.

## 1 — Un premier tour d'horizon

Bien qu'il existe entre elles des liens étroits, il faut cependant distinguer, en général, prévision et prospective, et il ne faut pas imputer à celle-ci toutes les faiblesses de celles-là. La prospective ne détermine pas l'avenir de façon probabiliste, au lieu d'un avenir unique et fatal, elle envisage des futurs possibles, et, à l'intérieur de ceux-ci, elle permet de positionner des futurs souhaitables. Elle éclaire ainsi des choix en vue de l'action en traçant des avènements nos éluctables, des bifurcations normatives et les voies et moyens de leur réalisation et de leur cheminement. Michel Godet a résumé comme suit ces différentes<sup>s</sup> :

- *Prévision*

Vision : parcellaire «toutes choses égales par ailleurs» ;  
Variables : quantitatives, objectives et connues ;  
Relations : statiques, structures constantes ;  
Explication : le passé explique l'avenir ;  
Avenir : unique et certain ;  
Méthodes : modèles déterministes et quantitatifs (économétriques) (mathématiques) ;  
Attitude face à l'avenir : passive ou adaptative (avenir subi).

- *Prospective* •

Vision : globale «rien n'est égal par ailleurs» ;  
Variables : qualitatives, quantifiables ou non, subjectives, connues ou cachées ;  
Relations : dynamiques, structures évolutives ;

Avenir : multiple et incertain ;  
Méthodes : analyse intentionnelle, modèles qualitatifs (analyse structurelle) et stochastiques (impacts croisés) ;  
Attitude face à l'avenir : active et créative (avenir voulu).

On retiendra ces distinctions comme cadre de référence.

S'agissant de la **prévision technologique**, il est incontestable qu'il a existé et existe une importante activité. On a pu recenser une centaine de méthodes créées à cette fin. Mais il est moins assuré qu'il existe une **prospective** conforme aux critères établis par M. Godet. Ainsi P. Papon traitait en 1978 seulement de la prévision technologique<sup>6</sup> et en 1983 il use de la formule de «réflexion prospective sur révolution de la technologie»<sup>7</sup>. Entre la prévision dans l'impasse et l'inaccessible prospective sont apparues successivement deux activités :

«l'évaluation» et la «vieille technologique». Ce phénomène n'est pas sans signification. Après avoir constaté que les techniques de prévision n'avaient pas réalisé la «percée» attendue, P. Papon notait que le centre d'intérêt se déplaçait vers «l'évaluation technologique», c'est-à-dire à l'estimation de l'incidence potentielle des techniques nouvelles sur la société qui nécessitait de restituer l'effort de réflexion dans un contexte socio-économique et géopolitique. Ce recentrage tient à une conjonction de raisons : la crise économique et sociale des pays industriels, les inquiétudes suscitées par les technologies nouvelles sur l'emploi, le poids financier croissant des grands programmes technologiques et le désenchantement suivant une période de croyance mythique dans le pouvoir de la science et de la technologie à transformer la société, la prise de conscience d'une partie de l'opinion des grands risques industriels et des désastres écologiques. Avec l'évaluation la prévision technologique prenait ainsi une *dimension politique*, au sens le plus général du terme. Une opportunité s'ouvrait

5. Michel Godet, *Crise de la prévision, essor de la prospective*, PUF, 1977.

6. P. Papon, *La prévision technologique dans le Traité élémentaire de prévision et prospective* sous la direction de André-Clément Découfle, PUF, 1978.

7. Document cité réf. 2.

donc de reconnaître la technologie comme un construit social et de faciliter la démocratisation du processus de prise de décision. Sans être négatif le bilan reste, là aussi, très mince. D'autant que le «technology assessment», à peine né allait être soumis aux distorsions des pouvoirs politiques et des institutions pour lesquels sa récupération permettait de justifier les décisions prises ou les projets soumis à financement. A d'autres périodes la manipulation des taux d'actualisation remplissait la même fonction d'alibi ou d'artifice. L'interprétation sociale de l'émergence de l'évaluation est éminemment critique. Il ne s'agit plus de s'en remettre «à la main invisible» pour décider des choix technologiques majeurs et des investissements en R et D, il faut éclairer ceux-ci par leurs implications et conséquences. L'évaluation est ambivalente. Elle peut aussi bien porter sur l'appréciation d'activités techniques passées que sur celles projetées. S'attachant aux relations technologie-société, elle embrasse un champ plus large que la prévision courante. On n'a pas suffisamment insisté sur le *changement de dimension intellectuelle* qu'impliquait l'évaluation par rapport à la prévision technologique. Evaluer soulève les questions du choix du modèle théorique de référence, des différentes méthodes de mesure du progrès technique, de la taxinomie des changements techniques, de la stabilité et la régulation des industries, des effets d'entraînement de l'innovation, du niveau de l'évaluation, du choix du nombre et de la signification sociale des critères retenus pour une évaluation «ex-post» ou «ex-ante». Il s'agit donc bien d'un changement intellectuel qualitatif qui a la signification d'un dépassement (on reviendra plus loin sur le questionnement qu'il suscite). Mais pour que ce dépassement soit réussi il aurait fallu qu'une base solide d'un corps méthodologique de la prévision technologique ait été disponible et qu'aient été forgées les méthodes permettant d'intégrer les nouvelles dimensions et d'opérer la plus grande complexité. A défaut le dépassement devînt une fuite en avant.

8. George Archier et Hervé Sérieyx, *L'entreprise du 3e type*. Seuil, 1984.

9. M. Godet, *Prospective et planification stratégique*, CPE Economica, 1985.

Avec les avatars de l'évaluation on rejoint les problèmes de fond pour établir une méthodologie de la prospective technologique.

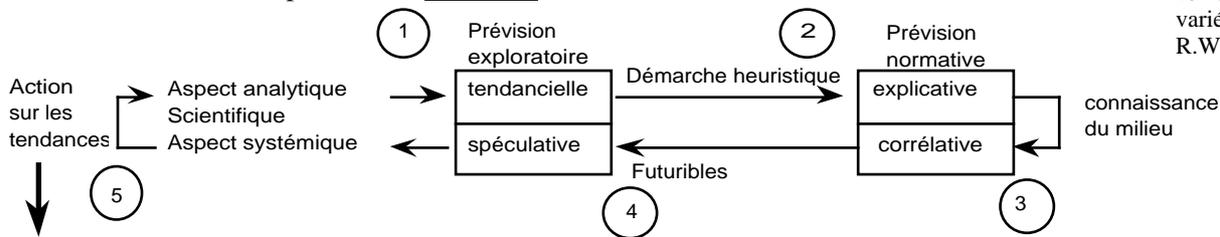
Dans ce contexte la pratique de la «**vieille technologique**» a la signification d'un repli réaliste aussi bien que la reconnaissance de l'échec de la prévision et de l'évaluation. Face à l'incertitude de révolution, à la compétition internationale sauvage et à la rapidité du changement des techniques, la seule certitude est qu'il faut être constamment et rapidement informé sur les projets et réalisations des autres, que ce soit dans l'industrie ou dans le domaine militaire. Ainsi ont été formalisées des pratiques de management incluant la vieille technologique<sup>8</sup>. «Mieux que la prévision», le «temps à quatre vitesses» est une approche où la veille technologique est partie d'un «business intelligence system» branché sur l'immédiat. Les autres vitesses sont un plan à trois-cinq ans, des scénarios à dix-quinze ans, une volonté d'existence, un projet d'entreprise à très long terme. On notera le retour en force de la prospective, tout au moins pour les grandes entreprises, après une période de discrédit qui a frappé la prévision générale impuissante à anticiper la crise économique et sociale. Ce phénomène s'explique par la durée de la crise conduisant à la recherche d'issues et d'autres approches. La «planification stratégique de l'entreprise»<sup>9</sup> résulte de cette demande.

La veille technologique qui s'est imposée sous le joug des nécessités et des possibilités réelles pourrait être la base logistique d'un nouvel effort de réflexion de la prévision et de la prospective technologiques. Comment, au demeurant, faire des prévisions sans disposer d'un inventaire systématique des connaissances technologiques ?, comment faire de la prospective sans identifier les programmes de développement qui vont exprimer la stratégie des acteurs ? Le repli obligé peut donc être salutaire en permettant la collecte d'une information indispensable, à condition toutefois de ne pas être effectuée

seulement au sein des grandes entreprises<sup>10</sup>. utilisées et évaluer leur adéquation à la *L'existence d'une base organisée* complexité du système technologique. Le *d'information technologique est une* livre de R. Saint-Paul et P.F. Ténrière-*condition permissive de la prévision. Malgré* Buchot, bien que paru en 1974, continue *l'importance de ce préalable l'essentiel n'est* d'être l'indispensable guide de lecture<sup>12</sup>. On *pourtant pas là.* ne résumera pas ici la description des

Il est clair que ni les *découvertes* différentes méthodes disponibles mais on *scientifiques*, ni *l'innovation technologique* rappellera des jugements qui ont résisté à *majeure*, ne peuvent être prévues. l'épreuve du temps et qui fournissent des *clés* Affirmation qu'il faut cependant un peu *explicatives* aux difficultés rencontrées. nuancer dans la mesure où sont connus les Ains, après avoir passé en revue les programmes de recherches qui donnent, pour méthodes existantes, les auteurs estimaient le moins, une indication sur les orientations que «la prévision technologique, dans son suivies<sup>11</sup>. Par contre le développement des sens le plus complet, doit être une synthèse à technologies existantes, leur diffusion, leur partir des démarches exploratoires et transfert, les domaines d'application des normatives». Le *schéma suivant* décrivait les grandes techniques, l'émergence de phases de cette synthèse. On peut l'inter-nouveaux sous-systèmes, l'innovation par préter comme la recherche d'un mécanisme «invasion» du secteur, les transformations intégrant différentes méthodologies du système technologique dans son indispensables mais, prises séparément, ensemble, sont certes difficiles à cerner mais réductionnistes par rapport à une réalité plus les mécanismes qui les régissent *ne sont pas* complexe. En d'autres termes la «variété» de *incompréhensibles*, et par là-même ne méthodologies séparées est trop faible pour paraissent *pas impossibles à anticiper.* opérer celle du système technologique<sup>13</sup>.

Il est alors intéressant de procéder à une lecture rétrospective des méthodes



10. D'où l'importance de fonctions assumées en France par un organisme comme le CPE.

11. Ainsi il était imprévisible qu'en Octobre 1986 Alex Muller et Georg Bednorz du Zurich Research Center d'IBM découvrieraient des céramiques avec des températures de transition de la superconductivité jamais obtenues jusqu'alors. Mais l'événement n'était pas improbable, le principe scientifique en était connu depuis longtemps et les programmes de recherche inventoriés. Mais la date de la découverte était imprévisible.

12. R. Saint-Paul et P.F. Ténrière-Buchot, *Innovation et évaluation technologique*. Entreprise moderne d'édition, 1974.

13. On retrouve ici la loi de la variété requise formulée par R.W. Ashby.

Saint-Paul et Ténrière-Buchot estimaient que «la mise en pratique de ce schéma ouvre d'énormes possibilités au prévisionniste, à la condition que les actions sur les tendances, qui permettent d'infléchir le système en fonction des volontés exprimées, soient rendues effectives...». En fait la synthèse et le mécanisme contenus dans le schéma peuvent être considéré comme une *voie de passage à l'analyse de système* dont les auteurs pensaient qu'elle était l'aboutissement et la synthèse de nombreuses disciplines et un point de départ de la prévision technologique. «C'est une troisième voie à l'approche méthodologique à côté de celle de Descartes (principe d'évidence, décomposition en parties élémentaires, synthèses et ordonnancement, généralisation en loi) ou de celle de Claude Bernard (observation, hypothèses, expérimentation, énoncé d'une loi, vérification)... Tout un problème de langage et de structure se pose donc présentement et notamment à l'informatique et à la logique. Des difficultés importantes voient par contre le jour à l'occasion de ces recherches : par exemple le problème des mutations ou créations parmi les éléments d'un système reste encore mal traité».

**Suite**



14. Voir P.F. Gonod, *Le système technologique*, dans le *Traité d'économie industrielle*, Economica, 1988.

15. Sur les perspectives de ces transferts voir P.F. Gonod, Notes sur le statut de la prospective. *Cahiers de la faculté des sciences économiques de Grenoble*, no 5, 1985.

16. Pour l'analyse de la crise de la théorie, voir Alain Cotta, *Réflexions sur la grande transition*, PUF, 1979.

17. Hugues de Jouvenel, décrit cette situation avec une pointe d'humour noir. «... le «corps» des prospectivistes s'est à la fois considérablement développé et dissout : les chercheurs et décideurs ont progressivement intégré la dimension prospective dans leurs réflexions et surtout leurs discours. Les «travailleurs du futur» se sont multipliés et diversifiés, la grande alliance d'antan ayant pour une large part éclaté du fait de la spécialisation progressive de chacun et de sa stratégie personnelle en terme de carrière et de pouvoir. Entre la position de «fonctionnaire-rentier» de plus en plus replié dans sa niche et privilégiant la «recherche fondamentale» sur l'action publique et la position de «consultant» courant le cachet, la marge est étroite pour les prospectivistes partisans d'une réflexion engagée sur le devenir collectif». *Prospective et Politique*, Futuriblesno 122, juin 1988.

18. Parmi l'abondante littérature produite on citera seulement quelques repères : Yves Barel, *Prospective et analyse de systèmes*. Documentation française, 1971. Joël de Rosnay, *Le Macrocopie*. Seuil, 1975. P. Delattre, *Système-Structure-fonction, essai d'analyse épistémologique, recherches inter disciplinaires*, maloine Doin 1971. J.L. Le Moigne, *La Théorie du système général, théorie de la modélisation*, PUF 1977. *La notion de système dans les sciences contemporaines*, publié sous la direction de J. Le Soume. Librairie de l'Université Aix-en-Provence, 1980.

*Quinze ans après que ces lignes ont été écrites, force est de constater que la situation n'a pas fondamentalement changé.* Paradoxe des temps actuels, la technologie reste largement une inconnue malgré l'importance qu'elle a dans notre société<sup>14</sup>. Quant à l'analyse de système elle a encore peu été réellement transférée dans l'approche prospective<sup>15</sup>. Pourtant au début des années 70 des progrès méthodologiques étaient prometteurs pour la prospective. La crise économique a interrompu ces progrès. Le

centre de gravité se déplaçait vers la compréhension de la crise en même temps que celle-ci ébranlait les théories économiques et sociales et marquait «la fin des certitudes et des paradigmes heureux»<sup>16</sup>. Le mouvement de retraite de la prévision, le désarroi théorique n'étaient pas propices, bien qu'elles eussent été particulièrement nécessaires, à des avancées méthodologiques de la prospective. Le statut des théories économiques et sociales et prospectivistes professionnels non plus<sup>17</sup>. Résultat, le «come back» de la prospective n'a pu s'appuyer que sur la base méthodologique établie au début des années 70. Moins contrainte la recherche sur les systèmes n'a pas été bloquée<sup>18</sup>.

Pour s'en tenir à deux exemples, P. Delattre dans son essai d'analyse épistémologique a permis de progresser dans l'entendement de quatre concepts fondamentaux dont «la signification exacte n'est pas encore atteinte par la conscience claire» : système, structure, fonction, évolution. De son côté J.L. Le Moigne a établi une théorie de la modélisation : la théorie du système général. Le «système général» ou «l'objet» est décrit en tant qu'ensemble actif, structuré, et en évolution. Il distingue l'action de l'objet sur un flux qui le traverse et l'influence de l'environnement sur l'objet sous forme de champ, par une approche génétique il en déduit une description des processeurs par niveaux d'élaborations : système opérant, système d'information, système de conception et un système de décision-sélection. Ces processeurs permettent une stabilité du

système par rapport à ses finalités. Le mode d'équilibration s'opérant par régulation ou par adaptation. L'évolution, elle, peut se faire par un processus de différenciation-coordination, soit par la différenciation des structures, l'appari-tion de processeurs supplémentaires, l'intégration de processeurs, la modification des frontières, ou par la coordination des fonctions. On est au cœur de la dialectique stabilité-évolution et on pressent la richesse de l'analyse pour la prospective.

*Malgré sa puissance descriptive, très faiblement utilisée par la plupart des prospectivistes, l'outil systémographique ne doit pas cependant conduire à l'illusion qu'il est le substitut de la théorie économique et sociale.* La représentation des phénomènes, celle de leurs interrelations, ne sont pas indépendantes du cadre théorique explicite ou implicite du systémographeur. Théories économiques et sociales et systémographie peuvent - et devraient — s'interfertiliser. D'un côté la théorie doit procurer une représentation explicite du système, des sous-systèmes, de leurs éléments et de leurs relations. De l'autre, la systémographie, dialectique par essence, analyse les inter-relations entre les phénomènes, les relations entre les parties et le tout, les rapports ontologiques, fonctionnels, révolution des structures. Elle devrait permettre réciproquement une nouvelle dimension dans l'analyse des systèmes socio-économiques. D'où les **conclusions provisoires** suivantes :

1. *Les progrès de la prospective, générale ou technologique, sont subordonnés à l'exigence de l'utilisation de l'outil systémographique*<sup>19</sup>.

2. *L'analyse des systèmes n'est pas un substitut à la théorie économique et sociale.*

3. *Il faut articuler analyse des systèmes, théorie sociale et prospective et créer des synergies entre ces trois domaines.*

Allons plus loin.

La prospective ne pouvant être que sociale et la technique étant une création sociale, la prospective technologique

La prospective ne pouvant être que sociale et la technique étant une création *sociale*, la prospective technologique

*sera envisagée selon la représentation* réflexions que l'on connaît de perspectives *qu'on a de la société et du positionnement* sans crise, sans conflits, ruptures ni escalas *de la technologie dans celle-ci*. On examinera donc plus loin les répercussions de différentes représentations générales sur la prévision et la prospective technologiques. L'analyse de système étant par constitution dialectique, sa qualité sera fonction de celle de sa dialectique. Il y a eu, et il existe encore, une dialectique simpliste. Ce n'est pas l'objet de cet article d'en retracer l'histoire et l'état actuel. La logique de la contradiction maniée par des hommes disposant d'un grand pouvoir n'a pas été sans conséquences, parfois dramatiques, dans l'histoire récente. Les prospectivistes n'ont pas été jusqu'alors dans une position de pouvoir qui leur confère des responsabilités directes, mais, à moins de perdre leur statut, ils sont — et doivent être — des dialecticiens. L'absence de dialectique a conduit aux

19. Conclusion partagée, notamment par Jacques Antoine dans son article *Pour une prospective du deuxième âge*, Futuribles, no 123, juillet-août 1988.

20. La représentation des contradictions antagonistes n'a sans doute pas été sans conséquence dans le drame du stalinisme, la révolution culturelle de Mao Tzedung, et le génocide cambodgien.

21. Exemple : les "réflexions 1985" du Commissariat du Plan publiées en 1965 qui, dans le fond, correspondaient bien à l'axiomatique dominante : les crises paraissaient reléguées au musée de l'histoire, les ruptures ne faisaient pas partie de l'univers conceptuel de l'époque, l'émergence d'un nouveau système technologique n'était pas envisagée.

22. Concept essentiel de F. Perroux en économie politique.

23. On notera avec intérêt des tentatives de renouvellement de la pensée dialectique dans le livre d'Henri Lefebvre. *Le retour de la dialectique*, 12 mots clefs, Messidor 1986, et l'ouvrage de Lucien Sève, *Une introduction à la philosophie marxiste*, 3e édition. Editions sociales 1960, où l'auteur développe, notamment, des propositions pour une théorie de l'antagonisme et du non-antagonisme. Dans une autre approche, J. Antoine montre comment l'analyse de doublets antagonistes doit s'insérer dans l'analyse de système et la prospective (réfl9).

Dès lors la question méthodologique se trouve subordonnée au cadre de pensée lui-même. Une pensée simpliste ne peut appréhender la complexité des grands systèmes, et notamment, le système technologique. Il n'y a pas d'échappatoire possible : seule une pensée complexe peut espérer appréhender et opérer la complexité du réel.

Voyons comment Edgar Morin pose le problème de la prospective :

Il faut pour concevoir le devenir historique, substituer une conception complexe à la conception simpliste régnante. La conception simpliste croit que passé et présent sont connus, que les facteurs d'évolution sont connus, que la causalité est linéaire, et, par là, que le futur est prédictible.

Passé —Présent—Futur  
 connu (connu) (connaissable ; prédictible)

En fait, il y a toujours un jeu rétroactif entre présent et passé, où non seulement le passé contribue à la connaissance du présent, ce qui est évident, mais aussi où les expériences du présent contribuent à la connaissance du passé, et par là le transforment.

Passé ————Présent

Ainsi... la connaissance du présent nécessite la connaissance du passé qui nécessite la connaissance du présent... il faut donc abandonner le schéma simplificateur apparemment évident.

Passé -\_\_Présent \_\_ Futur  
 Pour la conception complexe :  
 Passé ————Présent———Futur

Une telle conception... nous appelle à un grand et difficile effort, celui de faire entre-communiquer notre passé, notre présent, notre futur, de façon à constituer une boucle génératrice de connaissance plus lucide du présent et de projections suffisamment incertaines sur le futur. Pour cela nous disposons d'un instrument de liaison qui est la connaissance des principes de ce qui fait passer du passé au présent et du présent au futur, c'est-à-dire qui permettent de concevoir révolution historique.

... La réalité sociale est multidimensionnelle... c'est dire du même coup que tout ce qui est évolutif obéit à un principe polycasual. La causalité est une poly causalité où non seulement les inter-réactions s'entrecombattent, mais aussi où tout processus autonome produit sa causalité propre tout en subissant les déterminations extérieures... Enfin, les inventions, innovations, créations, techniques, culturelles, idéologiques, surgissent, modifient révolution, voire la révolutionnent. et font dès lors évoluer les principes d'action.

Il s'ensuit **une autre conclusion provisoire** :

• *La prospective de la «seconde génération» devrait être à la fois un des résultats et une des sources du nouveau discours de la méthode en voie d'élaboration. La «philosophie de la complexité»<sup>28</sup> qui émerge est un vaste mouvement de remembrement conceptuel, renouvelant l'épistémologie où la dialectique complexe est la base.*

*Ainsi une problématique de la prospective générale commence à se dessiner pensée complexe, où une dialectique enrichie articule la représentation systémique avec la théorie économique et sociale. La prospective technologique, sous-ensemble de la prospective générale, ressort de cette problématique générale.*

Le schéma suivant récapitule les caractéristiques des méthodes de prévision, d'évaluation, de veille technologiques, et symbolise les conditions requises pour la prospective technologique.

## 2 — Questionnement

Si l'analyse précédente n'est pas absurde, elle pose de redoutables questions : *La prospective technologique existe-t-elle ? peut-elle exister ? Si oui quelles méthodologies requière-t-elle* en regard de l'essai problématique précédent ? P. Papon est catégorique : «le statut épistémologique de la science et de la prévision technologique est

Les phénomènes à étudier sont le plus souvent complexes et interdépendants et une vision globale et systémique s'impose généralement. La réflexion prospective doit nécessairement être globale : il n'existe guère de problèmes qui puissent être isolés, et on, assiste au contraire à une montée de l'interdépendance des problèmes, voire à leur enchevêtrement croissant. Et on ne peut espérer trouver de solutions que globales, même si les points d'application de ces solutions sont locaux. En outre la complexité des éléments et des relations à prendre en compte et la nécessité de les mettre en une perspective globale rendent l'analyse particulièrement difficile. C'est pourquoi il s'avère nécessaire d'utiliser les méthodes inspirées de l'analyse de système : celle-ci permet d'intégrer dans la complexité de leurs relations, les processus de tous ordres, les enjeux, les conflits

précaire... Il n'existe ni problématique ni méthodologie éprouvées pour la prospective de la science et de la technologie»<sup>2</sup>. Ce qui au demeurant lui paraît avoir un intérêt relatif puisque «leur objectif n'est pas de déterminer un avenir de façon probabiliste mais d'éclairer des choix en vue de l'action». Cette remarque conduit à distinguer la prospective décisionnelle, ou du moins préparatoire à la décision, de la prospective cognitive, cette dernière étant la base de la première. Là aussi on ne voit pas bien la méthodologie de passage de l'une à l'autre, si ce n'est le processus de prise de conscience des problèmes et d'information collective déclenchée chez des décideurs participant à des exercices prospectifs. On s'en tiendra à la prospective cognitive. Si l'on doute du statut de la prospective technologique cela signifie qu'on met en doute en fait sa réalité, mais cela n'éclaire pas sur les possibilités d'une prospective véritable. Il faut donc revenir sur la catégorisation de la prospective générale, examiner ses implications sur les méthodes et instruments que devrait requérir la prospective technologique. On prendra pour référence les catégories de M. Godet

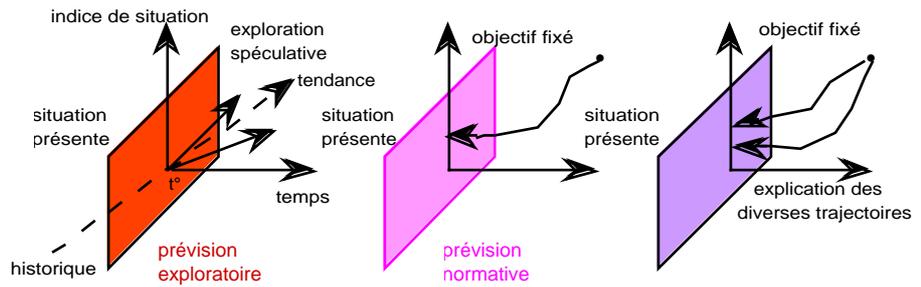
### A. Globalisme et prospective technologique

La vision de la prospective est *globale*, ce qui est un trait qui la distingue de la prévision qui est parcellaire.

# RECAPITULATION DES GROUPES DE METHODES

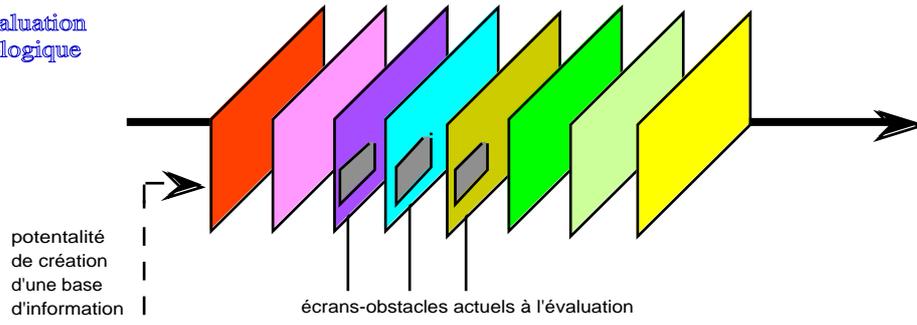
## L'ORDRE D'APPARITION:

### 1° la prévision technologique

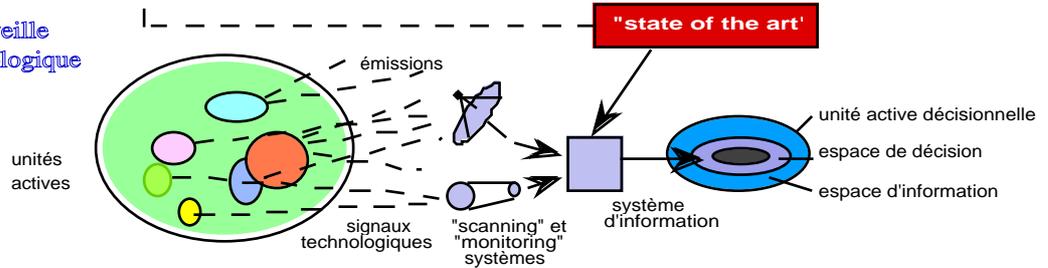


\*Source: Saint-Paul et Ténrière-Buchot

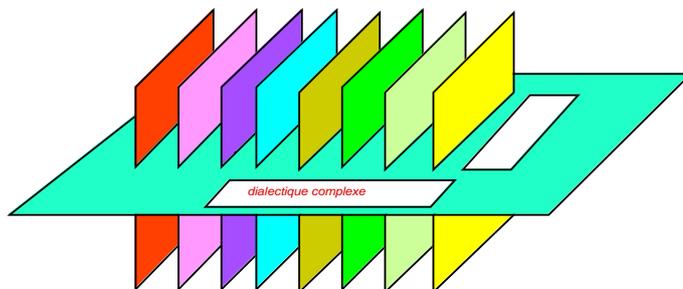
### 2° l'évaluation technologique



### 3° la veille technologique



### 4° conditions requises pour la prospective



P.F.G.89

26. Michel Godet, Sept idées-clefs, *dsms Prospective, prévision, planification stratégique*, Futuri-bles, no 71, novembre 1983.

Dès lors concernant la technologie les problèmes sont ceux de la largeur de l'angle de vision, de la profondeur de sa compréhension selon l'ampleur des champs, de la capacité et de la puissance des instruments de l'analyse de système pour saisir et traiter la complexité des éléments en interactions et permettre d'élaborer des futuribîes.

Le «globalisme» nécessaire pour la prospective technologique se situe à trois niveaux interdépendants : le système technique, son articulation avec l'économie, son positionnement dans la société.

### 1 — La compréhension du système technique : la largeur de l'angle de vision.

Selon la vision que l'on a du système technique on utilisera telle ou telle approche de sa prospective. Ainsi si l'on considère le système technique comme *autonomisé*, le choix se portera sur des méthodes de prévision qui reflètent l'endogénéisation de la création technique. Si, au contraire, on le considère comme un *construit social*, c'est à partir des perspectives de ce dernier que sera envisagée la prospective technologique. Il s'agit là de positions extrêmes entre lesquelles il y a place pour des situations plus nuancées. Mais, globalement et un peu caricaturalement, ces deux pôles de réflexion conduisent à considérer la société façonnée par la technologie (d'où la société post-industrielle, informatique...) ou, à l'inverse, la technologie façonnée par la société.

• Dans le premier cas la tendance sera d'envisager l'avenir technologique en soi, sa dynamique intrinsèque, et naturellement à privilégier l'extrapolation

des tendances passées. Ce qui suppose un avenir linéaire où le futur est une prolongation du passé. Toutefois à ces lignes de tendances peuvent s'insérer celles de nouvelles lignées technologiques anticipées par les prédictions des experts. Généralement, celles-ci ne partent pas des demandes de la société (*demande pull*) mais de l'apparition d'une offre technologique (*technology push*). L'anticipation de l'innovation technologique fait problème, notre époque n'en a pas le monopole, bien que le rythme particulièrement rapide des changements l'accroisse singulièrement. Problème incontournable. Pris ainsi, il est sans doute insoluble puisque la découverte scientifique ou technologique est, pour une large part, imprévisible. La masse des millions de scientifiques et techniciens existant dans le monde est une fabrique de connaissances, mais aussi, par un retour dialectique, d'in-certitude<sup>27</sup>.

• Dans le second cas, le primat sera les évolutions envisagées de la société qui subordonneront les perspectives technologiques. Dès lors cette approche renvoie à la méthodologie générale de la prospective. Mais elle soulève un autre problème, lui aussi incontournable : la représentation qu'on a du positionnement de la technologie dans la société, et la configuration de celle-ci. C'est une illusion de croire que la représentation systémographique est indifférente à la théorie économique et sociale. Par là même l'identification des variables des systèmes impliqués, et surtout, le jeu de leurs interactions dépendront du cadre théorique choisi. Ce choix est rarement explicite, il est cependant

27. A. Danzin, *La société façonnée par la technologie*, Progrès technique, 1984.

implicite, à moins qu'en raison de la débâcle théorique actuelle de la théorie économique et sociale <sup>28</sup>, le cadre ne soit inexistant, ce qui n'est pas plus rassurant.

Cette approche comporte des va-et-vient.

• Ainsi on peut considérer la technologie comme un construit social, et, en même temps admettre qu'elle a *des lois de composition interne dérivées des lois de la nature*. Ce qui modifie l'approche en incorporant l'étude de ces dernières, ses contraintes et degrés de liberté, et leurs imbrications dans le construit social <sup>29</sup>.

• Les travaux de l'E.C.T. introduisent l'hypothèse de la subordination des changements technologiques à la constitution et au maintien des cohérences internes des systèmes de production, exprimés en terme d'industrie <sup>30</sup>. Ici est introduite la notion d'auto-organisation <sup>31</sup> en vue de définir *l'indus-trie en tant que système autonome et auto-organisé*. Cette approche permet de distinguer les modifications profondes qui vont altérer l'auto-organisation de l'industrie (sa structure dans le sens courant) de celles qui vont se traduire par des modifications ou substitutions d'éléments sans que soit remis en question le schéma des relations entre ces éléments. En d'autres termes la technologie est un sous-ensemble de la logique de fonctionnement de l'industrie.

• Considérer la technologie et la société comme un *«tissu sans coutures»* amène dans la méthode prospective à ne pas séparer variables matérielles et acteur sociaux, mais un «réseau-acteurs» <sup>32</sup>.

Mais on peut aussi dans ce tissu identifier le maillage et différents fils. Ceci conduit alors à distinguer des acteurs dotés de buts, disposant de moyens d'action, limités par des contraintes, qui tiennent les fils du tissu et qui tirent le maillage selon leurs intérêts <sup>29</sup>.

Le schéma ci-joint résume les principales catégories de la compréhension de la technologie et leurs implications pour l'approche de la prospective.

Il est clair que ces différences reflètent des interprétations diverses de la globalité, des largeurs de ses angles de vision, des degrés de complexité des représentations, les profondeurs de champs de théories distinctes, certaines compatibles, d'autres non, que le prospectiviste utilise consciemment ou non.

## 2. Le questionnement de l'économie

La technique, comme matérialisation des lois de la nature médiatise les relations entre celle-ci et la société. Le système technique est un ensemble «physique» et «social» en interaction. La technologie entendue dans le sens large de «science des forces productives» <sup>33</sup> concerne l'analyse de cette socialisation à travers les formes et métamorphoses de la technique <sup>M</sup>.

A partir de cette problématique plusieurs champs sont à considérer :

a. *l'édifice technologique*, «inté-gron» <sup>35</sup> complexe de lois scientifiques, de principes technologiques, de propriétés et procédés, d'éléments, d'objets techniques, de technologies génériques et de sous-systèmes.

b. *les formes sociales de la technique* résultant de réchange et de sa logique d'utilisation : technologie «socialisée», «aliénée», «capitalisée», «incarnée» et de leurs combinaisons.

c. *les cohérences successives* de l'intégration de la technique dans les formations économiques et qui constituent des niveaux et des étapes d'une «socialisation» qui part du «désordre créateur» de l'invention pour aboutir à un «ordre».

Ces *niveaux de cohérences* sont : la structure technique «physique» de constitution, auto-organisée, l'innovation et son développement, sa diffusion .

28. Voir l'analyse de A. Cotta, doc. cité réf. 16, plus récemment concernant la situation de l'économie politique aux USA, voir l'article de R. Hornik et Me Carroll, *Knitting new notions* dans Time January 30, 1989.

29. P.F. Gonod, *La Technologie générale*, (le projet de l'encyclopédie systémique de la technologie) partie I, Analyse de Systèmes, no 4, 1988.

30. D. Foray et T. Boidart, Conceptualisation de l'industrie et des mouvements d'industrialisation : le choix théoriques. *Analyse de système*, volume XIII, no 3, septembre 1987.

31. Cette notion est utilisée par l'équipe lyonnaise selon le sens défini par H. Maturana et F. Varela dans *Autopoiesis and cognition* en 1980. Il faut noter pour éliminer des confusions éventuelles que dans les travaux de l'école chilienne, «l'organisation» est le nombre, la nature, les propriétés des composants concrets et qui sont en changement c'est-à-dire ce qu'on entend généralement en France par structure (voir la présentation du débat sur ce point au colloque de Cerisy. *L'auto-organisation de la physique au politique*, sous la direction de Paul Dumouchel et Jean-Pierre Dupuy, Seuil 1983)

32. M. Callon, Society in the making : the study of technology as a tool for sociological analysis in *the social construction of technological Systems*, M.I.T. Press 1987.

33. Selon la définition de André d'Haudricot-irt, *Z, a technologie science humaine*. La Pensée, no 254, nov.-déc. 1986.

34. L'analyse suivante résume en partie le chapitre «Formes et métamorphoses sociales de la technologie» de l'étude de P.F. Gonod, *La technologie générale* doc. cité réf. 29.

35. Mot forgé par François Jacob dans *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Gallimard, 1981.

compréhension de la technologie

<p>phénomène autonomisé la technologie façonne la société</p>	<p><b>construit soc</b> la technologie façonnée par la société</p>	
<p>univers déterministe</p>	<p>la technologie comme système ouvert</p>	
<p>Û la technologie se développe selon sa rationalité propre, en conséquence la société devient un système technicien</p>	<p>Û système à interfaces "physique" et "social" Û hypothèse d'un système physique auto-organisé existence de lois physiques de composition interne Û édifice technique structuré</p>	<p>Û système comprenant des variables physiques et sociales Û non considération d'un sous-système physique auto-organisé Û distinction variables internes et externes Û acteurs opérant le système technique et son environnement socio-économique</p>
<p><b>approche prévision</b> Û déductive et de caractère continu: extrapolations, prévision exploratoire prévision normative, explicative ou corrélative Û synthèse démarches Û inductive et de caractère discontinu: analyse morphologique</p>	<p style="text-align: center;"><b>approche prospective</b> théorie économique et sociale explicite ou implicite analyse de système possibilités de bâtir des scénarios technologiques</p>	
		<p style="text-align: center;"><b>approche sociologique</b> construction sociale de la technologie analyse empirique utilisation inconnue pour la prospective</p>

P.F.G.89

Des *catégories économiques* sont en correspondance avec les niveaux de cohérences : métamorphoses sociales de la technologie à travers les relations dialectiques de la valeur d'usage et d'échange ; résonance du marché ; stratégies d'acteurs dotés de projets et de moyens d'action ; management de la technologie, capacités de recherche et développement, inductions, rationalités économiques et techniques du «design» «scaling up» et «scaling down» innovation, économies et déséconomies d'échelles, taille des unités de production ; diffusion sectorielle de technologies génériques, innovation par invasion des secteurs, endogénie et exogénie des progrès technologiques, coefficients techniques des tableaux inter-industriels, découpage des activités économiques et tables des échanges techniques ; prise en compte de la technique dans les fonctions de production ; effets d'entraînement, mouvements des prix relatifs ; conflit-coopération et échange composite des transferts, droit de propriété et arrangements industriels ; capacités de survie ou à l'inverse vulnérabilité des unités actives micro et macro-économiques ; surfaces d'émission et de réception technologiques de celles-ci, correspondances des niveaux de complexité de la technique et de la formation de la main d'œuvre, barrières

de la complexité et des masses critiques de signification réelle<sup>38</sup>. Dès lors cela conduit à compétence ; inerties des systèmes de recherche d'au très voies de la modélisation. production et lourdeur des installations La «modélisation structurelle» est une de fixes, vitesse de rot. 'on du capital, durée et celles-ci<sup>39</sup>. Dans le fond il s'agit d'accéder à intensité des processus de transformation, la connaissance de la structure causale. C'est rythme de l'obsolescence, imposition des standards, courbes de vie des produits et des procédés, rigidités ou flexibilités de l'organisation du travail, capacités de diversification de la production offertes par les alternatives techniques et l'organisation de la production et du travail, productivité et rentabilités résultantes, etc...

Les articulations de l'économie et de la technologie sont multidimensionnelles. La liste ci-dessus, qui est loin d'être exhaustive, suscite des commentaires :

1. Ces catégories et concepts sont utilisés très partiellement par l'économie courante<sup>36</sup>. Et encore moins par l'économétrie, les limitations du quantifiable et celles de la formalisation accentuent le réductionnisme.

2. Le cloisonnement historique de la technologie et de l'économie a limité la vision des champs à couvrir. On revient de loin, le mouvement d'internationalisation de la technologie à l'économie est en cours, mais il ne faut pas se dissimuler le travail considérable qui reste à accomplir<sup>37</sup>.

3. Il faudrait dans le «fourre tout» de la liste précédente ventiler les items par niveaux d'articulation des cohérences de constitution, de fonctionnement, d'utilisation, et d'évolution-développement de la technologie, reconstituer les associations et chaînes de causalité, les boucles complexes, les nœuds où des variables sont surdéterminées, les mécanismes résultant des chaînages de processus stables ou instables, d'intensité et de durée différentes... Programme qui implique au moins deux conditions : avoir recours à une axiomatique ou une hypothèse générale préalable, disposer d'une «boîte à outils» appropriés.

4. La connaissance des mécanismes est indispensable pour spécifier un modèle dont on puisse dériver, formellement, une hiérarchie causale ayant une

5. Ce qui est en question est la capacité de l'économie politique d'élargir ses frontières<sup>40</sup> en embrassant le champ de la complexité et de se décroïsonner tout en renforçant son identité.

Immense question et grands enjeux. Un seul exemple pour revenir aux problèmes de l'articulation économie-technologie : on ne peut strictement rien comprendre au système économique actuel où la technologie est devenue une variable stratégique des jeux industriels avec une théorie économique qui en a chassé les relations de pouvoir. Incidemment on notera que la prospective sérieuse en incorporant explicitement les stratégies des acteurs fait implicitement un choix dans les théories économiques.

6. Autre question embarrassante mais inéluctable : les théories économiques admettent ou non l'existence de lois, la prospective fera là aussi nécessairement un choix. Anti-fatalité, le degré de liberté de son message normatif sera fonction de cette option. Quant à la technologie son construit social ne peut faire oublier ses contraintes. Les lois scientifiques et les principes techniques existent.

7. Dans cet ensemble de remises en cause il est utile d'effectuer un premier tri de questions pertinentes. On en a retenu quatre qui font problème pour la prospective : les cycles longs de l'économie et de la technologie, les lois économiques, les articulations de la création technologique à la réalisation d'un nouveau système, la dématérialisation des activités.

• *Cycles longs de l'économie et de la technologie*

Cette vieille question controversée posée à propos des cycles de Kondratieff et réactualisée par la crise économique prend une importance nouvelle par

36. Selon une expression de François Perroux.

37. Le GRECO d'économie industrielle a entrepris dans le cadre de la préparation d'un colloque sur la compréhension du système technologique et sa maîtrise sociale un travail systématique d'identification et de réflexion sur l'état et la contribution de la science économique.

38. Dans son livre «la causalité en économie, signification et portée de la modélisation structurelle, PUL, Lyon, 1985», Bernard Paulré rappelle justement l'apport majeur de H.A. Simon dans ce domaine.

39. B. Paulré (voir réf. 38) qui propose cette voie dresse un tableau comparatif des méthodes économétriques et des méthodes d'analyse structurelles qui n'est pas sans analogie avec le tableau des différences entre prévision et prospective établi par M. Godet (réf. 5). Ainsi alors que l'ambition des méthodes de l'économétrie sont prédictives, celle de la modélisation structurelle est explicative, alors que la structure causale est implicite pour l'économétrie, la recherche est explicative des lois de comportement d'un système par les structures sous-jacentes. La base sémantique diffère. Pour l'économétrie elle est constituée presque exclusivement de variables quantitatives et observables justifiées sur la base d'une certaine théorie économique tandis qu'il est fait un usage très limité de concepts ou théories relevant d'autres disciplines. Pour la modélisation structurelle elle repose sur la cybernétique et la théorie du contrôle, la régulation et les boucles, le recours à la pluridisciplinarité, à un nombre de variables non limité si ce n'est pour des raisons de transparence et de manipulation du modèle, les délais sont toujours et obligatoirement pris en compte.

40. Voir Albert Hirschman «Vers une économie politique élargie», les éditions de minuit, 1986.

le retour argumenté à l'intuition Schumpétérienne de l'existence d'une relation forte entre innovations et cycles longs <sup>41</sup>. Malgré les débats à ce sujet la discussion est loin d'être close. Parmi les hypothèses présentées une d'entre elles pourrait avoir une incidence particulière pour la prospective. Il s'agit du ralentissement du progrès technique. Selon Orio Giarini et André Loubergé :

«nous nous trouvons probablement dans la phase décroissante d'un long cycle de plusieurs décennies marquée par un ralentissement du progrès technique. On ne peut plus s'attendre, pour le proche avenir, à des percées comparables à celles de l'industrie aéronautique, des matières plastiques et des fibres synthétiques... tout cela met en évidence que la loi des rendements décroissants s'applique aussi à la technologie» <sup>42</sup>.

41. Le point de la question est fait dans l'article de Dominique Foray et Ehud Zuscovitch, «l'innovation entre la production et le système technique». *Traité d'éco-nomie industrielle*, Eco-nomica, 1988.

42. Orio Giarini et Henri Loubergé, *La civilisation technicienne à la dérive*, Dunod, 1979.

43. Voir les *Cahiers de l'I.S.M.E.A.*, série R, et l'article de Paul Boccard, «théories de la régulation et suraccumulation-dévalorisation du capital ?», *Issues* No 32, 3eme trimestre 1988 et no 33, 1er trimestre 1989

44. Voir l'œuvre de Fernand Braudel et particulièrement «l'identité de la France», Arthaud-Flammariion, 1986.

45. Guy Marchand, «les grandes tendances de l'histoire française», *Cahiers d'histoire de l'institut de recherches marxistes*, no 31, 1987.

A vrai dire l'hypothèse reste fragile, et bien que le raisonnement prospective soit révolution de la dernière décennie ne suggère dirigé vers le futur. Mais l'historio-graphie à pas une décroissance du rythme et des ses tendances propres. En un demi siècle elle rendements de l'innovation, pas plus au est passée de l'histoire totale à l'éclatement, à demeurant qu'une accélération de l'impérialisme de la spécialité, à de l'innovation durant la phase dépressionnaire nouveaux courants d'interprétation, à des du cycle. L'utilisa-tion de ces hypothèses tendances à la restructuration, à une nouvelle globales dans la réflexion prospective ne vogue de la synthèse. Ce mouvement de la peut être, dans l'état actuel, que très limitée. production historique obéit à des logiques interne et externe dont l'appropriation *La prospective technologique cumule des incertitudes : celle du cycle de l'économie, celle d'un éventuel cycle technologique et de leurs relations*. Elle n'en est que plus commémoration du bicentenaire de la nécessaire pour dégager des futurs Révolution française) <sup>45</sup>. Si «le passé prend son sens à partir du regard postérieur qui lui donne le sens de l'histoire» <sup>24</sup>, malgré son technologie passent par les mouvements souci d'objectivité, ce regard n'est pas neutre. d'accumulation et de dévalorisation du La mise en évidence ou non de cycles capital, et partant, dans leur régulation. Leur généraux et de cycles technologiques théorie est en débat <sup>43</sup>. La science associés, serait, ainsi qu'il a été dit, économique n'est donc encore guère importante pour la prospective. Mais il opérationnelle pour forger les grandes faudrait aussi, à l'intérieur du mouvement hypothèses d'évolution à long terme qui général, saisir les dynamiques spécifiques devraient constituer la logique extrinsèque des sous-ensembles et leurs effets des systèmes en interaction. Des avancées d'entraînement technico-écono-miques. La dans ce domaine seraient évidemment d'une détection de ces effets est à l'interface de la grande importance pour la prospective teclinique et de l'économie, c'est souvent générale et celle de la technologie. dans ces «no man's lands» que se trouve la La question des cycles longs est aussi un clé des développements <sup>2</sup>. Mais précisément ce terrain n'est occupé véritablement par pourront apparaître sous des éclairages personne car il implique un décroissement différents, le relief de révolution accentué ou disciplinaire. C'est un des problèmes atténué, selon que l'historien considérera la concrets de l'interdiscipli-narité d'organiser longue ou la très longue période <sup>44</sup>. La l'étude des interfaces.

réflexion prospective générale ou technologique n'y échappe pas. Les • *Les «lois» de l'économie* Vrai problème spécialistes des études prospectives estiment pour la prospective. Car si il y a des lois de que les trois quarts du temps de celles-ci sont l'économie elles induisent un déterminisme, consacrés à la connaissance du passé, si on en nie

l'existence des degrés de liberté se trouvent élargis. Dès lors convient-il d'interroger sur le caractère des lois de l'économie politique <sup>46</sup>.

Existe-t-il en économie politique des lois définies comme les lois physiques et naturelles ? «la loi - écrivait Claude Bernard - nous donne le rapport numérique de l'effet à la cause, et c'est là le but auquel s'arrête la science. Lorsqu'on possède la loi d'un phénomène, on connaît non seulement le déterminisme absolu des conditions de son existence .mais on a encore les rapports qui sont relatifs à toutes ces variations dans toutes les circonstances données». Les «lois» de l'économie politique, et d'une façon générale, celles de la société, présentent de profondes différences avec celles des sciences de la nature. Les différences épistémologiques résident dans la forme de l'expérimentation. On ne peut pas dans les sciences sociales isoler dans un modèle théoriquement construit un ou deux paramètres et ne modifier que l'un ou l'autre en ne laissant le reste du modèle inchangé. Ensuite une expérience sociale ne se commande pas. Elle advient. Et quand elle surgit elle n'est pas l'œuvre d'un savant. Contrairement au milieu physique qui fait preuve d'une grande stabilité dans le temps et d'une large uniformité dans l'espace, ce qui a pour conséquence que les lois de la physique, de la chimie, et même de la biologie, paraissent valables dans n'importe quelle région et à n'importe quelle époque, les mécanismes de l'économie sont sujets à variation, évolution, révolutions et incessante révision. Par ailleurs l'économie politique est un «département dans cette vaste province du savoir humain que forme la sociologie ou science sociale» (Pirou) d'où la difficulté de dissocier dans les entrelacs d'interrelations sociales les lois de phénomènes économiques. La découverte de celles visant à expliquer le mouvement des sociétés suppose un système de concepts permettant d'élaborer des représentations de la réalité sociale (exemples : les concepts de formation sociale, de mode de production, de classe sociale, d'état, etc...). Les relations de ces concepts entre eux, des éléments du système social considéré, définissent ses lois de fonctionnement (ex. rapport des forces productives et des rapports socio-économiques de production...). C'est ce système de concepts et de lois qui forme une théorie sociale. Ce qui conduit à distinguer les lois constitutives d'un édifice théorique (ex. le matérialisme historique) de lois isolées (ex. l'effet de King ou la loi de Engels). D'autres distinctions peuvent être faites. Ainsi présentant le Capital K. Marx explique que le but final de son ouvrage est de «dévoiler la loi économique du mouvement de la société moderne», cette loi apparaît la résultante des diverses lois primordiales qui sous-tendent l'édifice théorique, lois de la valeur, du profit, générale de l'accumulation, et de lois dérivées : loi de la baisse du taux de profit moyen dérivée de celle de la valeur, ainsi que des dérivées secondes : ex. théorie de la rente absolue en agriculture, elle même dérivée de la précédente... Des lois sont communes à plusieurs formations économiques, d'autres sont spécifiques du capitalisme. Des lois nouvelles apparaissent — condition et cause — de l'émergence d'une nouvelle formation économique et sociale ou d'une nouvelle phase de développement (ex. l'impérialisme et le développement inégal). Les thèses sur la «société postindustrielle» pratiquement jamais réunie, et où, en vérité et toutes ses variantes impliquent «rien n'est égal par ailleurs».

l'apparition de nouvelles lois de l'économie où «toutes les notions de base et les paramètres de référence (notions de valeur, de fonction de production, de capital, de patrimoine, de structure de la production et de la demande...) se modifient» <sup>38</sup>. On est encore loin de la compréhension de ces modifications, ce qui laisse le champ libre à une prospective aux fondements hâtifs. L'entendement de nouvelles lois éventuelles est difficile pour trois raisons :

. La première tient au caractère relatif et conditionnel des lois économiques qui s'exercent dans un milieu et un temps donnés où la condition «toutes choses restant égales» n'est

. La seconde est due au fait qu'à côté du mode de production dans une formation économique coexistent des fragments de modes de production antérieur (par exemple en agriculture l'agriculture paysanne à côté de l'agriculture capitaliste).

. La troisième raison est que le champ d'observation n'est pas seulement celui d'une réalité objective, mais le résultat de l'action qui exercent les opérateurs sociaux dotés de projets, de stratégies et de moyens d'action :

c'est-à-dire de la politique <sup>47</sup>. Les lois économiques sont constamment soumises à l'intervention de la politique, celle de l'Etat dans l'économie n'a plus un caractère accidentel. L'intensité

46. Cette partie résume un chapitre du cours d'économie rurale internationale professé par P.F. Gonoden 1986-87 à la faculté des sciences économiques de l'université de Grenoble.

47. Voir le livre de H. Lefebvre, réf. 23.

48. René Passet rappelle dans son livre *L'économie et le vivant*, Payot, 1979 l'opinion de Alfred Marshall : «l'économie est une science de la vie, voisine de la biologie plutôt que de la mécanique». Cette étude était rédigée quand j'ai pris connaissance de deux articles importants de R. Passet qui me confirment dans la direction de pensée développée dans la présente étude concernant l'économie politique et la prospective. Le premier, «prévision à long terme et mutation des systèmes économiques» (Revue d'Economie Politique n° 5 1987), propose une grille de lecture, rapproche par la complexité. Lare-connaissance de l'interdépendance, conduit à considérer que tout phénomène économique possède la triple dimension économique, socioculturelle et naturelle. A l'hypothèse cartésienne de logique, elle substitue l'ap-préhension du pluralisme et du conflit. Il s'ensuit que l'économie est faite d'un double série de flux réels, soumis à des logiques souvent conflictuelles dont la conjonction constitue un des facteurs essentiels des ajustements macro-économiques. La dynamique n'est pas celle d'un univers achevé mais soumis à un processus de continuelle auto-création, la coévolution résulte de révolution associée à l'interdépendance. La notion de seuil découle de la conjonction de révolution avec l'existence des niveaux d'organisation et des paliers d'intégration. Il s'ensuit que l'économie change de modèle, c'est à travers le franchissement de niveaux critiques à partir desquels se modifient profondément les mécanismes assurant la régulation et la croissance des systèmes économiques. Le développement n'est pas un mouvement de croissance quantitative à logique inchangée. Dans un second article, «que l'économie serve la biosphère» (Le Monde Diplomatique, août 1989), R. Passet montre que notre vision du monde a sensiblement évolué, elle est celle d'un monde complexe. Cette vision appelle une «économie multidimensionnelle, dynamique et coévolutive».

de ce bombardement, le plus souvent cation de la société, le temps des «certitudes désordonné, peut modifier les trajectoires. et des paradigmes heureux» (A. Cotta) La question se pose dans ces conditions de la durant les «trente glorieuses», la croissance maîtrise économique. D'un côté des lois continue (ou presque) du monde capitaliste, économiques, de l'autre, les hommes qui font le discrédit en tant que modèle mondial du leur propre histoire et ne sont pas extérieurs système socialiste, les blocages dogmatiques, aux lois qui surgissent de leurs activités. Les l'affaiblissement des grands débats classes sociales, les pays ne sont pas passifs théoriques, expliquent la rupture des fils devant les lois économiques. La recherche du conducteurs dans la compréhension des profit maximum, la lutte séculaire pour la phénomènes de la société contemporaine. réduction de la durée du travail, peuvent être C'est pourquoi *contrairement à la tendance interprétées comme la riposte à la baisse actuelle et aux courants à la mode, le retour tendancielle du taux de profit et la contre à la théorie s'impose plus que jamais pour tendance à la «loi d'airain» du capitalisme. comprendre le monde où nous vivons et Les succès économiques du Japon, démuni construire lucidement les futurs.* d'énergie et de matières premières, sont une mise en échec de la «loi des avantages • *L'articulation des logiques de création, comparatifs*». Il a surmonté cette loi en *d'innovation, de diffusion et de transferts* mettant en œuvre d'autres variables, la *technologiques* technologie notamment. La prise de II y a des relations naturelles d'ordre ; conscience de la loi entraîne l'action création, innovation, diffusion et transfert se politique, soit pour l'utiliser à son profit, soit succèdent. C'est par ces processus que le pour la combattre. C'est le résultat de ces système technologique se constitue. Ils combats historiques, de cette dialectique forment des entrelacs multiples. Des incessante qui est l'objet des observations. Il procédés et des produits techniques naissent, est donc généralement exclu de pouvoir d'autres disparaissent, des objets coexistent identifier à travers celles-ci le jeu d'une loi à pour un temps à diverses phases de leur vie l'état pur. C'est pourquoi les lois et ont des durées inégales. La «vitesse de économiques ont un *caractère tendanciel*, rotation technique» diffère selon les (voir le tableau annexé des lois, des activités, et à l'intérieur de celles-ci. Le stock tendances des politiques dans le cas de technologique est constitué de générations différentes qui subsistent tant qu'elles sont à L'interprétation de cet enchevêtrement entre l'intérieur des limites de tolérances des les lois et leurs effets contraires ne peut se cohérences du système. Ces mécanismes de faire qu'à travers un modèle théorique. Ceci création, de développement, d'expansion, de est inéluctable et redoutable, inéluctable, car dépérissement, de rétraction, de disparition, ne pas avoir recours à une hypothèse suggèrent des analogies biologiques<sup>48</sup>. Sans générale c'est aller à l'impasse et à l'errance doute sous l'influence de la pensée de la recherche des apparences du systémique et de son application en écologie, mouvement. Redoutable car s'en tenir à une la tendance est à l'abandon des modèles théorie sociale c'est courir le risque du mécanicistes linéaires de l'innovation au dogmatisme, de figer la réalité en évolution, profit de conceptions plus complexes. La de ne pas percevoir les développements *vision du prospectiviste sera largement nouveaux, et l'émergence éventuelle de lois fonction de la représentation mentale qu'il a correspondantes. On ne peut cependant faire de ces processus.* La règle du jeu devrait être l'économie de cet effort théorique. La que les exercices de prospective technologique explicitent leur cadre théorique de référence. On y gagnerait en clarté.

## LOIS, TENDANCES, POLITIQUES

lois	tendances	politiques
1 "Rente foncière	variations prix de la terre en raison inverse du	politiques foncières (+ ou -)
2' Rente différentielle N- 1	taux d'intérêt	
3' Rente différentielle N° 2	concentration de la production sur les meilleures terres	fixation prix agricoles en référence conditions moyennes (-)
4' Rente absolue et baisse du taux de profit moyen	différenciation, industrialisation agricole, processus croissance continue de la production	terme échange prix amont aval (+ ou-), contrôle offre (+ ou -)
5' Développement cyclique de l'agriculture	majoration des prix agricoles	pression consommateur urbain
6' Concentration agraire	modification péréquation taux de profit	recherche profit maximum (-)
7' Paupérisation relative des paysans	instabilité permanente des marchés	régulation prix stockage, état accords internationaux (-)
8' Emprise de structure	élimination agriculture marginale	résistance paysanne(-), réforme agraire.restructuration taux de crédit élevé (Δ)
9' Limites de tolérance	parité des revenus impossible par mécanismes du marché	"pouvoir compensateur", coopératives, transferts sociaux (-)
10' Entropie et niveaux trophiques	actions d'influence du capital industriel, bancaire commercial et financier	' , pouvoir politique de la paysannerie. alliances du capital
11' Cycles de production	échec transferts mimétiques espèces et culture dans des conditions écologiques contrastées	agraire (-) acclimatation génétique (-)
12' Rendements décroissants	coût énergétique et social croissant des transformations dans les chaînes alimentaires	amélioration rendement des transformations (-)
13' Effet King	rupture temps de travail et de production, manque d'intérêt production à long terme	? raccourcissement des cycles( politique forestière (-)
14' Loi de Engel	coût économique croissant des améliorations	mutations génétiques (-)
15' Croissance de la production animale	grandes fluctuations des prix agricoles et alimentaires	fonds de stabilisation, accord compensation. aide alimentaire (-)
	inélasticité de la demande alimentaire, quasi stagnation pays occidentaux	diététique, sophistication des produits (Δ)
	absorption croissante aliments du bétail	modèle alimentaire dominant résistances culturelles, religieuses, idéologie tiers monde (-)
+ signifie amplification positive de la tendance par les politiques		
- signifie rétroaction effet contraire sur la tendance des politiques		
P.F.G 89		

- *La création technologique* est le résultat de la pensée et de la pratique inventives. Elle est une variable-source qui alimente le premier des processus technologiques mais aussi irrigue les flux de l'innovation et de la diffusion par une série de transformations tout le long du développement. C'est elle qui accroît la variété du système par l'ad-jonction de nouvelles classes et d'éléments par une combinatoire qui contrarie l'entropie.

La création déborde évidemment du champ de l'économie. Tous les hommes ont un potentiel de créativité. Mais ils ne l'exercent qu'en partie et très inégalement. Pourquoi ? Les raisons sont multiples et s'associent dans des boucles cumulatives. Il y a l'influence stimulante ou inhibante du milieu ambiant. Les facteurs positifs de la liberté et la volonté individuelles de se réaliser, du non conformisme, de l'existence de «groupuscules passionnés»<sup>49</sup>. Il y a des facteurs négatifs comme la prédominance donnée dans l'enseignement au développement de la partie gauche du cerveau au détriment de la droite, siège de l'imagination, les savoirs en miettes, l'exotérisme de la technique, les pressions de conformité, les conditions de travail répétitif et sans intérêt qui émoussent les facultés de créativité, etc... La libération de ce potentiel refoulé est un des défis majeurs de nos sociétés.

La création technologique est au niveau des individus et des organisations. Disons de suite avec P. Papon «qu'il ne saurait être question de «prévoir» des découvertes scientifiques ou des innovations technologiques de la même façon qu'une théorie prévoit un phénomène jusqu'alors inobservé ; il n'existe pas de prévision scientifique du progrès des connaissances au sens où il existe une prévision des phénomènes dans les sciences physiques»<sup>2</sup>. Si au niveau des individus la création technologique est imprévisible, les possibilités et la nécessité d'exercice de prospective existent à d'autres niveaux. Il faut commencer par faire «l'inventaire systématique des connaissances scientifiques certaines et de leurs potentialités»<sup>2</sup>. Il faut connaître les programmes en cours et ceux projetés. «La réflexion prospective doit partir d'une analyse des objectifs, de la portée et de la fécondité de ces programmes qui constituent aussi des attitudes scientifiques devant les problèmes que se posent les chercheurs... l'histoire de la prospective montre bien que les auteurs de prévisions réussies ont su imaginer l'impossible à partir d'une analyse ou d'une connaissance précise des possibilités de la science et de la technologie et en ayant une conscience des étapes indispensables à franchir pour atteindre un objectif... (ainsi) une analyse prospective des potentialités de la technologie et des voies possibles du développement technologique... doit prendre en considération les différentes étapes qui conduisent à l'innovation». P. Papon souligne par ailleurs «que de nombreux exercices de prévision technologique sont tombés sur l'obstacle que constitue la difficulté de prendre en compte les variables économiques dans une prévision à long terme»<sup>2</sup>.

De cette longue citation on retiendra deux enseignements : *la responsabilité de l'économie politique comme co-participant obligé à la prospective technologique, la nécessité de comprendre les différentes étapes de constitution du système technologique*, depuis la création à l'innovation, mais aussi la diffusion et le transfert de celle-ci, processus au terme desquels émerge un nouveau système technologique. Ce dernier champ fait partie du «no man's land», seuls jusqu'alors les spécialistes de «la science de la science» s'en occupaient. Dans le mesure où l'économie internalise maintenant la technologie, *l'économie politique doit être coopérante à l'étude de ce champ*.

L'innovation technologique, par définition la première introduction d'un produit ou d'un procédé nouveau avec un succès commercial, est un mécanisme qui, à la fois concrétise et réduit la variété de la création. On s'accorde à pen-

49. Thierry Gaudin, *Qu'est-ce qu'une politique d'innovation ?* CPE ministère de l'industrie et de la recherche, Paris, août, 1984.

ser qu'une idée sur cent se transforme en innovation. Pour que celle-ci existe il faut qu'elle soit cohérente avec la logique de l'environnement socio-économique, elle en est le résultat. La «résonance du marché»<sup>27</sup> joue un effet-filtre dans le mécanisme de l'innovation. Les schémas séquentiels et linéaires simplistes du cheminement de l'idée à la découverte, puis à l'innovation et à sa diffusion, ont cédé la place à des modèles plus complexes et qui présentent une analogie avec les processus écologiques. L'OCDE a joué un rôle moteur au cours des années 60 pour la promotion de l'étude de l'innovation. Comme en France, à quelques notables exceptions, les économistes ne s'intéressaient pas à ces questions qui étaient laissées aux spécialistes de l'étude de la science, on constate que des schémas de base qui ont résisté à l'usure du temps ont été oubliés ou ne sont pas connus. Il n'est pas inutile de les rappeler<sup>50</sup>.

Le phénomène fondamental de l'innovation est la fusion de la reconnaissance de la demande et de la technique praticable<sup>51</sup>. Cette fusion dans un seul concept est subordonnée à un certain nombre de facteurs. Le *temps* est le premier de ceux-ci<sup>52</sup>. La force de fusion est ralentie par la désynchronisation de la demande et de la technique praticable. Les caractéristiques typologiques des modes de production industriels (par exemple, production sur devis ou en petite série, production de masse, en continu) suggèrent qu'il y a toujours une certaine désynchronisation de la reconnaissance au niveau des 3 fonctions essentielles de l'entreprise, la fabrication, le marketing et la recherche<sup>53</sup>. Les causes immédiates de l'avortement de l'innovation dans l'entreprise sont donc la qualité des ressources d'information et de sa circulation, le processus de prise de décision, la structure organisationnelle qui, généralement, joue contre l'innovation<sup>54</sup>. L'innovation a des degrés différents. On distingue l'innovation de type économique, de type technique, et celle de caractère mixte.

— L'innovation économique est l'utilisation d'une technique ou d'un produit pour des besoins pour lesquels il n'avait pas été créés. Les exemples sont fréquents en pharmacie. C'est aussi le cas du verre trempé utilisé dans le bâtiment et qui a pris un second départ avec les glaces des automobiles, ou encore du nylon comme fibre pour les pneus dès qu'on a réalisé ses propriétés adhésives, c'est le cas étrange du laser, initialement invention sans applications et dont on connaît les utilisations envahissantes, n s'agit de cas typiques de transferts horizontaux de technologie. Ce qui montre, incidemment, les relations étroites entre innovation et transfert. La connaissance de leurs mécanismes est donc importante pour la réflexion prospective.

— L'innovation technique pure se manifeste surtout par les perfectionnements apportés au produit ou au procédé. Ils sont innombrables.

La technologie «précurseur» donne lieu à un «bourgeoisement» de l'innovation, c'est-à-dire à une succession d'innovations mineures associées à l'innovation principale<sup>55</sup>. La mise en évidence du phénomène de développement évolutif en «grappes» n'est donc pas une nouveauté, il a été décrit il y a vingt ans. Mais ce qui est remarquable avec les «nouvelles technologies» c'est la capacité d'associations d'innovations majeures. De même la notion de «trajectoire technologique» a été découverte il y a longtemps. Le procès d'innovation peut être scindé en deux phases : la première est celle de la mise au point et de la commercialisation initiales du nouveau procédé. La seconde consiste à l'améliorer, par exemple en augmentant l'échelle des installations de production et en appliquant à celles-ci les progrès réalisés dans d'autres branches d'activité (transfert horizontal), et en perfectionnant les compétences techniques du personnel le long des fabrications (courbe d'apprentissage). Ainsi les entreprises de «deuxième génération» appliquent des perfectionnements techniques qui peuvent avoir autant d'importance économique que celles apportées par le promoteur de l'innovation. Une chaîne d'améliorations successives se crée induite par les conditions économiques et le mouvement propre de la technique. Autre conséquence : sur le plan international, une combinaison particulière de facteurs ne limite pas nécessairement l'incitation économique à la diffusion du procédé innové<sup>56</sup>.

— Les «innovations fortes» sont un mixte d'innovations économiques et techniques. En ce sens qu'elles associent la hauteur des procédés avec un besoin latent important, c'est par exemple, pris au hasard, la Xerox, le Polaroid, le café soluble ou le minitel... Dans la compétition et le jeu industriels ce sont les innovations du troisième type qui sont l'arme du pouvoir de négociation. Ce type d'innovations requiert la rencontre fécondée par l'imagination créatrice, des transferts verticaux — le procès selon lequel la nouvelle connaissance est incorporée dans la technique — et de transferts horizontaux - l'application «dans une autre direction»<sup>57</sup>.

50. Ce résumé a été fait à partir de l'ouvrage de P.F. Gonod, *Clés pour le transfert technologique*, Institut de Développement Economique, Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Washington, août 1974.

51. William H. Griberet Donald G. Marquis, *Factors in the transfer of technology*. M.I.T., 1969.

52. Les études d'Arthur D. Little ont montré la nécessité d'une mise en œuvre immédiate des moyens ; il a été observé que même un retard d'un ou deux mois pouvait avoir un effet inhibiteur, les idées ne venant plus et qu'un retard de 6 mois constituait un très lourd handicap.

53. P.F. Gonod, Essai de recherche d'un système d'études inter-disciplinaires macro et micro-économiques, le comportement de l'entrepreneur et l'innovation technologique, OEA, Buenos-Aires septembre 1969.

54. Bernard Z'mmern, *Développement de l'entreprise et innovation*. Editions hommes et techniques, 1969.

55. E. Janstch, *La prévision technologique*, OCDE, 1969.

56. John L. Enos, «Invention and innovation in the refining industry, in *the rate and direction of inventive activity*, National Bureau of Economic Research, New York, 1962.

57. Selon la définition des transferts technologiques généralement utilisée aux USA et due à Harvey Brooks «national science policy and technology transfer, national Science Foundation, 1966.

Le positionnement respectif de l'innovation de sa diffusion et de son transfert, est un sujet qui se prête à diverses interprétations. Généralement pour les auteurs américains le transfert est le procès selon lequel la science et la technologie sont diffusées à travers l'activité humaine selon des composantes verticales et horizontales<sup>57</sup>. Cette conception qui a dominé durant les années 60 a été fortement critiquée. Partant d'une constatation juste : la symbiose de la science et de la technique actuelles, elle l'extrapolait abusivement en suggérant un automatisme dans le mouvement science-technologie et n'indiquait pas comment le transfert pouvait s'effectuer<sup>58</sup>. En envisageant un continuum entre la science et la technologie elle participait à la même erreur que tous ceux, qui partant de la juste constatation des liens de plus en plus étroits entre la science et la technologie, ne faisaient pas de différence entre l'information scientifique et technique. Or il n'y a pas de continuité mais des ruptures. L'innovation technologique est soumise à d'au très forces et déterminations que la découverte scientifique. *Le mécanisme science-technologie n'est pas fluide*, nombre d'obstacles et de barrières existent, économiques, sociaux et politiques. La connaissance des programmes technologiques est, ainsi qu'il a été expliqué précédemment la condition nécessaire de la prospective technologique, mais non suffisante. La trajectoire de développement peut être retardée, accélérée, interrompue, déviée<sup>59</sup>. La recherche-développement suit des séquences non arbitraires, depuis la solution en laboratoire à la première application commerciale et à la solution largement et aisément applicable<sup>60</sup>. Tout au long de ce processus vont interférer les incertitudes des mises au point techniques, mais aussi les contraintes économiques, sociales ou politiques, les jeux et stratégies d'acteurs disposant de moyens. Il n'y a pas d'automatisme ni de fatalité. Il n'y a pas non plus de relation univoque entre les technologies et l'organisation sociale de la production. Les tableaux idylliques du futur âge d'or, de la disparition du travail parcellaire, de l'homme unidimensionnel, qu'entraînerait l'informatisation de la production sont une possibilité mais non une inévitabilité. Tout au contraire le système Taylorien-Fordien montre sa capacité à «récupérer» les nouvelles technologies<sup>61</sup>. Les stratégies d'entreprises et les relations internationales délimitent les degrés de liberté des transferts technologiques entre entreprises et pays. *Le transfert technologique est un commerce, mais il est plus que cela : il est pouvoir*<sup>62</sup>. La réévaluation critique de l'économie des transferts s'est insérée dans le mouvement de rééquilibrage des échanges; internationaux impulsé par les pays du Sud dans les années 70. Si ce rééquilibrage a échoué avec la naufrage du «nouvel ordre économique mondial», cette réévaluation a eu cependant pour conséquence de sortir d'une conception aseptisée de la technique et de ses transferts en l'articulant avec l'économie et les relations de pouvoir. Il est clair que selon que l'on accepte ou non cette réévaluation on pensera différemment la prospective technologique.

L'innovation est un nœud à l'articulation des systèmes économique et technique. Dans un ensemble de processeurs du bloc interactif technique-production-travail, c'est celui qui, à la fois, est le plus influencé et influence le plus les autres<sup>63</sup>. L'innovation a le double caractère de variable dépendante et motrice, c'est, une «variable-relais»<sup>26</sup>, catégorie qui joue un rôle clé en prospective. Il s'ensuit que, là encore, *la prospective technologique sera affectée par la représentation théorique de l'innovation*. Celle-ci est loin d'être achevée. D'où d'autres **conclusions** :

— La théorie de l'innovation requiert l'exploration plus systématique des interfaces entre la «science de la science», l'économie politique, la technicité, l'élaboration de typologies interdisciplinaires des différentes catégories d'innovations.

58. Samuel Bar-Zakay N. «policy making and technology transfert thé need for national thinking laboratories», Rand Corporation, Dec. 1970.

59. Voir Jean-Luc Gaffard, en collaboration avec E. Zuscovitch, «mutations technologiques et choix stratégiques des entreprises» dans *le traité d'économie industrielle*, Economica, 1968.

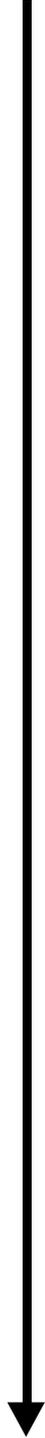
60. C'est en partant de cette séquence et en estimant les temps de passage d'une étape à l'autre que l'OTA des USA établit sa prospective de l'informatisation de la production, «computerized manufacturing automation», Office of Technology Assessment, avril 1984.

61. Voir compte-rendu de la table ronde sur l'informatisation de la production dans les industries organisée par le Laboratoire d'économie et de sociologie du travail (LEST) Aix-en-Provence, Bulletin d'informations sociales. No 1/85, BIT Genève.

62. P.F. Gonod, *Conflit-coopération dans le transfert technologique*, Mondes en développement no 14, 1976.

63. P.F. Gonod, Le débat technologique - en guise de postface ; questions pour une prospective du travail et la maîtrise de la technologie, *Travail et Société*, BIT Genève, avril-juin, 1984.

**SUITE**



- Il faudrait créer des informations voire l'émergence d'une civilisation du signe, systématiques qui font généralement défaut l'intellectualisation de la production, ceci et des outils opérationnels, par exemple : pour le positif de l'image. Au négatif le . Des informations comparées sur les étapes primat des immatériaux, l'évanouissement de et durées par industries entre la solution en la matière, voire du travail.

laboratoire, le prototype, la première Si les observations du positif ne peuvent être application commerciale, le large usage ou mises en doute, l'interprétation du négatif du la diffusion de masse. cliché fait problème. On peut en cerner un

. Des informations sur les courbes de des aspects par la *divergence d'appréciation* diffusion de l'innovation technique et la vie *de la logique industrielle actuelle*. des produits <sup>64</sup>.

Les informations qui permettraient une fondement de la société postindustrielle. On algorithme des transferts : sait qu'une de ses thèses, et de la société de

durée et ordre des opérations dans les l'information, est que «produire est devenu diverses activités, canaux utilisés, une activité de deuxième ordre par rapport à partenaires directs et intermédiaires, la distribution et aux activités annexes...» <sup>38</sup>.

répartition des pouvoirs et influences entre Cette réalité — écrit O. Giarini — masque un eux, formations nécessaires pour rendre aspect plus profond : «c'est la logique effectifs les transferts de savoirs, etc. Il industrielle de la technologie qui a provoqué

faudrait aussi rechercher comment rendre ces phénomènes de tertiarisation. De ce fait opérationnelle des notions comme celles des les analyses de Daniel Bell, Jean Fourastié, surfaces d'émission et de réception et d'autres se trouvent aujourd'hui dépassées technologiques des agents du transfert.

- On ajoutera enfin que des méthodes phénomène dont la description consiste à de stimulation de la créativité extrapoler mécaniquement, à partir du technologique ont été appliquées parfois. découpage de l'économie en trois secteurs,

En effet si l'on considère le produit comme des périodes historiques de prédominance la rencontre matricielle entre une pour chacun. Au contraire, la tertiarisation combinaison plus ou moins complexe de du système de production est le signe de la

technique^ ar service d'une combinaison dissolution d'un système historiquement daté plus ou moins complexe de besoins, il est (celui de la révolution industrielle) et du

possible d'utiliser une méthodologie de la passage à un autre système socio-créativité inventive pour innover <sup>54</sup>. Ces économique où toutes les notions de base et procédés qui sont des processus mentaux, les paramètres de référence (notions de

sont les mêmes que ceux utilisés en valeur, de fonction de production, de capital, mathématiques : de patrimoine, de structure de la production et de la demande...) se modifient. Il s'impose

l'analogie, l'inversion, le changement d'axe dès lors d'entamer de nombreuses recherches de coordonnées <sup>65</sup>. On pourrait envisager empiriques sur révolution et la diffusion de dans l'exploration prospective des processus la technologie» <sup>38</sup>. L'analyse du processus de

d'autres futurs. création, de stockage, de communication des données conduit elle aussi à une *remise en* L'appréciation de la logique industrielle actuelle. L'évolution de la *cause de l'idée de la société* société, *informationnelle*. «Nous n'assistons pas —

la position qui occupe la technique et sa écrit Gérard Blanc — à la transition vers une signification ont conduit aux thèses bien société post-industrielle où l'information connues de la société post-industrielle, remplacerait l'énergie et les matières premières

informationnelle et à toutes leurs variantes. Ces prospectives globales ont des traits communs, elles privilégient dans révolution

le rôle de l'information,

64. On rappellera le livre classique de E. Rogers sa distinction de 5 catégories d'adopteurs reste valable et a une grande importance pour mesurer temporellement le décalage des courbes de diffusion de l'innovation entre pays. On notera aussi que l'étude de la diffusion a été initiée dans l'agriculture et la médecine et beaucoup plus tard dans l'industrie.

65. Par exemple, le rilsan ap-parait comme l'inversion de la synthèse du nylon ; en mécanique le transfert à l'horizontal de la coupe verticale du moteur aboutit à la conception des moteurs à plat, du type flattwin, qui ont fait le succès de la 2 CV Citroën ; le changement d'axe du moteur, perpendiculairement et non longitudinal à la carrosserie, aboutit à la conception des Peugeot, Austin et autres voitures compactes.



l'écodéveloppement, la maîtrise des interdépendances internationales, la compétition sauvage et les mécanismes de régulation, l'économie des armements, l'hypothèse de l'apparition de lois tendanciennes exprimant de nouvelles logiques de la production et des échanges, la dynamique des cycles économiques de notre époque, ses relations avec les rythmes de l'innovation technologique, la symbiose entre la science explicative et la technique opératoire et ses incidences dans le choix de la R et D, l'économie de l'information et la mesure de la complexité, la compréhension des mécanismes de l'innovation et de sa diffusion, la destruction et la création d'emplois par les nouvelles technologies, le chômage des jeunes, l'économie informelle, la mesure de la production et de la productivité dans les processus de fabrication robotisés, le mouvement de diminution séculaire du temps de travail et l'augmentation du temps libre au cours de l'existence, rallongement de la vie humaine et ses implications, l'accélération de la diminution du travail manuel et l'expansion du travail intellectuel, la puissance des transferts de savoirs dans les machines et instruments, l'éducation permanente comme nécessité, la rupture des relations entre le volume de la monnaie et celui des échanges commerciaux, le marché international des capitaux, le déplacement des centres de gravité de l'économie mondiale, l'endettement du tiers monde,

l'émergence des nouveaux pays industriels et l'hystérésis du quart monde, les exclusions de la mutation actuelle dans la société des pays industriels, la démocratie industrielle et bien d'autres bagatelles...

— «L'économie cognitive» ne peut faire table rase de ces problèmes. Certains en font du reste partie, ce sont ceux qui sont liés à l'émergence «de l'espace mental en territoire social» — selon la formule de T. Gaudin qui lui paraît résumer le contenu de son livre. D'autres sont des problèmes de notre société qui continuent de faire l'objet de questions essentielles, et dont les réponses et leurs interprétations subordonnent aussi le contenu de la prospective. La thèse de l'économie cognitive ouvre des pistes de réflexion... à condition de ne pas exclure la cognition de l'économie.

*. La prospective en général et la prospective technologique, en particulier, interpellent l'économie politique.*

Puisque celle-ci n'a pas contribué de façon significative à leurs progrès, quels sont les changements nécessaires pour qu'elle joue le rôle qu'on en attend ?

On peut esquisser une réponse, qui n'a évidemment qu'une importance très relative formulée par un individu alors qu'elle devrait être apportée par un collectif, en proposant les *cinq principes suivants* :

1 — La discipline économique doit retrouver le statut d'économie politique que l'impérialisme économétrique et la dérive de la réflexion structurelle qui s'en est suivie lui ont fait perdre en partie. Ceci implique la réintroduction des agents dotés de projets, stratégies et relations de pouvoir. C'est aussi une condition nécessaire de toute prospective.

2 — L'économie politique doit internaliser la technologie dans son champ d'étude et mettre fin à une coupure épistémologique.

3 — L'économie politique doit s'attacher à la compréhension des mécanismes, des relations et des structures causales. Ce qui milite en faveur de méthodes de modélisation structurelle et de convergences avec la systémographie.

4 - L'économie politique doit, tout en renforçant son identité, se décloisonner. La compréhension et l'action sur les mécanismes de l'innovation, de la diffusion et du transfert technologiques, par exemple, sont à l'interface de la «science de la science», de l'économie, de la sociologie et de la science politique. Le globalisme inhérent à rapproche prospective nécessite l'organisation pratique de l'interdisciplinarité dont l'économie politique est partie constitutive.

5 - L'attitude de la recherche économique doit être moins rétrospective, plus orientée vers le futur et se sentir plus concernée, responsable, dans la préparation de celui-ci

71. Dès 1958 F. Bloch-Laine constatait : «il est regrettable que la science économique inspirât si peu l'économie réelle»... à cause de son caractère trop rétrospectif... «les Universités appliquant davantage leur talent et leur culture à transformer en concept l'observation du passé qu'à prospecter l'avenir».

### 3 — Le questionnement philosophique

*L'opposition d'interprétation sur la logique industrielle* ne serait évidemment prospective.

Est-ce que la montée du «mental» la multiplication des signes, des relations, de l'idéal, la science, la technique et l'innovation, de formation s'intégrant dans les forces productives et les opérant, l'incorporation des savoirs dans les machines et instruments, l'accélération du mouvement séculaire d'algorithmisation du travail vivant, le déplacement des formes du travail du manuel vers l'intellectuel sont pour autant une *dématérialisation, un évanouissement de la matière et du travail* ? Des débats similaires ont eu lieu au début de ce siècle quant à l'interprétation à donner aux grandes découvertes de la physique. Mais ils ne sont pas aujourd'hui à la même hauteur...

En vérité de plus en plus de processus impalpables et invisibles, grâce à la puissance des instruments techniques à la conquête de la connaissance de l'infiniment petit, font la preuve de leur matérialité. Le microscope à balayage électronique permet de voir ce qui se passe dans les puces d'un ordinateur, le spectroscopie à laser de détecter les molécules et les atomes. *Ce n'est pas la matière qui s'évanouit mais ce sont les limites de sa représentation antérieure.*

La puissance des instruments dont nous disposons et que nous comprenons mal crée un sentiment de dépassement devant une force transcendante. Pourtant le micro-ordinateur avec lequel je compose cet article est un être matériel. La fabrication des «chips» de silicium requiert une centaine d'opérations matérielles successives, d'oxydation thermique, de lithographie, de gravure, d'implantation d'ions, de redistribution thermique, d'isolation, de métallisation<sup>72</sup>, robots utilisés sont une réalité matérielle, l'aboutissement d'un procès mixte de travail vivant et mort<sup>73</sup>. Le logiciel que j'utilise est une prodigieuse accumulation de travail passé, abstrait, complexe, de savoir et d'intelligence transférés se chiffrant en milliers d'hommes-ans<sup>74</sup>. Évanouissement du travail, immatérialité de la disquette ?<sup>75</sup> ou plutôt prodigieux développement de l'espace mental, devenant comme l'écrit T. Gaudin «un territoire social» ?<sup>76</sup>. «Mental», oui,

«immatériel», non  
Allons plus au fond. On retrouve le vieux débat sur les rapports entre les idées et les réalités sociales qui oppose idéalistes et matérialistes, dont Maurice Godelier pense qu'il a toutes les chances de durer encore longtemps, et aucune, pris ainsi, de progresser<sup>77</sup>. Un pas en avant consiste à transformer les termes du débat à partir de deux résultats théoriques :

. Le premier peut se résumer ainsi : la distinction entre infrastructures et superstructures n'est ni une distinction de niveaux ou d'instances, ni une distinction entre institutions, bien qu'elles puissent se présenter dans certains cas. Elle est, dans son principe, une *distinction de fonctions*.

. Le second, qui est directement lié à la compréhension de la technologie, est que tout rapport social, quel qu'il soit, inclut une *part d'idéal, une part de pensée, de représentations* ; ces représentations ne sont pas seulement la forme que revêt ce rapport pour la conscience, mais font partie de son contenu.

Il faut faire un *retour sur la compréhension de la technologie*. La technologie «science des forces productives» est une combinaison de moyens matériels et intellectuels.

Dans ses métamorphoses la technologie épouse les formes capitalisées et incarnées, qui se socialisent ou s'aliènent.

— La technologie «incarnée» est bien en premier lieu une représentation mentale, un savoir détenu, du travail vivant libéré dans le savoir faire qui est la condition permissive de l'emploi des moyens de production, c'est de la force de savoir qui transmet à une force de travail susceptible de l'assimiler, l'ap-prentissage passé, c'est-à-dire, le résultat d'une mémorisation, c'est de l'informa-tion mémorisée accompagnée de sa mise en œuvre.

— La technologie «capitalisée» est du travail passé, cristallisé dans les moyens de production, c'est aussi tous les algorithmes, règles, schémas de conduite, incorporés dans les machines et instruments, c'est aussi l'information mémorisée sur un support matériel <sup>78</sup>.

La «réalité idéale» est donc bien présente dans les deux formes constitutives de la technologie. Le mouvement historique est celui d'un transfert croissant du «mental» dans les moyens de production <sup>79</sup>. C'est dans ce sens que les machines deviennent de plus en plus «intelligentes». Et la convergence en cours des neurosciences en direction de la pensée et de l'intelligence artificielle élargit les perspectives <sup>80</sup>.

— La forme information de la technologie peut aussi être décryptée avec la typologie des formes sociales de la technologie. La forme «incarnée» se fonde dans le «genre» de transmission «de la mémoire» (ou «interpersonal channels» <sup>81</sup>), la forme «capitalisée» dans le «genre» de transmission de l'information «mémorisée» (ou mass-médias <sup>81</sup>). Elle traverse donc les formes «incarnées» et «capitalisées» qui se répartissent ensuite dans les formes

L'immatériel est une catégorie tellement évanescence et polymorphe qu'on peut être tenté de rapprocher avec quelque liberté et légèreté. Elle sert tout aussi bien à caractériser pêle-mêle l'information sur les innovations technologiques comme condition de survie pour les entreprises dans la compétition internationale et l'industrie des matériaux devenue une industrie de l'immatériel parce «qu'elle vend du service, l'intelligence avec laquelle elle comprend ses clients et les aide à résoudre leurs problèmes, y compris dans leurs aspects subjectifs» <sup>82</sup>. La vente de service, à laquelle on pourrait au demeurant ajouter la qualité nouvelle des relations avec les utilisateurs conduisant à des fabrications «sur mesure», à des rétractions avec le design et la fabrication, n'apportent aucune démonstration de «l'immatérialité» de la technologie. On pourra tout au plus y voir l'amplification et le prolongement du mouvement historique d'algorithmisation de la complexité dans les équipements et les logiciels pour faciliter la tâche des utilisateurs ainsi que l'amélioration des communications entre ceux-ci et les fabricants, le primat de la demande sur l'offre. Immatérielle l'industrie des nouveaux matériaux ou de molécules de médicaments «sur mesure» ? Non. Téléo-logie des processus de design et de fabrication, intelligence incorporée dans les connaissances scientifiques, les appareillages d'expérimentation techniques, les ordinateurs et leurs logiciels permettant des simulations, des analyses et mesures de plus en plus fines, oui.

Dans le fond l'apparition de la thèse de la «dématérialisation» s'explique par le rôle accru du mental, l'explosion

78. P.F. Gonod, «Les trans ferts technologiques, pratique et théorie», Colloque 1974 de l'association française de science économique; Villeneuve d'Asq.

79. Pour l'analyse et la signi fication de l'algorithmisation voir Barel Yves, *Le rapport humain à la matière* rechen *Ecologie du travail*. Action concertée DGRST INEPS-CNRS, 1976.

80. Voir l'article de Paul Henry, «on ne remplace paie cerveau par une machine: un débat mal engagé, dans *Intelligence des mécanismes mécanisme del'intelligence-ouvrage coordonné par Jeai" Louis Le Moigne, Fayard-Fondation Diderot, 1986. Voir également «TheoJ-ical aspects of reasoning about knowledge» edited by Joseph Y. Halpern.,Pwcee(E of thé 1986 conférence. Morgan Kaufmann.*

81. Voir l'article fondamentE de E.M. Rogers, *Communication in development, m «thé information révolution, thé annals of thé American Aca-demy of Political and Social Science, march 1974.*

82. André-Yves Portnoff, *Les matériaux sur mesure* dans la revue *Science et technologie*, no 12, janvier-février 1989, Clefs pour la révolution technologique.

de l'information et la place occupée par le vecteur principal de celle-ci, l'ordinateur, phénomènes associés dont l'interprétation ne va pas sans confusion. Il n'est donc pas inutile d'essayer d'y voir plus clair pour comprendre la «révolution de l'intelligence».

La *théorie des 3 mondes* de Karl Popper

peut servir d'hypothèses générales<sup>83</sup>. On sait que son œuvre est un plaidoyer pour l'indéterminisme, cependant c'est dans l'épilogue «l'indéterminisme n'est pas suffisant» qu'il traite de la théorie des 3 Mondes, et ce n'est pas un hasard. Pour Popper le «Monde 1» est le monde physique et biologique,

“Les pensées formulées en un langage font partie du Monde 3. Elles peuvent être critiquées logiquement, par exemple, en montrant qu'elles ont certaines conséquences logiques fâcheuses, voire absurdes. Seules les *contenus de pensée* appartenant au Monde 3 peuvent être reliés par des relations logiques telles que l'équivalence, la déductibilité ou la contradiction. Nous devons donc distinguer clairement les *processus de pensées* subjectifs qui appartiennent au Monde 2 et le *contenu objectif des pensées*, les contenus en tant que tels qui constituent le Monde 3”<sup>83</sup>.

Ces 3 mondes sont en interactions :

“nous devons normalement appréhender ou comprendre une théorie du Monde 3 avant de pouvoir agir sur le Monde 1 ; mais appréhender une théorie est un processus mental du Monde 2 : en général, le Monde 3 a une interaction avec le Monde 1 par le truchement du Monde 2, mental”.

La *figure “ 1* dérivée de la théorie des 3 Mondes” résume les hypothèses sous-jacentes. Gaines introduit le “Monde O”, qui est celui où on ne fait pas référence à des critères, le cadre est axiologique, l'inférence est pragmatique, basée sur les chaînes de raisonnement qui apparaissent marcher et les distinctions qui semblent utiles. Implicitement la prospective qui ne fait pas de distinction entre les 3 Mondes et leurs différentes inférences ->e réfère au “Monde O”.

De cette représentation du monde Brian R. Gaines, dans un important article<sup>84</sup> a dérivé une modélisation des interactions complexes entre les personnes, les ordinateurs et la technologie de l'information qui éclaire le problème posé par “l'immatériel”, et à travers lui par l'interprétation de phénomènes majeurs de notre société

Le “Monde 1» se définit comme “Un monde de systèmes physiques ” où un concept clé est celui “d'actuality ” (traduit par “état réel”, P.F .G.)... la variété de ce monde est celle de la correspondance entre les distinctions et les propriétés des systèmes physiques... l'inférence est causale, basée sur des chaînes de causes et d'effets physiques”<sup>84</sup>.

Le “Monde 2” se définit comme : “Un monde de systèmes mentaux.” où un concept clef est celui “d'agency” qui implique que les distinctions ont un “maker” ( “agency” a été traduit “état représenté”, P.F .G.)... les cadres conceptuels inclus sont ceux de la psychologie et de la sociologie, les distinctions existent dans les mondes mentaux des individus et des groupes... l'inférence est “conventionnaliste”, c'est-à-dire basée sur les chaînes de raisonnement qui sont choisies à l'intérieur d'une culture”<sup>84</sup>.

Le “Monde 3” se définit comme “Un monde de systèmes cohérents”où le concept clef de l'abstraction, les systèmes de distinctions ont leur propre existence... le cadre conceptuel inclus est celui de l'ontologie,... la vérité de ce monde est sa cohérence, les systèmes de distinctions ont une structure intrinsèque acceptable, l'inférence est structuraliste, c'est-à-dire basée sur les chaînes de raisonnement conformes à la structure” .

83 Karl Popper  
L'univers irrésolu,  
plaidoyer pour  
l'indéterminisme,  
Hermann 1984

84. Brian R. Gaines, «A  
conceptual framework for  
person-computer  
interaction in complex  
Systems» *IEEE*  
*Transactions on Systems,  
man, and cybernetics*, vol.  
18, no 4, July-August 1988.

Les 3 Mondes sont en rapports mutuels :

«Les mondes 1, 2, et 3 peuvent être vus comme composants du Monde 0. De même les Mondes 2 et 3 peuvent être vus comme des instances du Monde 1. Réciproquement le Monde 0 peut être vu comme une abstraction des Mondes 1, 2, 3 et le Monde 3 peut être vu comme une abstraction des mondes 2 et 3 »<sup>84</sup>.

Ces rapports sont donc de nature inversée : abstraction et «instanciation» (en anglais «instantiation» signifie représenter une abstraction par une instance concrète, Webster dictionnaire).

La figure «2 d'érivation de la théorie des 3 Mondes» étend le cadre conceptuel à l'équipement comme instance

du système physique (Monde E), les personnes comme instance des systèmes mentaux (Monde P), et les ordinateurs comme une instance à la fois des systèmes physiques et mentaux dont ils ont hérité les propriétés (Monde C). Les ordinateurs ont une nature duale.

«La propriété particulière des ordinateurs électroniques digitaux est qu'ils sont l'archétype des systèmes à causalité déterministe, leur comportement est modelé comme un automate à l'état fini dont le stade suivant et l'output sont précisément déterminés par leur état et inputs courants. Cependant, ils sont aussi des appareils programmés où les tables de transition de l'automation sont complètement sous contrôle des opérateurs «les ordinateurs font ce que nous avons choisi qu'ils fassent». De là ils sont aussi l'archétype des systèmes conventionnels et performants, leur comportement est modelé comme les artefacts intentionnels dont le stade suivant et l'output sont pour la majeure part déterminés par les choix ouverts faits en les programmant»<sup>M</sup>.

Les ordinateurs intègrent des inférences causales (comme produit du système physique du Monde 1), conventionnalistes (comme produit des processus mentaux du Monde 2), structurelles (comme produit de la pensée du Monde

3). Ce statut complexe explique une de ses dualités résultantes, et en raison de son rôle central dans les nouvelles technologies les interprétations immatérielles de ces dernières D'une part, en effet,

«l'ordinateur est un système technologique et il peut être recommandable de le présenter à ses utilisateurs, en évitant des considérations animistes (l'animisme est la religion qui attribue une âme à tous les phénomènes naturels et qui cherche à les rendre favorables par des pratiques magiques, P.F.G.)».

D'autre part,

«le comportement de l'ordinateur est prescrit par les personnes et ceci peut être aussi évident pour l'utilisateur. La valeur des systèmes et les attitudes interpersonnelles des designer et programmeur du système peuvent avoir été incorporées dans le comportement du système, rendant ainsi la perspective animiste inévitable»<sup>84</sup>.

La figure «3 dérivation de la théorie des 3 Mondes» résume les relations entre la cognition (Monde 3), la computation (Monde 2), et l'incorporation de la technologie (Mondes E, C, P). Les formes sociales et métamorphoses de la technologie<sup>50</sup> «ca pitalisée» sont incluses dans les mondes physiques E et C, la technologie «incarnée» dans le Monde P (les savoir-faire), et aussi dans le Monde C (le mental des logiciels). Les relations sont ambivalentes : abstraites et concrètes.

La seule reconnaissance de l'abstraction amène à une interprétation univoque qui substitue à la réalité idéale l'immatériel et, à la limite, l'animisme. Le développement du «mental», de la «cognition» ne conduisent pas à l'évanouissement du «physique». Tout au contraire, il s'agit de phénomènes qui s'entretiennent, s'autodéveloppent mutuellement. Mais le «physique» d'aujourd'hui n'est plus celui d'hier. Les avancées du savoir évanouissent les limites de sa représentation

Les 3 Mondes sont en rapports mutuels :

«Les mondes 1, 2, et 3 peuvent être vus comme composants du Monde 0. De même les Mondes 2 et 3 peuvent être vus comme des instances du Monde 1. Réciproquement le Monde 0 peut être vu comme une abstraction des Mondes 1, 2, 3 et le Monde 3 peut être vu comme une abstraction des mondes 2 et 3 »<sup>84</sup>.

Ces rapports sont donc de nature inversée : abstraction et «instanciation» (en anglais «instantiation» signifie représenter une abstraction par une instance concrète, Webster disctionary).

*La figure «2 d érivation de la théorie des 3 Mondes» étend le cadre conceptuel à l'équipement comme instance*

du système physique (Monde E), les personnes comme instance des systèmes mentaux (Monde P), et les ordinateurs comme une instance à la fois des systèmes physiques et mentaux dont ils ont hérité les propriétés (Monde C). Les *ordinateurs ont une nature duale*.

«La propriété particulière des ordinateurs électroniques digitaux est qu'ils sont l'archétype des systèmes à causalité déterministe, leur comportement est modelé comme un automate à l'état fini dont le stade suivant et l'output sont précisément déterminés par leur état et inputs courants. Cependant, ils sont aussi des appareils programmés où les tables de transition de l'automation sont complètement sous contrôle des opérateurs «les ordinateurs font ce que nous avons choisi qu'ils fassent». De là ils sont aussi l'archétype des systèmes conventionnels et performants, leur comportement est modelé comme les artefacts intentionnels dont le stade suivant et l'output sont pour la majeure part déterminés par les choix ouverts faits en les programmant»<sup>M</sup>.

Les ordinateurs intègrent des inférences causales (comme produit du système physique du Monde 1), conventionnalistes (comme produit des processus mentaux du Monde 2), structurelles (comme produit de la pensée du Monde

3). Ce statut complexe explique une de ses *dualités* résultantes, et en raison de son rôle central dans les nouvelles technologies les interprétations immatérielles de ces dernières D'une part, en effet,

«l'ordinateur est un système technologique et il peut être recommandable de le présenter à ses utilisateurs, en évitant des considérations animistes (l'animisme est la religion qui attribue une âme à tous les phénomènes naturels et qui cherche à les rendre favorables par des pratiques magiques, P.F .G.)».

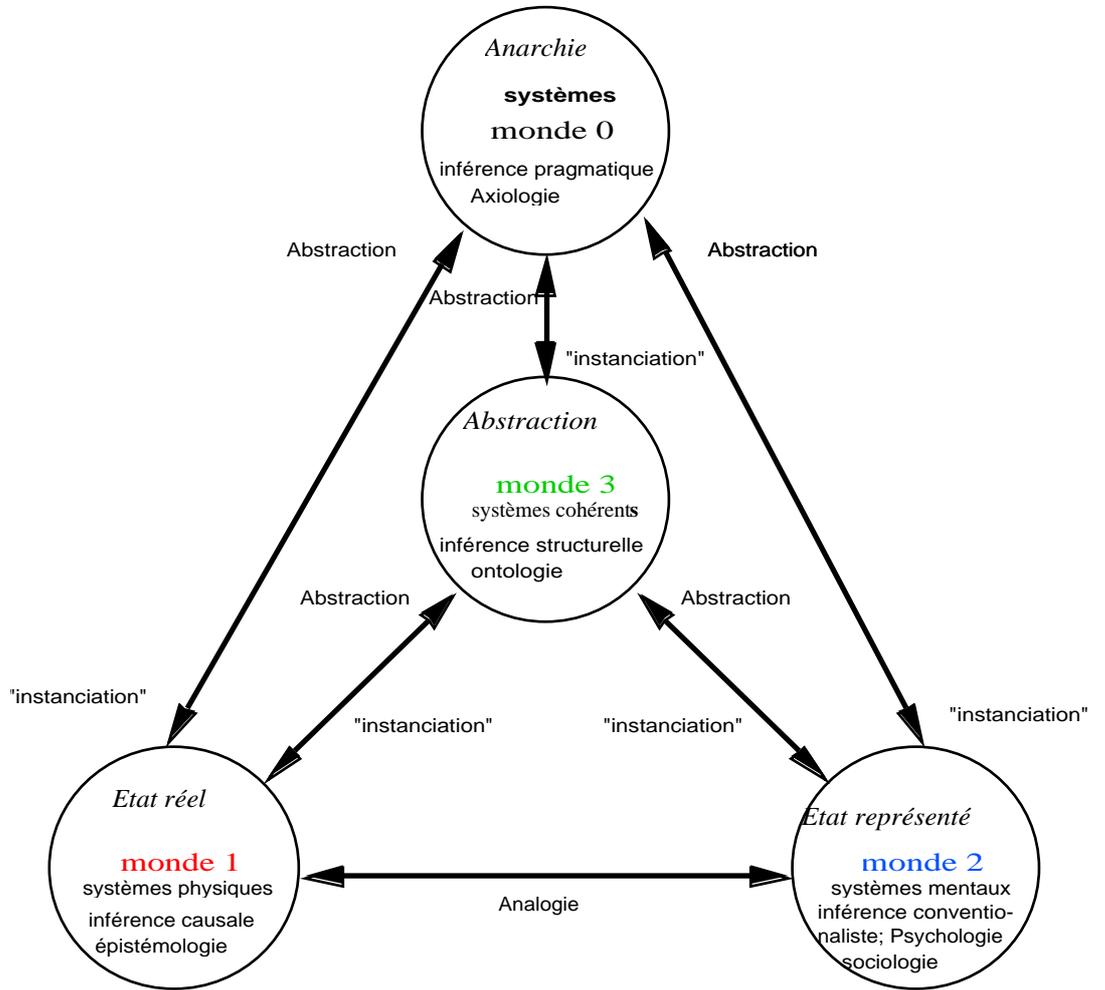
D'autre part,

«le comportement de l'ordinateur est prescrit par les personnes et ceci peut être aussi évident pour l'utilisateur. La valeur des systèmes et les attitudes interpersonnelles des désigner et programmeur du système peuvent avoir été incorporées dans le comportement du système, rendant ainsi la perspective animiste inévitable»<sup>84</sup>.

*La figure «3 dérivation de la théorie des 3 Mondes» résume les relations entre la cognition (Monde 3), la computation (Monde 2), et l'incorporation de la technologie (Mondes E, C, P). Les formes sociales et métamorphoses de la technologie<sup>50</sup> «ca pitalisée» sont incluses dans les mondes physiques E et C, la technologie «incarnée» dans le Monde P (les savoir-faire), et aussi dans le Monde C (le mental des logiciels). Les relations sont ambivalentes : abstraites et concrètes.*

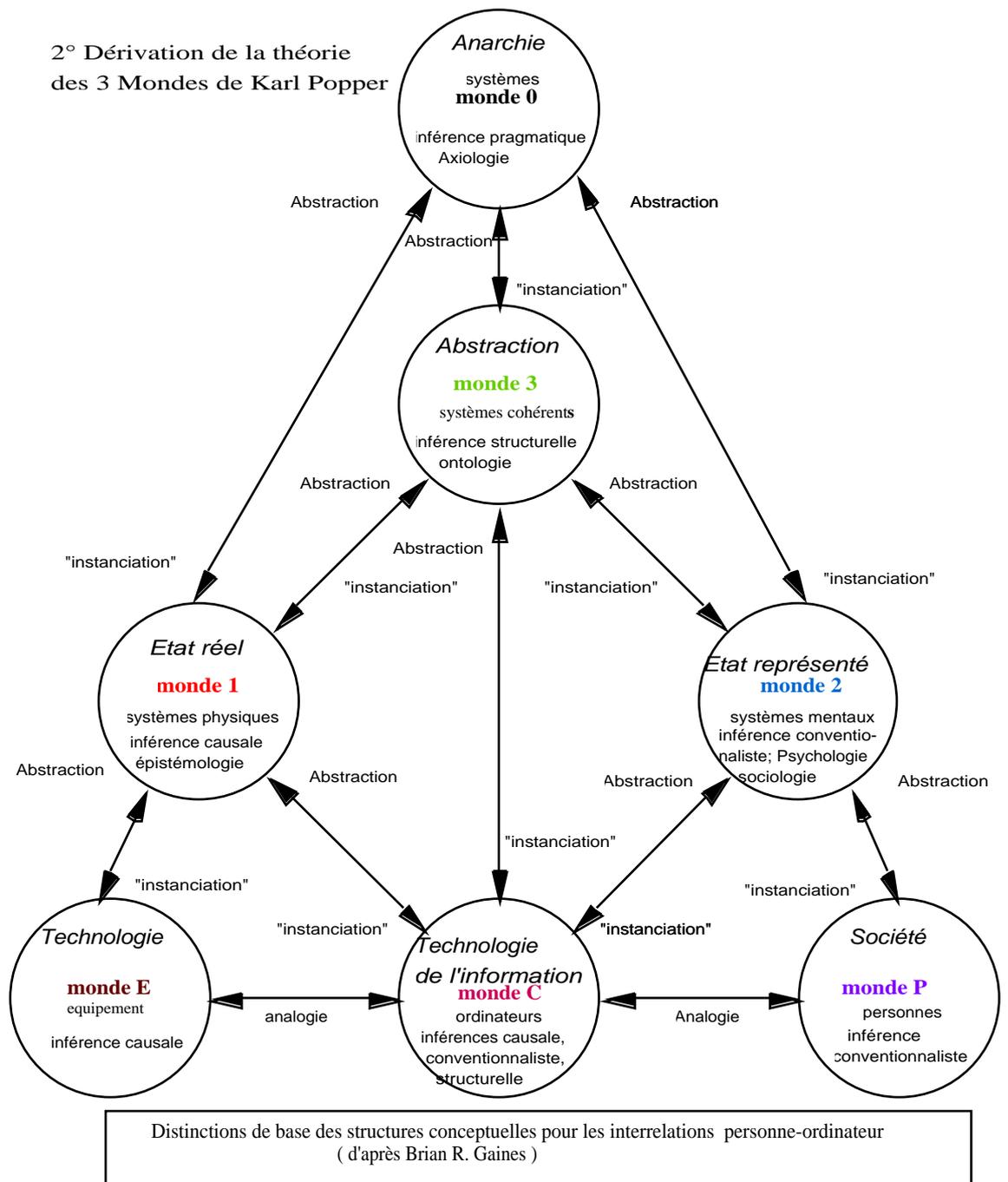
La seule reconnaissance de l'abstraction amène à une interprétation univoque qui substitue à la réalité idéale l'immatériel et, à la limite, l'animisme. Le développement du «mental», de la «cognition» ne conduisent pas à l'évanouissement du «physique». Tout au contraire, il s'agit de phénomènes qui s'entretiennent, s'autodéveloppent mutuellement. Mais le «physique» d'aujourd'hui n'est plus celui d'hier. Les avancées du savoir évanouissent les limites de sa représentation

1° Dérivation de la théorie  
des 3 Mondes de Karl Popper

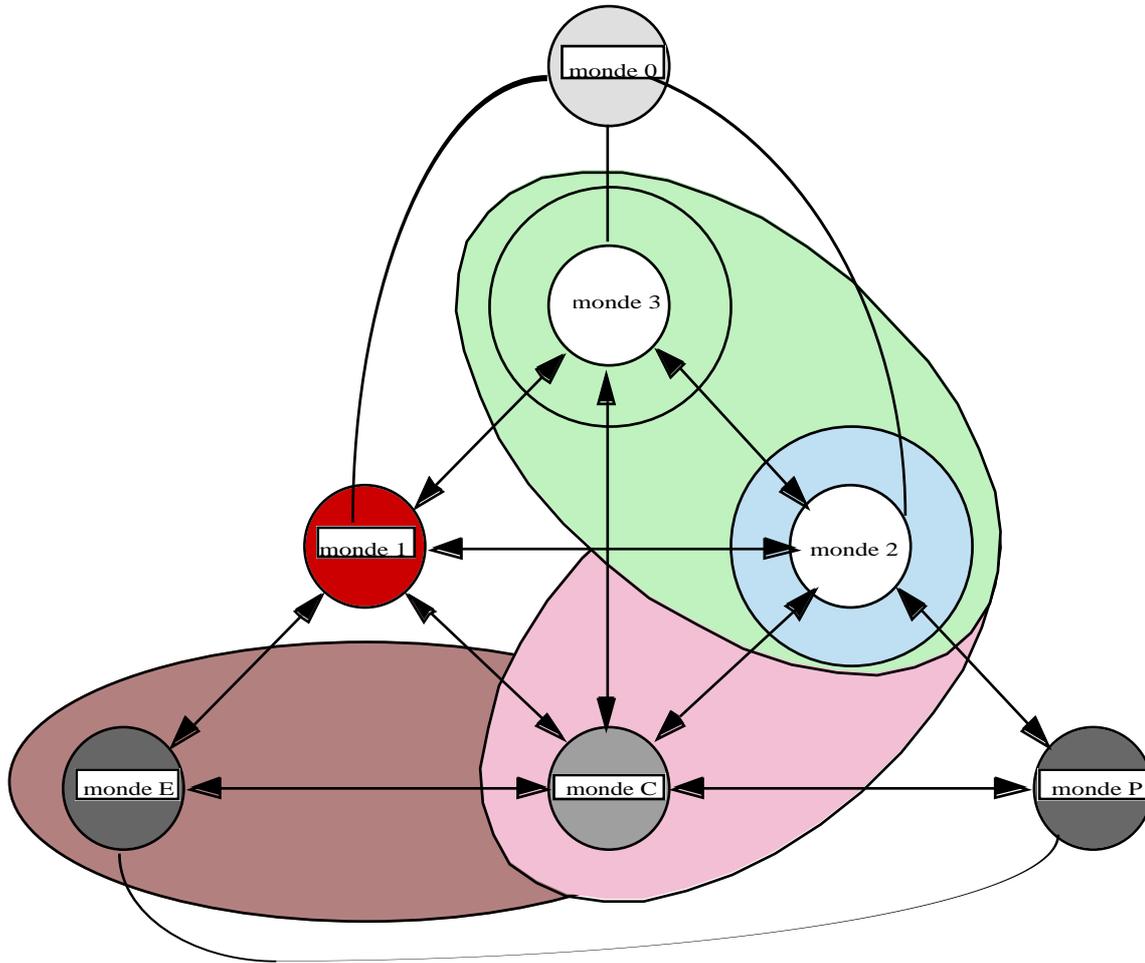


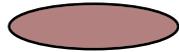
Distinctions de base entre anarchie, abstraction, état réel ("actuality"), état représenté ("agency")  
(d'après Brian R. Gaines)

2° Dérivation de la théorie  
des 3 Mondes de Karl Popper

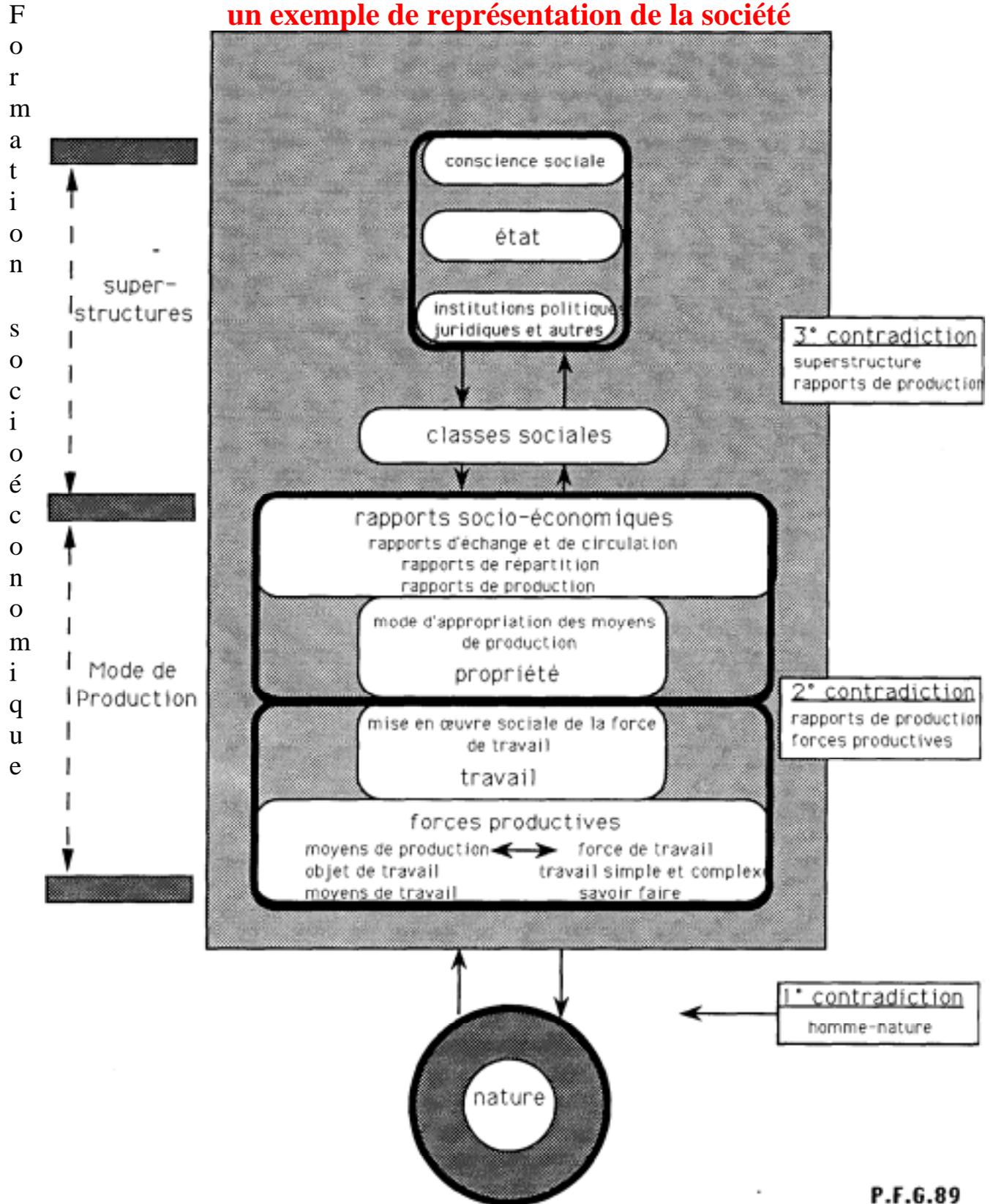


3° Dérivation à partir des 3 mondes:  
la cognition, la computation, l'incorporation de la technologie

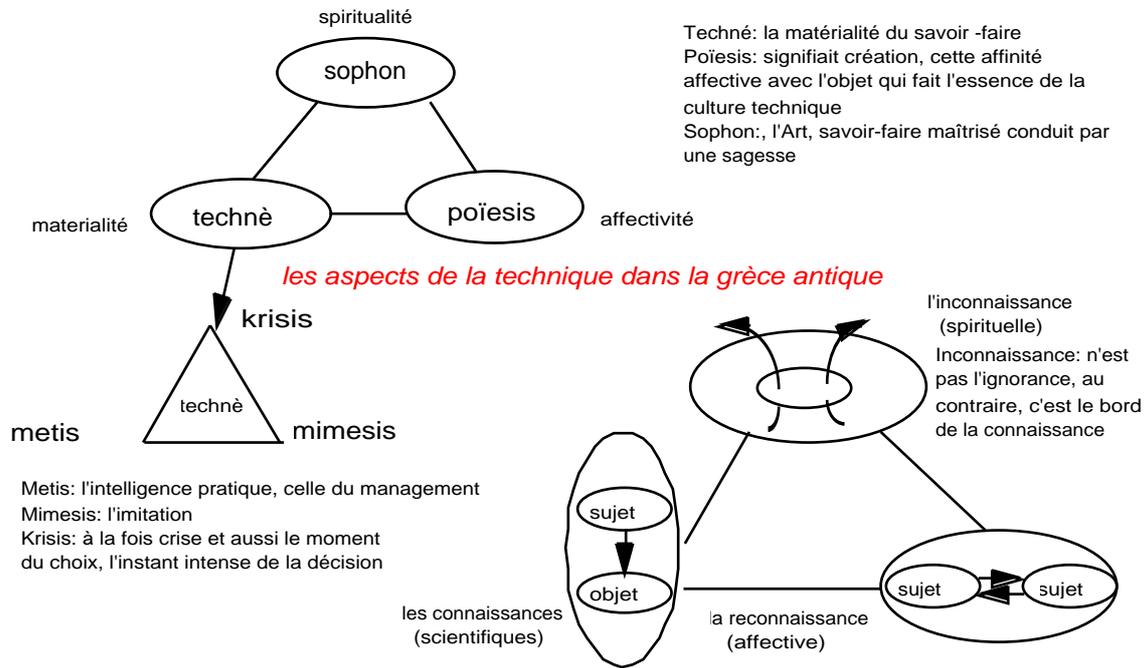


-  abstraction, cogitation, pensée
  -  processus mentaux, computation
  -  technologie des équipements et de l'information
- P.F.G.89

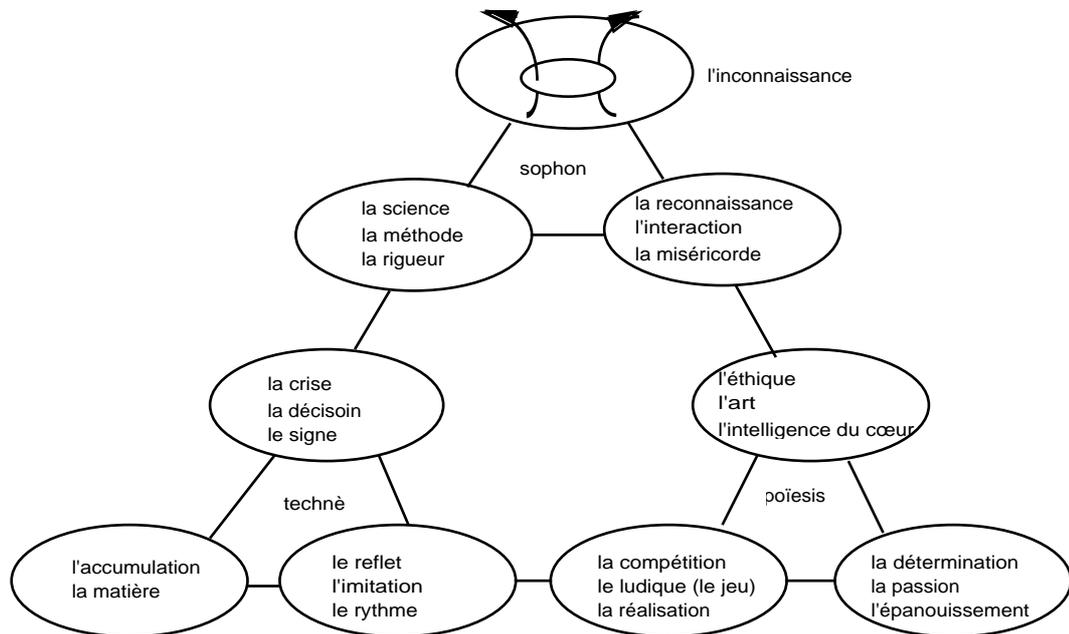
## un exemple de représentation de la société



## représentation dérivée de la philosophie grecque



## les trois aspects de la connaissance pour la société de création



## représentation trifonctionnelle: vers une société de création

(d'après T. GAUDIN, "pouvoir du rêve")

91. Doc. cite réf. 17.

92. Pierre Delattre, *Système, structure, fonction, Évolution, essai d'analyse épistémologique 2*, édition Maloine, 1985.

93. Voir les nos 71 et 72, novembre et décembre 1983 de Futuribles consacrés aux théories, méthodes et applications de la prospective, de la prévision, et de la planification stratégique.

94. Pierre Frédéric Tenière-Buchot, *L'ABC du pouvoir, Agir, Bâtir, Conquérir...* et *Sourire*, les éditions d'organisation, 1989.

On considérera **la structure**. Avec elle on rappellera qu'alors que la prévision considère des relations statiques à structures constantes, la prospective envisage des relations dynamiques à structures évolutives. C'est là une des différences essentielles des deux approches.

Dans les deux cas cependant se pose le même problème : comment définir la structure par rapport au système ?

Pierre Delattre a eu le mérite d'essayer de dissiper la confusion qui règne entre les concepts de système, de fonction et d'évolution<sup>91</sup>. Celui de structure connaît une fortune exceptionnelle dans les milieux scientifiques. Il n'en est pas moins très flou, sauf en mathématique. On entend généralement par structure l'arrangement des parties d'un Tout, ce Tout constitué de parties reliées entre elles étant le système. Une structure est donc toujours relative à un système, il n'y a pas de structure en soi. La première est incluse dans le second, les données servant à définir la structure devront en conséquence être prises parmi celles définissant le système.

La première question qui vient à l'esprit est si cette distinction est importante. A priori, oui, car la concep

tion de la structure est l'élément central expliquant à la fois le fonctionnement et la révolution du système étudié, sa stabilité et son instabilité.

L'universalité du mot de système recouvre des ambiguïtés qui ne sont pas sans analogie avec la réciprocité du concret et de l'abstrait. Un système s'observe à travers le concret, mais lui :

même est une abstraction. Le Moigne l'a expliqué « nous devons en convenir, ' le système est un produit artificiel de *I l'esprit des hommes*. Ce qui ne l'empêche ;

nullement d'être un objet particulièrement utile et commode, non pas pour i expliquer mais pour *représenter* les ob- ; jets que l'homme veut connaître »<sup>18</sup> ;

Le système, comme représentation du s concret est une abstraction, et a fortiori, È la structure qui y est incluse est une abstraction au second degré. A la difficulté de délimiter le système s'ajouter donc celle d'en définir la structure. Mais laissons provisoirement le problème théorique pour voir ce qui se passe dans la *réalité de la pratique prospective*.

La prospective sérieuse est fondée explicitement sur l'analyse du système<sup>93</sup>. La constitution de la matrice d'analyse structurelle — encore appelée matrice des relations logiques en est l'outil essentiel. Tenière-Buchot explique très clairement comment on procède<sup>94</sup>.

D'abord le principe est simple : il se limite à étudier systématiquement toutes les relations pouvant exister entre divers paramètres en examinant ceux-ci deux à deux. On dresse donc la liste de tous les paramètres qui peuvent intervenir dans un problème donné. « Recenser les variables, c'est s'efforcer de comprendre ». Ceux-ci sont ensuite regroupés selon les opinions des participants à rétablissement de la matrice. Une façon d'ordonner l'information est de la répartir en : « hypothèses de base (qui semblent constituer les prémices, les racines du système), grands objectifs (sur lesquels débouche le système) et, contraintes (observations qu'il est difficile de classer dans l'une des deux catégories précédentes) ». On pointe les influences directes évidentes entre variables par une notation binaire dans leurs cases d'intersection du tableau carré de la matrice. Ou bien elles existent (on marque un signe), ou bien elles n'existent pas (on ne marque rien). N'est-ce pas surn. pliste et abusif, s'interroge Tenière-Buchot ? « Ne pourrait-on pas nuancer en identifiant la relation par son intensité (par un entier de zéro à dix, par exemple ?). On pourrait également indiquer les sens de l'influence (par un entier relatif de -10 à +10, ou toute autre échelle de même nature). En réalité, l'expérience montre que de tels raffinements, loin d'améliorer la démarche, l'obscurcissent. Ce qui compte est de comprendre la structure du système % et les principes qui régissent les relations de pouvoir qui s'y développent ». Le comptage des points d'intersection en colonnes traduit l'influence globale d'un paramètre sur les autres. Réciproquement le comptage en lignes exprime sa dépendance. « La *motricité* indique combien de fois un paramètre peut influencer un système de manières différentes. La *dépendance* fournit une indication de la variété des influences qu'une variable peut subir de la part d'un système ». Le nuage des paramètres obtenu peut être divisé en quatre zones : celle où les variables sont à la fois fortement motrices et faiblement dépendantes, à l'extrémité de celles-ci les variables faiblement motrices et fortement dépendantes

## 1. La prospective technologique requiert la construction de puissants instruments opérationnels

T. Gaudin<sup>76</sup> estime à partir de banques de données qu'il existe 6 millions de termes technologiques, l'auteur de cette étude aboutit à des estimations voisines<sup>29</sup>. Un métalangage s'est donc créé beaucoup plus vaste que les langues pariées et écrites. Cela signifie que le nombre des «espèces» artificielles est désormais du même ordre de grandeur (10<sup>6</sup>) que les espèces végétales, animales et minérales. La technosphère c'est ce phénomène massif et croissant capable d'opérer désormais la biosphère. Or, alors qu'il existe des flores, des faunes et des classifications naturelles, l'humanité ne s'est pas dotée encore du grand instrument taxonomique permettant de comprendre la constitution, révolution du système technique, afin de réfléchir à son devenir et d'agir sur celui-ci. C'est la raison du projet de «l'encyclopédie systémique de la technologie»<sup>29</sup>. Ce projet est conçu comme un instrument actif de la prospective. En effet la taxonomie permettrait la recherche des proximités techniques, l'utilisation de méthodes comme l'analyse morphologique<sup>121</sup>, la détection des compatibilités et incompatibilités d'association entre technologies, de là il n'y aurait qu'un pas à franchir pour établir des matrices de découvertes.

Les graphiques suivants rappellent l'hypothèse générale de l'édifice technologique, des logiques de la technologie et ses articulations développées dans «la technologie générale, le projet de l'EST»<sup>29</sup>.

2. La prospective technologique, partie de la prospective générale, est redevable des mêmes progrès méthodologiques à accomplir.

Systemographie, théories explicites de référence, articulations avec l'économie, études des mécanismes, typologie des interrelations, introduction de la dynamique des systèmes «activée» par la dialectique complexe, constituent un corps méthodologique commun.

Le graphique «problématique de la prospective sociale» rappelle la conception générale de la prospective dans laquelle s'insère celle de la technologie.

Le graphique «articulations technologie-société-méthodes de prévision

et de prospective» résume les rapports de ces dernières avec les représentations de la société, de l'économie et de la technologie.

3. La prospective technologique requiert le développement d'instruments plus complexes et l'utilisation de l'outil informatique

Pour opérer la complexité de la réalité il faut, selon l'expression de J. Saint Geours créer «des outils complexes»<sup>122</sup>.

Le schéma «mapping» de la prospective dessine le plan d'un tel outil. Il comprend 24 modules qui se répartissent en 3 «blocs» :

1) Le statut de l'opérateur (ou des) de la prospective, les projets des acteurs impliqués

2) Les rapports intrinsèques du système technologique,

3) Les rapports extrinsèques du système technologique.

a Le bloc 1 comprend les 2 sous-ensembles, *statut du prospectiviste et projets des acteurs*, qui ont des modules communs : niveaux des finalités et des buts, niveau décisionnel, échelle des temps ; l'existence de ces modules communs ne signifiant pas que le prospectiviste et les acteurs concernés se situent de la même façon dans ces échelles.

^opérateur n'étant pas neutre en prospective, il faut identifier ses intérêts, et en supposant qu'il n'en est aucun — sinon de comprendre — sa prospective a cependant un but et une échelle temporelle.

Le point de départ de toute prospective est évidemment le niveau de celle-ci. Il est donc aisé de dresser une échelle allant des problèmes limités et simples à des problèmes globaux et complexes, on proportionnera l'utilisation des instruments aux problèmes considérés

121.

Z.vnc1/y,Morphology and nomenclature of jets engines, aeronautical Engineering review, 1947.

122. Saint-Geours, L'éloge de la complexité, Eeonomica, 1987.

Ici, dans les développements qui vont suivre on se placera dans le cas de la prospective de problèmes importants.

- Les modules communs au prospectiviste et aux acteurs comprennent les échelles des niveaux des finalités des buts, de la décision, et des temps.

- On sait que les *finalités* (ou valeurs) s'expriment en termes éthiques. Dimension généralement oubliée et réduite à celle des stratégies, mais qu'il faut incorporer dès lors que l'on se fixe pour objectif la maîtrise sociale de la technologie, objectif qui est en concurrence, en contradiction antagoniste avec d'autres finalités. En voici, à titre d'exemple une liste non exhaustive, mais qui marque des différences notables d'éthique : survie de l'entreprise dans la compétition, réalisation du profit, accès à la puissance, contrôle social, défense du pays, amélioration du bien-être, prolongation de la vie, possession de la nature, convivialité avec l'environnement, self-accomplissement personnel et création, augmentation de l'emploi, enrichissement du travail... Finalités qui peuvent ou non se combiner.

- Les *buts* transforment les finalités en *missions* opératoires et peuvent être divers et eux aussi de niveaux différents. Par exemple : amélioration du procédé, abaissement des coûts, réduction du personnel, fiabilité, sécurité, facilité d'utilisation, économie d'énergie, élargissement des espaces d'opération, nouveau matériau, nouvel élément technique, nouveaux objets, élimination des travaux dangereux et insalubres, création de technologies génériques ou spécifiques, transfert vertical et horizontal, technologies «propres», missions stratégiques et tactiques de la défense nationale, diffusion technologique, percée technologique, émergence d'un nouveau secteur d'activité...

- Les *niveaux décisionnels* vont de l'individu à l'entreprise, la profession la nation, les ensembles régionaux, la communauté internationale. Ils concernent l'opérateur et les acteurs. Il est possible et c'est même le cas le plus fré

quent que le prospectiviste-consultant se situe hors de la hiérarchie décisionnelle, mais les acteurs eux, se rattachent toujours à un niveau de décision. Cette identification est importante quand il s'agit de repérer les variables sous le contrôle du centre opérateur, celles qu'il peut influencer et les contraintes subies.

- *L'échelle des temps* varie selon la visée de la prévision, de la prospective ou du projet.

- Le statut de l'opérateur dans le cadre d'une prospective critique se fixant pour finalité la maîtrise sociale de la technologie pourrait comprendre les 2 modules des *fonctions sociales et des activités techniques* qui auraient un double rôle :

- \* situer les projets des acteurs (finalités, buts, temps) par rapport à leur utilité sociale. Les fonctions sociales sont limitées en nombre<sup>29</sup> : de l'ordre de  $10^2$ , les fonctions techniques primaires également, de l'ordre de  $10^3$ .

- \* situer le niveau de la prospective dans l'édifice technologique par rapport au niveau des fonctions sociales.

- Les projets des acteurs, outre les modules précédents communs, ont des modules spécifiques : *l'identification des acteurs* impliqués par le problème considéré, leurs *projets technologiques*, les *moyens d'action* dont ils disposent, les *contraintes* qui les affectent. On notera qu'il serait utile de distinguer contraintes inéliminables et celles qui peuvent l'être dans un horizon de temps donné, la levée de cette dernière catégorie de contraintes pouvant avoir la signification d'un changement de structure. La combinatoire des buts, des moyens et des contraintes des acteurs aboutit à la définition de leurs *stratégies*. Les modules associent réalités objectives et réalités intentionnelles, subjectives.

n Le bloc 2 correspond aux *rapports intrinsèques de la technologie*. Il comprend les modules du niveau dans l'édifice technologique, du «moment» de la technologie, de sa compréhension, de sa complexité structurale

des fonctions de production technologique et des perspectives de changements des inputs et de l'output.

• *L'édifice technologique* comprend les niveaux suivants sur lesquels porte la réflexion prospective : les lois scientifiques, les principes techniques, les propriétés, les procédés, les éléments, les objets, les sous-systèmes, le système technique.

• Les «moments» de la technologie sont ses phases successives : idée, création, innovation, diffusion, qui peuvent au demeurant être décomposées plus finement. Ils ont caractère continu ou discontinu.

• La *typologie générale* de l'en-tendement de la technologie est dérivée des analyses précédentes. On peut distinguer 4 conceptions principales :

1. la technologie est un phénomène autonome qui façonne la société

2. la technologie est façonnée par la société, c'est un système à interfaces «physique» et «social», on admet l'existence de lois physiques et l'hypothèse d'un édifice technique structuré

3. même cadre général mais on ne considère pas un sous-système physique organisé, on fait aussi une distinction entre variables internes et externes,

4. la technologie et la société forment un tissu sans couture, il n'y a pas de distinctions entre variables internes et externes mais un réseau-acteurs constitué d'associations hétérogènes d'agents et de facteurs matériels considérés conjointement.

• Le module *complexité structurale* comprend une échelle des degrés de complexité technologique ; une représentation des interconnexions des constituants ; les forces d'inertie ou «momentum» de l'entité technique considérée ; les forces d'entraînement, les «valences» technologiques, les compatibilités ou incompatibilités d'association.

• *Uéchelle de complexité technologique* est à établir dans la spécificité des différentes branches d'activité, elle reflète l'état du développement technologique existant (ex. 7 niveaux dans la méthode ACT<sup>124</sup>).

• La *représentation des interconnexions entre les constituants* exprime la forme d'organisation de l'élément ou de l'objet techniques (ex. la typologie de Thompson, ou celle de Warfield<sup>129</sup>).

• Le *croisement* de l'échelle de complexité technologique et de la représentation des interrelations des constituants exprime *l'organisation de la structure* de l'élément ou de l'objet techniques.

• Le «*momentum*» technologique est la force d'inertie de l'entité considérée dont les causes sont diverses : phases ascendantes du produit ou du procédé, poids des immobilisations du secteur obligeant à poursuivre la production, même dans des conditions technologiques obsolètes, intérêts engagés, etc.

• Les *forces d'entraînement* sont de nature technique ou en dehors de celle-ci, dans le sens défini en économie politique (particulièrement par F. Perroux). Des technologies comme l'informatique sont motrices, elles peuvent entraîner d'autres technologies et activités et avoir des effets sur les espaces d'opération économiques, la croissance, les flux de marchandises, d'investissement, la productivité, d'attraction des facteurs de production, de diffusion. Derrière les forces d'entraînement il y a des unités actives, et donc des acteurs. Les effets d'entraînement peuvent se convertir, sous certaines conditions, en effets de domination et en emprise de structure.

• Ces forces présentent des *lignes d'action* qui peuvent converger ou diverger, être complémentaires ou opposées. Les positions respectives, leur intensité, sont partie des *mécanismes* d'incorporation et d'articulation de la technologie avec les autres forces socio-économiques.

• Les «*valences*» des technologies représentent les capacités de liaison entre elles. La polyvalence des technologies modernes, l'information en particulier, permet le développement de technologies en grappes comparables à de grosses

123. W.J. Warfield, «Some principles of knowledge organization» in *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, juin 1979, vol. SMC9, no 6.

molécules. Il convient donc d'organiser les connaissances à ce sujet, et de constituer une sorte de table de Mendeleïff.

Il ne faut pas se dissimuler que la plupart des données de ce module sont à constituer, il n'existe pas dans la littérature des tables de la complexité ni des valences, ni des interconnexions hiérarchiques des éléments et objets techniques. C'est une formidable lacune qui limite singulièrement la compréhension du système technique et les exercices de prospective. L'élaboration de ces informations structurelles requiert un grand projet entraînant. C'est le rôle assigné à l'E.S.T.

- Les *fonctions de production technologiques* qui s'appliquent aux éléments et objets comprennent la description des inputs, des opérations nécessaires à leur fabrication et de leur degré de complexité<sup>124</sup>. Ce module est une autre expression de la complexité structurelle, mais il est plus immédiatement réalisable.

- Le module «*state of the art*» est l'état présent de l'entité faisant l'objet de la prospective technologique. Il devrait être un instrument descriptif des différentes alternatives technologiques, des principes scientifiques et technologiques qui les sous-tendent, de l'économie de celles-ci, de leurs conditions de commercialisation, des savoir-faire nécessaires à leur mise en œuvre ; rarement l'ensemble de ces informations n'est disponible dans la littérature libre alors qu'elles sont essentielles pour la décision, d'où l'intérêt de leur constitution et de leur diffusion pour l'éclairage des choix sociaux des technologies.

- Le module *perspectives de changements techniques et de l'output* est une résultante des informations et opinions des experts et de l'analyse des tendances et de leur interprétation par les opérateurs de la prospective. Il présente différents *degrés* :

- \* le premier, correspond aux perspectives courantes, par ailleurs indispensables, qui sont le plus souvent des extrapolations de tendances, quelquefois

hasardeuses. Généralement elles sont limitées par l'insuffisance de la prise en compte de la complexité structurelle.

- \* le second marque une rupture méthodologique essentielle, par l'analyse morphologique des proximités. Il est possible de déterminer la potentialité de changement des technologies et de constituer des «arbres technologiques»<sup>125</sup> qui pourraient être ultérieurement utilisés comme matrices de découvertes. Bien évidemment la réalisation de ces potentialités intrinsèques dépend de leurs conditions extrinsèques.

- \* le troisième degré serait l'adjonction à l'analyse morphologique du module de la complexité structurelle. Avec lui on entrerait véritablement dans la seconde génération d'instruments de la prospective technologique. Etant le résultat d'une conception intrinsèque du système technologique ces résultats devraient être croisés avec les rapports extrinsèques de la technologie.

a Le bloc 3 rapports extrinsèques de la technologie comprend les sous-ensembles interdépendants de la représentation de la société et du positionnement de la technologie, des articulations de la technologie, l'articulation de ses propres logiques, de la dynamique de système, et, outil opérant tous les autres, la dialectique complexe comme méthode de la méthode.

- La *représentation de la société* subordonne celle de la position de la technologie. Les articulations sont triangulaires entre les théories explicites ou implicites exprimant une vision du monde, la compréhension de l'édifice technologique, les théories économiques qui s'articulent avec la technologie (voir le chapitre globalisme et prospective technologique). Comme il a été écrit l'inéliminable influence de l'opéra-teur et même de l'observateur, conduit à des représentations multiples et au pluralisme de la prospective. Encore faudrait-il qu'à l'intérieur d'une conception il y ait cohérence entre les divers

plans théoriques, ce n'est pas toujours le cas.

• Le module des *articulations de la technologie* concerne ses rapports avec l'économie, le travail, l'organisation de la production et l'environnement. Comme il a été signalé le découpage de la frontière d'un système est arbitraire, la séparation entre ce qui est intrinsèque et extrinsèque fait souvent problème. Ainsi la technologie sous sa forme «incarnée» est du travail présent et sous sa forme «capitalisée» du travail passé, au terme de ses métamorphoses la technologie se concrétise dès qu'elle s'incorpore dans l'organisation de la production<sup>29</sup>. C'est cette difficulté qui conduit certains sociologues à considérer la technologie et la société comme un «tissu sans coutures»<sup>32</sup>. Cependant cette partition «interne» «externe» a son utilité. Elle permet, notamment de conjecturer de la concrétisation des potentialités intrinsèques de changement technologique sous l'influence, la contrainte ou l'imposition des conditions économiques ; il n'est pas assuré que le jugement serait plus lucide en mettant tout dans le même paquet. Il y a d'autres raisons de maintenir cette présentation. Le sens des relations technologie-travail-organisation de la production peut *varier* dans le temps. Le sens dominant de révolution du capitalisme a été la subordination de l'organisation du travail à celle de la production articulée sur révolution technique. L'environnement n'a pas été un primat, tout au plus a-t-on commencé à estimer les impacts des technologies — c'est la raison principale du «techno-logie assesement» — mais, bien que les désastres et menaces écologiques récents créent une situation nouvelle à l'échelle de la planète, jusqu'alors les impératifs de l'environnement n'ont pas vraiment opéré le système technologique et la production de technologies «propres» n'est pas encore à un niveau significatif. Dans des périodes de crise sociale aigue, où la question de la pérennité du système est posée, le «social» peut devenir dominant. La relation causale simpliste

selon laquelle la technique entraîne l'économie qui entraîne le social qui entraîne le politique et l'idéologique est présentement remise en cause et la question a été posée si le social n'entraîne pas désormais l'économique<sup>126</sup>. Les perspectives d'une compétition économique accrue dans l'Europe communautaire, les pressions japonaises et américaines, font un enjeu du pouvoir technologique et n'excluent pas que le «social» soit, de nouveau, la variable d'ajustement. Rien n'est joué. Or le primat du social et de l'environnement subordonnant le développement technologique via la médiation de l'économie et de politiques directes, l'inversion consécutive des relations principales, sont le grand retournement à provoquer à l'aube du troisième millénaire. Il est donc utile de disposer d'un instrument analytique qui permette d'étudier les multiples relations réciproques, et par là même, les conditions de réalisation de nouveaux projets sociétaux.

Comme il a été montré précédemment la représentation des relations avec l'économie varie avec le cadre théorique. Si l'on admet qu'il y a des lois tendancielles de l'économie, il faudrait développer systématiquement la connaissance des chaînes de causalité, des boucles complexes où les tendances sont renforcées. Il est concevable de faire des logiciels alternatifs en référence à des cadres théoriques explicites.

• Le module de *l'articulation des logiques propres de la technologie* est une grille de lecture des informations et un mode d'organisation de celles-ci. La logique de construction est celle de l'assemblage, de la cohésion, de la combinatoire technologique et de ses lois physiques. Elle est donc d'essence intrinsèque, mais elle doit être examinée conjointement avec les autres logiques La logique d'utilisation est celle du contrôle social, de rechange composite, des facilités d'utilisation et des performances de l'objet technique. La logique de fonctionnement est celle des formes sociales de la technologie, de la structure, de l'autonomisation relative, de

126. H. Mendias, *Le so-<sup>^</sup> entraine-t-il pas désornia'ii l'économique ? Futuribk"* no 105,dec. 1986.

l'organisation du système, des cohérences induisent les libertés de réalisation. internes et externes. La logique d'évolution Ce «mapping» est une construction est à la fois résultante et projet, continuation complexe, celui qui est représenté contient et rupture. Les acteurs sont redevables de ces environ 130 dimensions et positions. On sait logiques et les opèrent selon la nature, les que le cerveau humain ne fonctionne pas en finalités et les buts de leurs projets. séquentiel<sup>127</sup>. Il n'est pas capable pour autant

127. Dès 1945 Vannevar Bush conseiller auprès du Président Roosevelt avait décrit un système, le Memex, capable d'interconnecter des documents analogiques ou stockés en bibliothèque. Son projet était justifié par l'explication suivante : «L'homme pense... opère par association d'idées. On ne peut espérer reproduire artificiellement et dans sa totalité ce processus mental, mais il est possible à l'homme d'apprendre sur celui-ci». Penser, c'est mener une pluralité d'idées simultanément, parallèlement, chacune dépendant des autres et contribuant à l'élaboration de l'autre. Voir dossier Hypertexte : l'outil de navigation documentaire, Aficro-sysfe-mes, no 105, février 1989.

128. J. Mélése, *La gestion par les systèmes*. Editions hommes et techniques, 1972.

• Le module de la *dynamique de système* est conçu comme le complément et retrouve le dilemme décrit par J. Mélése<sup>128</sup>, le prolongement des matrices d'analyse simplisme ou vertige de l'hyper-complexité. Ainsi qu'il a été expliqué la matrice des relations structurelles permettent d'opérer cette complexité sans que l'opérateur perde la maîtrise de leur première vue du système (ou de sa structure management. *L'informa-tique* récente ouvre des perspectives nouvelles dans cette direction. En effet de nouveaux logiciels sont des instruments de navigation permettant de relier entre eux des plans complémentaires dérivés de la dynamique séparés d'information et d'analyse. Ainsi le des systèmes, des matrices structurelles et logiciel Guide propose 32 niveaux de renvoi morphologiques de transformation ou d'exploration et Hyperdoc jusqu'à 127 incorporant les données sur le sens des<sup>127</sup>. Cela suggère de *coupler* le «mapping» boucles d'action, les phénomènes cumulatifs de la prospective technologique avec l'outil divergents ou convergents, les échelles informatique par une technique de d'intensité des processeurs et leurs durées, «chaînages». Ce projet apparaît au niveau de la recherche de la méthodologie de la permettre de faire un rapprochement entre «prospective de la seconde génération» ces données et celles du module de la complexité structurale.

• Enfin la *dialectique complexe* est dans croissante sont dessinés dans les schémas cette conception générale le mode d'emploi suivants : «*veille technologique*»), et la logique de fonctionnement de «*prévision technologique*», «*prospective courante*»), «*prospective de la seconde génération*»), «*prospective de la seconde génération*)).

• Le *principe* consiste à relier les uns les autres les plans d'analyse et de coopération entre les acteurs. raisonnement et de pouvoir en extraire une information interprétée en simultanée.

a En définitive, dans la construction Chaque composant des modules proposée la *prévision et de la prospective* comprendrait un programme qui *technologiques* sont à la fois entrée et sortie correspondrait à une hypothèse, théorie ou de la carte des différents modules. Une représentation explicite. Ces programmes entrée car il dépend de l'intention de joueraient en quelque sorte le rôle du moteur l'opérateur de faire une veille technologique, d'inférence d'un système expert. Ils une prévision ou une prospective, constitueraient la logique des chaînages et l'organisation des «chaînages» indique alors permettraient de traiter les banques de le cheminement à suivre. Une sortie car l'état données spécifiques aux composants des de l'information disponible, les perspectives modules. Les chaînages, généralement ne de constitution de l'information manquante devraient pas être linéaires, ils devraient faire l'objet d'itérations, de retours en arrière pour assurer

la cohérence du déroulement de la méthodologie. En d'autres termes le chemin n'est pas unique, il dépend des cadres théoriques de référence. Ainsi si la compréhension de la technologie est celle d'un système autonome façonnant la société, le cheminement sera plus simple et plus court, mais on ne pourra faire qu'une prévision technologique. Pour établir une véritable prospective technologique, il faut nécessairement adopter un autre point de vue initial. Le chemin sera plus long, plus compliqué et comportera des embranchements. Ces derniers varieront selon les autres cadres théoriques choisis, représentation du monde, théories économiques, représentation des mécanismes, etc...

**Le chaînage «veille technologique»** est le plus simple. Il contient obligatoirement les niveaux de la prospective et du niveau de son objet, dans l'édifice technologique, son «moment», l'échelle choisie des temps, le «state of the art», l'identification des acteurs et de leurs projets, les perspectives de changement des inputs et de l'output.

**Le chaînage de la «prévision technologique»** s'enrichit, dans le cas de prévisions à la fois exploratoire et normative des modules des niveaux décisionnels, des finalités et des buts, et des articulations de la technologie avec l'économie. Généralement la

compréhension de la technologie implicite est celle d'un système autonome façonnant la société, dans le cas où l'opérateur a une autre conception le faible recours aux variables externes confère à l'exercice prévisionniste la signification précédente.

**Le chaînage de la «prospective technologique courante»** ajoute des modules qui changent qualitativement l'exercice. Il en est ainsi par la prise en compte dans les projets des acteurs de leurs moyens d'action et contraintes, qui permet de dresser le tableau de leurs stratégies. L'ouverture s'élargit sur les rapports extrinsèques, par les interrelations de la technologie avec l'économie, le travail, l'organisation de la production, l'environnement. Le jeu synchronique des relations internes et externes est

décrypté dans une matrice d'analyse structurelle. Mais le flou existe entre la structure et le système. Ce flou conduit à adopter implicitement une conception de la technologie qui ne prend pas en compte l'hypothèse d'un sous-système physique auto-organisé. L'analyse des tendances passées et de la stratégie des acteurs permet d'établir des scénarios diachroniques basés sur le principe de la cohérence des agrégations et combi-natoires. Généralement la dialectique utilisée est simple. Les limitations de la lisibilité des matrices structurelles et celles du nombre des scénarios exploitables, amènent à réduire l'analyse de la dynamique des phénomènes étudiés et à éliminer une grande partie de l'information disponible.

**Le chaînage de la «prospective» du second âge** est le projet de développement des méthodologies existantes et d'une nouvelle amélioration qualitative. Les «*plus*» sont les modules des fonctions sociales de la technologie, de la complexité structurale et des fonctions de production technologique, des contradictions et conflits-coopération, des logiques technologiques et de la dynamique de système et le recours à une dialectique plus complexe. L'ad-jonction de nouveaux modules entraîne évidemment l'augmentation des relations et du chaînage.

La tentative d'extraire la structure du système induit — bien que cela ne soit pas inéluctable — la compréhension de la technologie en faveur de la conception duale «physique» et «sociale». Mais cette conception, quelle qu'elle soit, s'intègre dans une représentation de la société. Comme celle-ci varie selon les philosophies, il faut tendre à ce que ces deux niveaux de représentation, la technologie et la société, soient explicites.

Les chaînages nouveaux reliant la complexité structurale et la dialectique des contradictions à la dynamique des systèmes nécessiteraient, d'une part, l'adjonction aux matrices structurelles saturées d'autres *matrices morphologiques de transformation*, d'autre part,

*L'utilisation de l'informatique.* Ces *matrices complémentaires* devraient enrichir les relations de la matrice mère par la prise en compte moins incomplète de la dynamique du système socio-économique, de la structure du sous-système technique considéré, de leurs mécanismes où des processeurs jouent dans des sens positifs ou négatifs avec des intensités et des vitesses différentes. Des itérations seraient faites avec la matrice structurelle.

Exemple. Supposons que l'intention de l'opérateur soit de faire la prospective d'une Seghers 1981 par le choix d'une alternative de compréhension de la technologie et supposons encore que ce choix soit aussi celui de la technologie comme système à la fois «physique» et «social», un branchement sera à effectuer avec la représentation de la société pour s'assurer de la cohérence des deux modèles. On traitera de la partie «physique» du modèle, on passera à l'identification du niveau de l'exercice prospective dans l'édifice technologique, du moment concerné, à la fonction technologique en question, à la complexité structurelle de la technique des éléments et objets qui en sont ressortissants, aux valences et possibilités d'association, aux proximités techniques. La matrice des relations structurelles internes et externes sera une première modélisation des parties «physiques» et «sociales». Ainsi qu'il a été dit, il ne faut pas se dissimuler les difficultés de constitution de certaines des données des modules de la complexité structurelle et de la dynamique de système : celles concernant les niveaux d'organisation des éléments et objets techniques, les valences technologiques, l'algorithmisation du temps des phénomènes et de la vitesse des mécanismes, par exemple, sont pratiquement inexistantes. Leur interprétation requiert par ailleurs une grille de lecture des logiques de la technologie et l'utilisation des catégories de la dialectique des contradictions. La voie n'est donc pas aisée et, à défaut d'informations déjà constituées, on pourrait néanmoins progresser dans cette direction par un mécanisme d'information croissante, et d'essais-erreurs. L'essentiel est de prendre conscience des «plus» nécessaires, en raison des enjeux de la prospective technologique on peut penser que le reste suivra.

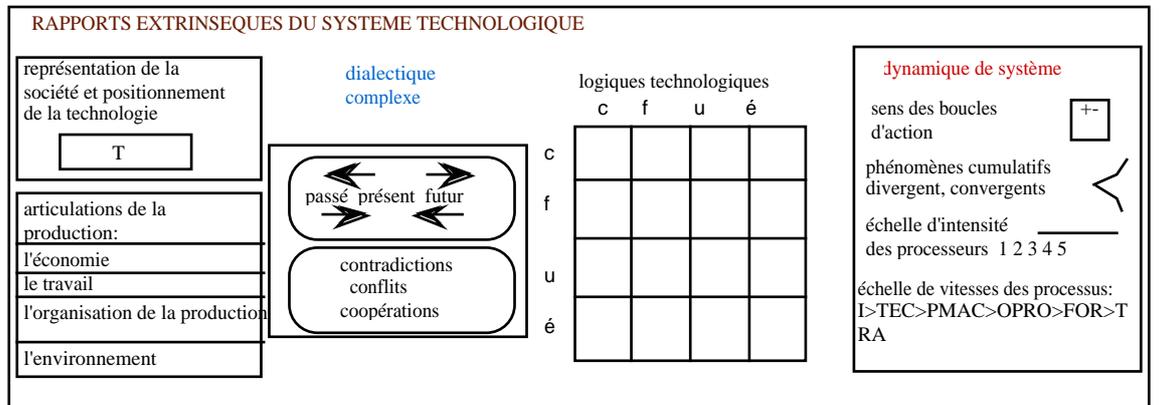
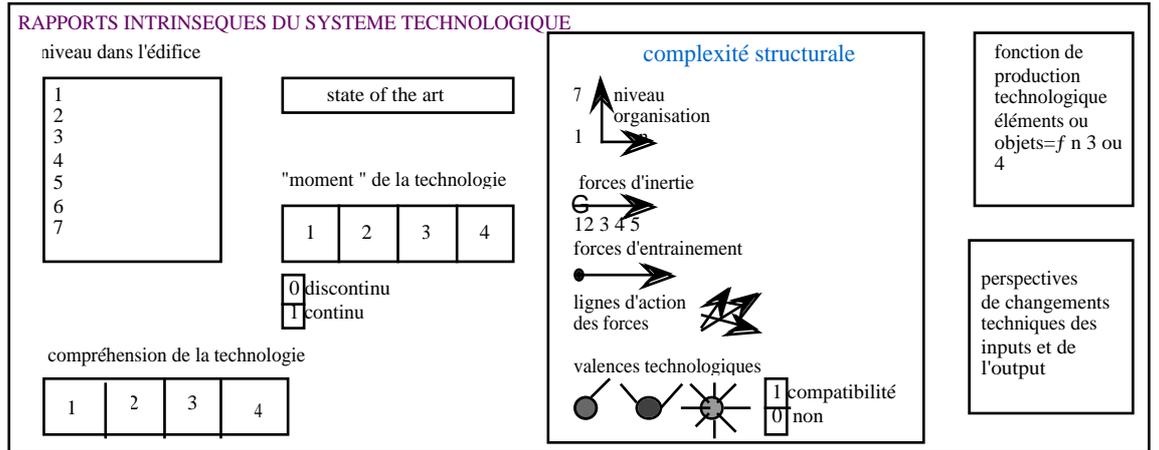
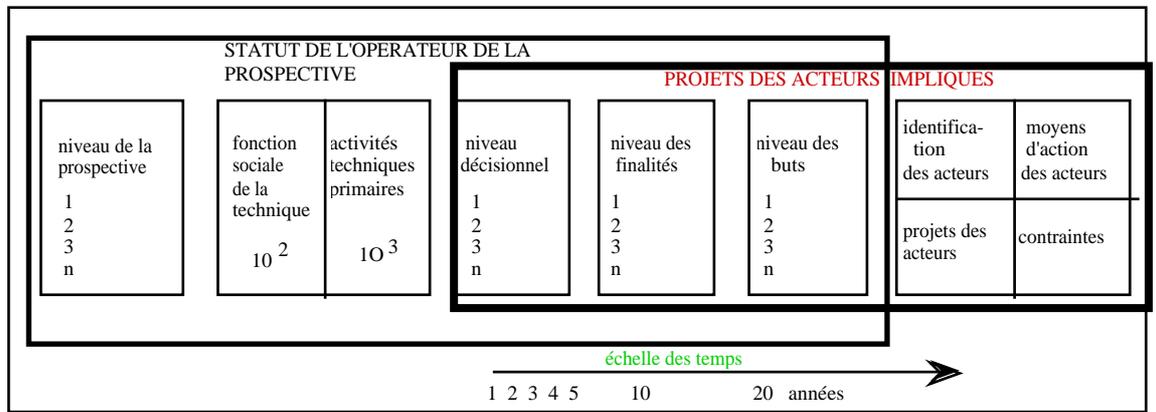
Le cheminement prospectif ainsi envisagé oblige à une *navigation* plus profonde à travers les plans de la technique, de l'économie, des relations de pouvoir et de la philosophie. Comme ces plans sont trop nombreux pour être saisis ensembles par l'esprit humain il faut aider ce dernier. L'informatique récente procure maintenant des outils de navigation puissants qu'il y aurait intérêt à tester à cette fin. Si le résultat s'avérait positif la perspective se dessinerait d'au très conceptions des scénarios. Mais l'informatique, pas plus que les mathématiques, est un substitut à la matière conceptuelle requise, c'est cependant un puissant instrument qui devrait dorénavant s'incorporer dans la nouvelle boîte à outils de «*la prospective du second âge*<sup>19</sup>».

En 1981, J. Lesourne imaginait une leçon de prospective en l'an 2000<sup>129</sup> :  
(J.Lesourne "*Les mille sentiers de l'avenir*" Segers 1981)

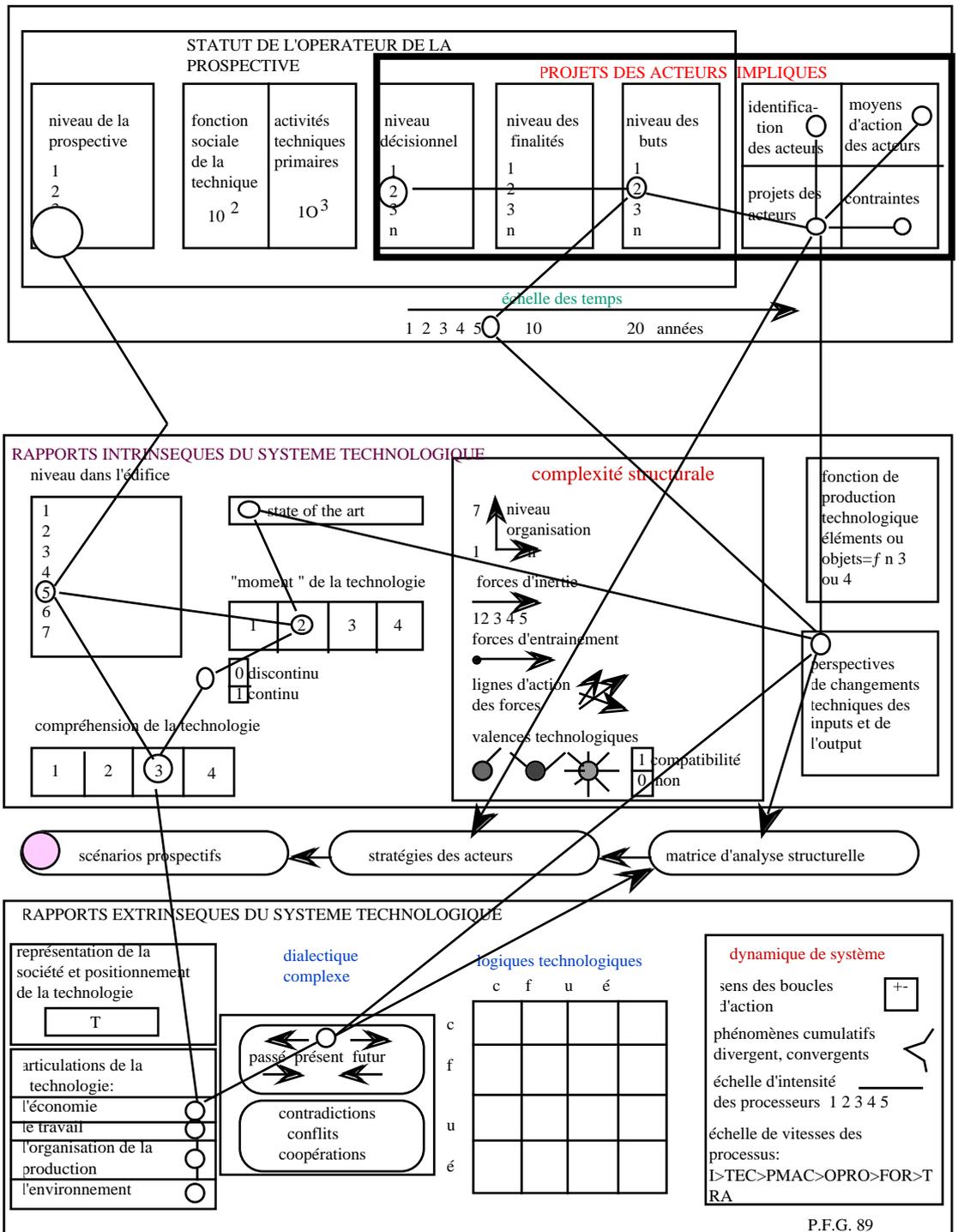
«6 Octobre 2000. Dans un conservatoire national des Arts et Métiers encore un peu plus vétusté qu'aujourd'hui, le professeur qui vient d'être nommé à la chaire nouvellement créée de prospective économique et sociale prononce sa leçon inaugurale. D commence par un solennel hommage aux pionniers de cette discipline, c'est-à-dire pour qui sait entendre par un catalogue de leurs erreurs et par un réquisitoire contre la pauvreté de leurs méthodes. H souligne l'indigence des données statistiques dont ils se sont servis, l'inadéquation des concepts de revenus nationaux qu'ils ont utilisés, la rigidité mécanique des modèles mondiaux qu'ils ont construits, la faiblesse théorique de toute la quincaille dont ils ont usé, de Delphi à Micmac, de l'analyse structurelle à la dynamique industrielle. Fini tout cela. En vingt ans, la prospective a fait d'incalculables progrès» .

En 1989, la tâche de bâtir la prospective de la seconde génération reste entière.

# "MAPPING" DE LA PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE

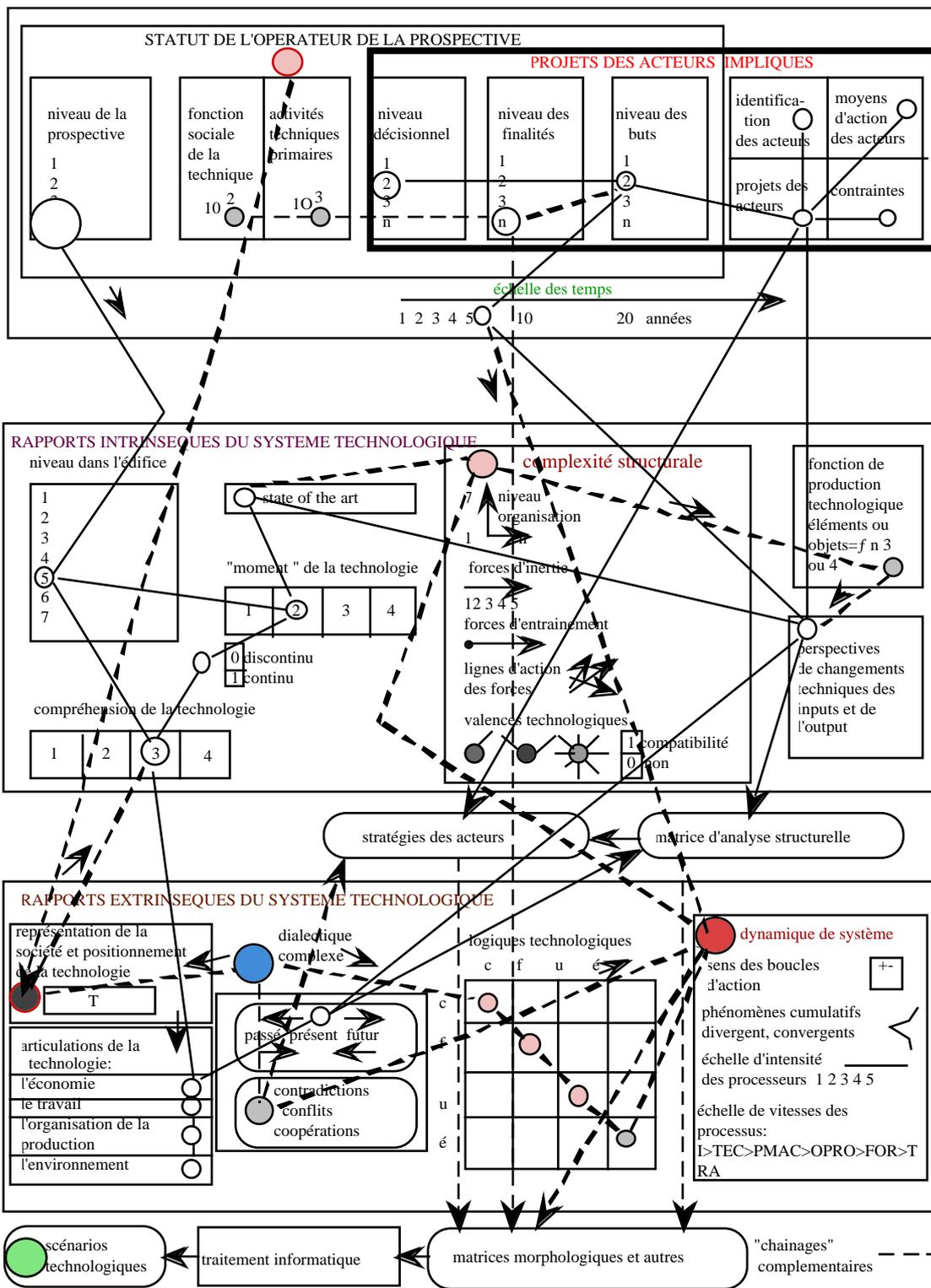


# "CHAINAGES" DE LA PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE COURANTE

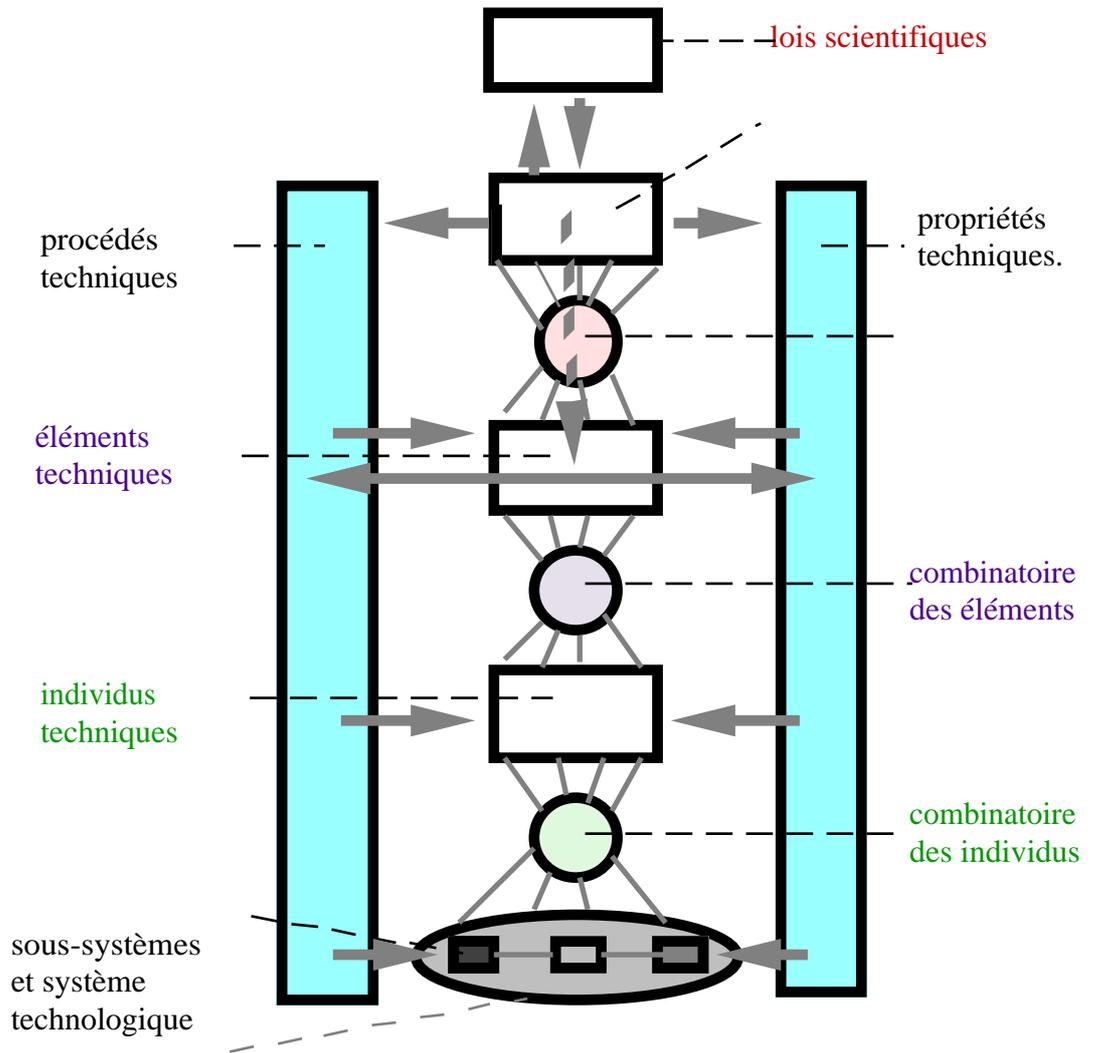


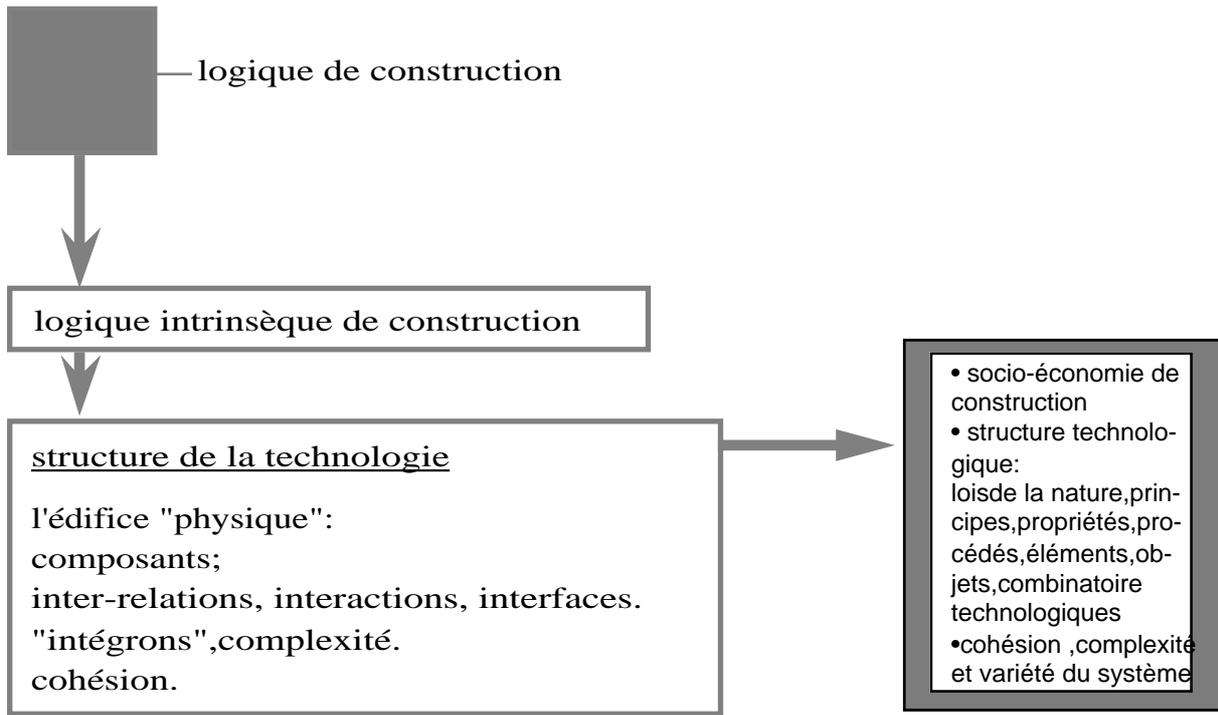
P.F.G. 89

# "CHAINAGES" D'UNE PROSPECTIVE DE LA SECONDE GÉNÉRATION



# l'édifice technologique



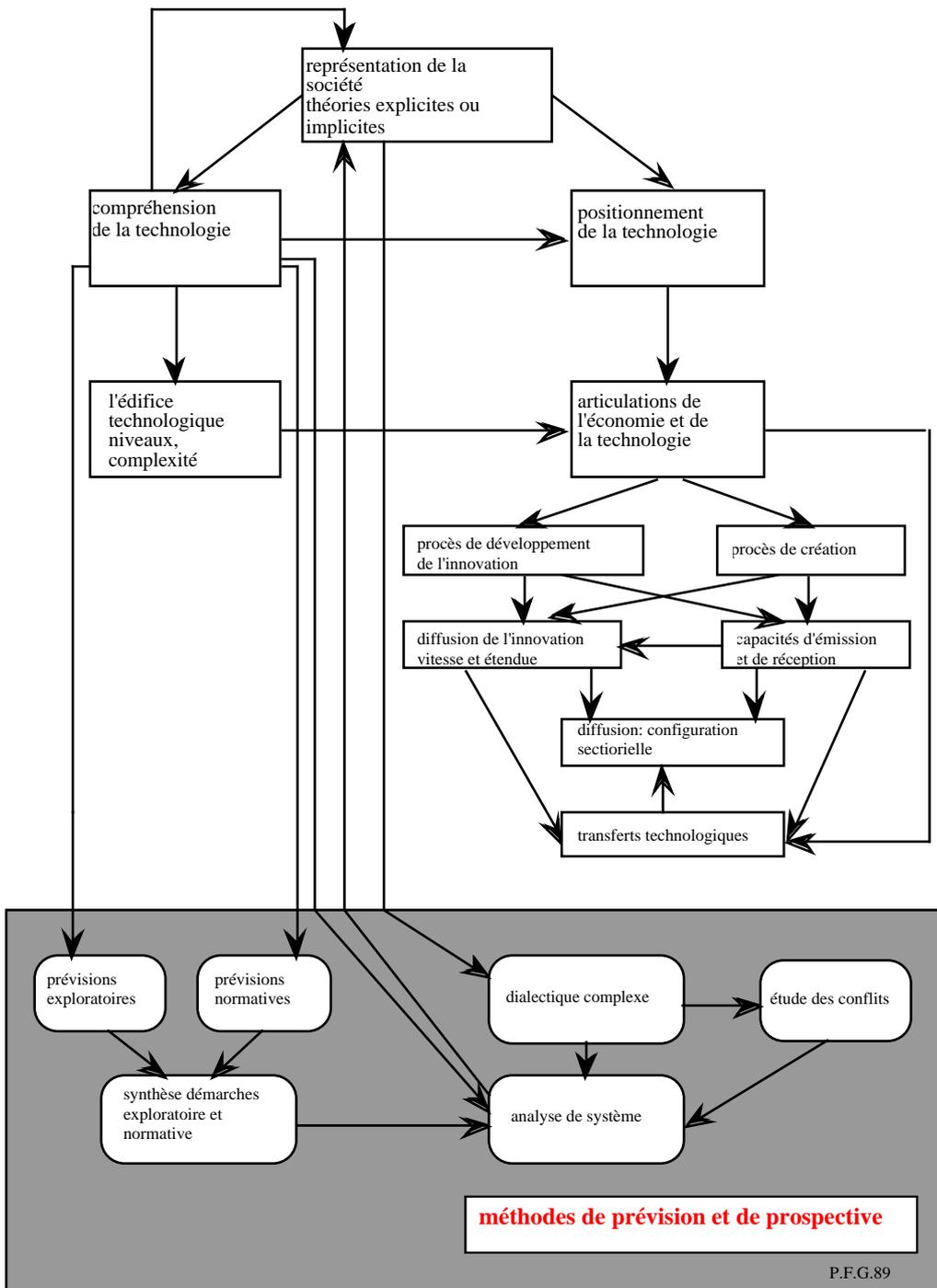


articulations des logiques de la technologie

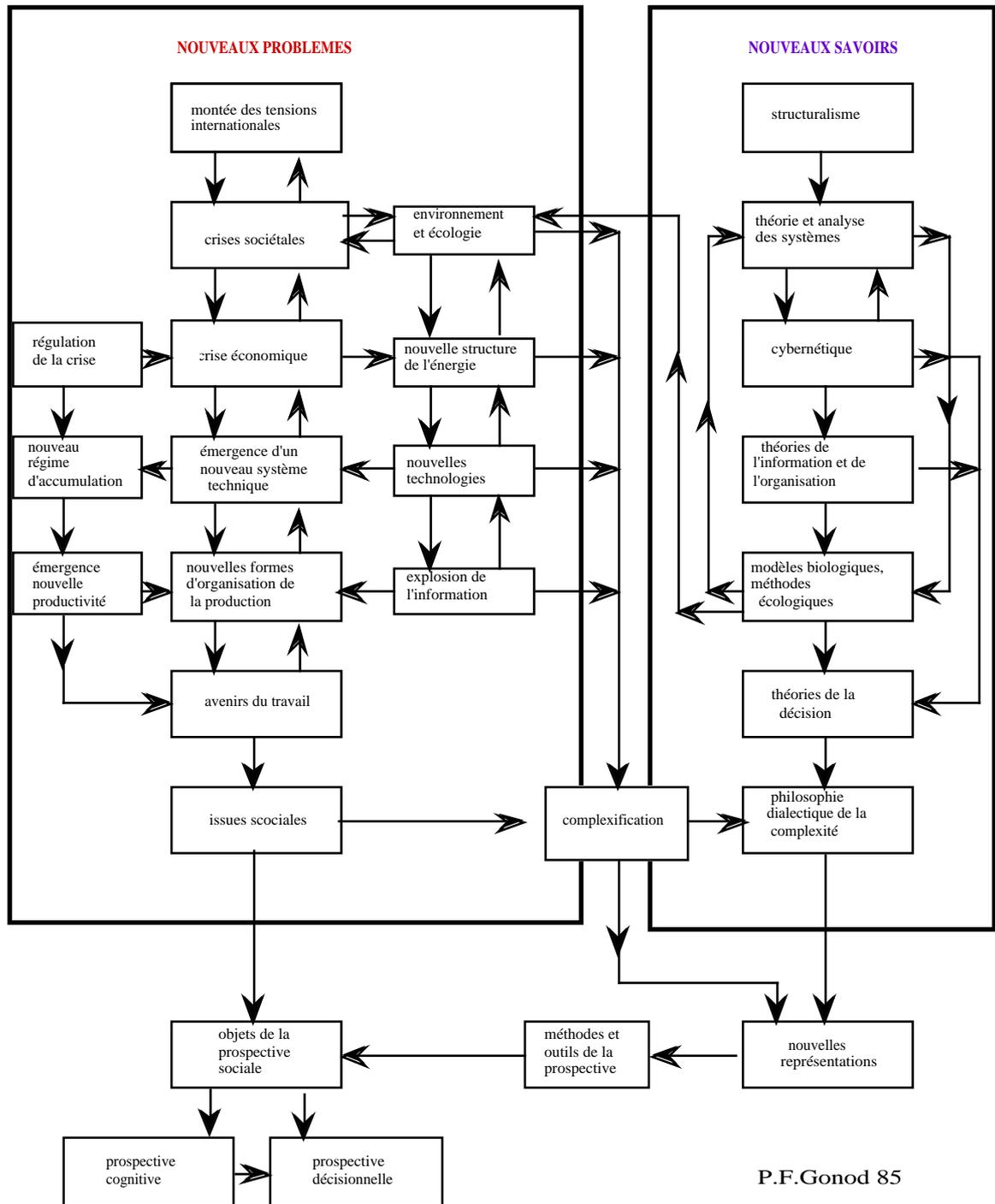
	construction	fonctionnement	utilisation	évolution
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• socio-économie de construction</li> <li>• structure technologique: lois de la nature, principes, propriétés, procédés, éléments, objets, combinatoire technologiques</li> <li>• cohésion, complexité et variété du système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formes sociales de la technologie</li> <li>• relations causales: ordre, circularité, rétroaction, téléologie, principe de récursivité</li> <li>• l'espace</li> <li>• le temps</li> <li>• cohérences</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• besoins, demande, et choix sociaux</li> <li>• échange composite: transferts technologiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• projets des acteurs sociaux</li> <li>• processus invention-innovation</li> <li>• force vive vs inertie du système technologique</li> <li>• désordre créateur, pression de conformité orientation de la R&amp;D</li> <li>• nouvelle cohérence</li> </ul>
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>• invariants et contraintes physiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• organisation intrinsèque du système technologique: au tonomisation de sous-systèmes, auto organisation, ouverture vs fermeture. niveaux d'organisation des objets</li> <li>• économie d'échelle min iaturisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• contrôle social</li> <li>• procès de décision</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évaluation pluraliste des alternatives technologiques</li> <li>• nouvelles échelles d'opération technologiques.</li> <li>• "scaling-up et "scaling-down" innovations</li> </ul>
U	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technosphère et expansion des frontières de la technologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• management de la complexité</li> <li>• complexité algorithmisée, incorporée dans les forces productives</li> <li>• complexité divisée, hiérarchisée dans le travail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• normes d'utilisation facilité d'usage, coût, fiabilité, précision, vitesse, maintenance.</li> <li>• variables du marché</li> <li>• organisation des systèmes de production</li> <li>• organisation des systèmes du travail, configuration des métiers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réglementations internationales de la compétition sauvage et de l'utilisation des technologies à haut risque.</li> <li>• écodeveloppement</li> <li>• économie d'énergie</li> <li>• informatisation de la production</li> <li>• polyactivité, polytechnisme</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nouvelle configuration des savoirs</li> <li>• apparition des sciences de la cognition</li> <li>• nouveaux principes scientifiques et technologiques, procédés, propriétés, matériaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cohérences nouvelles convergences technologiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nouvelles demandes sociales</li> <li>• nouveaux objets et artefacts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• émergence du besoin et du projet de maîtrise sociale de la technologie vs évolution du système échappant au contrôle</li> <li>• apparition d'un nouveau système technologique</li> </ul>

P.F.G.88

ARTICULATIONS TECHNOLOGIE- SOCIÉTÉ-MÉTHODES DE PRÉVISION ET DE PROSPECTIVE



## Nouvelle problématique de la prospective sociale



*ce schéma a été dessiné en 1985, il n'a pas été modifié, en 2006 il reste valable, mais la montée des tensions internationales a changé de contenu.*

## BIBLIOGRAPHIE

Louis ALTHUSER, *Philosophie et philosophie spontanée des savants*, Maspéro, 1967. Jacques ANTOINE, *Pour une prospective du deuxième âge*, Futuribles no 123, juillet-août 1988.

Yves BAREL, *Prospective et analyse de systèmes*, Documentation française, fév. 1971. *Le rapport humain à la matière*, recherche «écologie du travail». Action concertée DGRST INEPS-CNRS, 1976.

Samuel N. BAR-ZAKAY, «Policy making and technology transfer. the need for national thinking laboratories», *Rant? Corporation*, Dec. 1970.

BAUDRILLARD, *Pour une critique de l'économie politique du signe*, Gallimard, 1972.

Elie BERNARD-WEIL, «précis de systématique ago-antagoniste, introduction aux stratégies bilatérales», *L'Interdisciplinaire*, 1988.

Gérard BLANC, *Attention information*, Futuribles no 90, juillet-août 1985.

Paul BOCCARA, Théories de la régulation et suraccumulation-dévalorisation du capital ?, *Issues*, no 32, 3e trimestre 1988.

Jacques BONITZER, «méthodologie et philosophie du systématique», *La Pensée*, no 263, mai-juin 1988.

Fernand BRAUDEL, *L'Identité de la France*, Arthaud-Flammarion, 1986.

Harvey BROOKS, «National science policy and technology transfer, national Sciences Foundation», 1966.

M. CALLON, «Société in thé making : thé study of technology as a tool for sociological analysis», in «Thé social construction of technological systems», *AffTPress*, 1987.

William J. CLANCEY, «viewing knowledge bases as qualitative models», *ÉfÉ'-Expert summer*, 1989.

Joël COLLOC et Danielle BOULANGER, «Un modèle objet pour la représentation des connaissances empiriques» dans «Informatique cognitive des organisations», textes réunis par B. Moulin, G. Simian (Québec, Canada, 12-15 juin 1989), *Z, Interdisciplinaire*, 1989.

Alain COTTA, *Réflexions sur la grande transition*, PUF, 1979.

Rémy COURDIER et Danièle HERIN-AIME, «Moteur d'inférence et formalisme objet» dans «Informatique cognitive des organisations», textes réunis par B. Moulin, G. Simian (Québec, Canada, 12-15 juin 1989), *L'Interdisciplinaire*, 1989.

Daryl E. CHUBIN and alias, *Interdisciplinary analysis and research*, Lomond Publications, 1986. A. DANZIN, *La société façonnée par la technologie*, Progrès technique, 1984.

Pierre DELATTRE, *Système, structure, fonction, évolution, essai d'analyse épistémologique*, 2e édition, Maloine, 1985.

Renato DI RUZZA, «Eléments d'épistémologie pour économistes, la dernière instance et son ombre », PUG 1988.

Pierre DUHARCOURT, «Le systématique : quelques points de repère», *La Pensée* no 263, mai-juin 1988.

John L. ENOS, «Invention and innovation in thé refining industry», in «thé rate and direction of inventive sicti'vity». *National Bureau of Economie Research*, New York, 1962.

D. FORAY et T. BOIDART, Conceptualisation de l'industrie et des mouvements d'industrialisation : les choix théoriques. *Analyse de Systèmes*, volume XIII, no 3, septembre 1987.

D. FORAY et P. GARROUSTE, «Le dispositif d'observation : analyse morphologique et arborescence technologique» dans *Analyse de Systèmes*. L'observation des changements technologiques vol. XIII, no 3, sept. 1987, Groupe international de Recherche, et Théorie et analyse scientifique des Systèmes, Lyon.

Dominique FORAY et Ehud ZUSCVITCH, «L'innovation entre la production et le système technique», *Traité d'économie industrielle*, Economica, 1988.

J.W. FORRESTER, «Industrial Dynamics Cambridge», Af/TPress, Mass. 1961.

Robert FOSSAERT, *La société*, 8 tomes. Le Seuil, 1977.

Jean-Luc GAFFARD, en collaboration avec E. Zuscovitch, «Mutations technologiques et choix stratégiques des entreprises» dans le *Traité d'économie industrielle*, Economica, 1988.

Brian R. GAINES, «A conceptuel frame work for person-computer interaction in complexe Systems», *IEEE, Transactions on Systems, man, and cybernetics*, vol. 18, no 4, iuly-august 1988.

Thierry GAUDIN, *Pouvoirs du rêve*, CRCT 1984. *Qu'est-ce qu'une politique d'innovation ?* CPE Ministère de l'Industrie et de la Recherche, Paris, août 1984. *Les métamorphoses du futur, essai de prospective technologique*, CPE - Economica, 1988.

- Lucien GEMINARD, *L'enseignement éclaté*, Casterman 1973.
- Orio GIARINI et Henri LOUBERGE, *La civilisation technicienne à la dérive*, Dunod, 1979.
- Alain GIRE, «Théorie ouverte des systèmes, esquisses épistémologiques», *L'Interdisciplinaire*, 1988.
- Maurice GODELIER, *L'idéal et le matériel, pensée, économies, sociétés*, Fayard, 1984.
- Michel GODET, *Crise de la prévision, essor de la prospective*, PUF 1977. «Sept idées-clés» dans *Prospective, prévision, planification stratégique*, Futuribles, no 71, novembre 1983. «Prospective et planification stratégique», CPE, *Economica* 1985.
- P.F. GONOD, «Essai de recherche d'un système d'études inter-disciplinaires macro et micro-économiques, le comportement de l'entrepreneur et l'innovation technologique», *OEA*, Buenos-Aires, septembre 1969. «Les transferts technologiques, pratique et théorie». Colloque 1974 de l'association française de science économique, Villeneuve d'Ascq. *Clés pour le transfert technologique*. Institut de Développement Economique, Banque internationale pour la Reconstruction et le Développement, Washington, août 1974. *Pour une planification conjointe de l'éducation et de la technologie*, Institut international de planification de l'éducation, UNESCO, 1978. «Le débat technologique en guise de postface ; questions pour une prospective du travail et la maîtrise de la technologie». *Travail et Société*, BIT, Genève, avril-juin 1984. «Notes sur le statut de la prospective». *Cahiers de la faculté des sciences économiques de Grenoble*, no 5, 1985. «Le système technologique» dans le *Traité d'économie industrielle*, *Economica*, 1988. *La Technologie générale* (le projet de l'encyclopédie systémique de la technologie), partie I, *Analyse de Systèmes*, Vol. XIV, no 4, Dec., 1988
- F. GUTERI, «design case history. Apple's Macintosh» in *Spectrum IEEE*, december 1984. William H. GRUBER et Donald G. MARQUIS, «factors in the transfer of technology» *MIT*, 1969. André D'HAUDRICOURT, «La technologie science humaine». *La Pensée*, no 254, nov.-déc. 1986.
- Paul HENRY, «On ne remplace pas le cerveau par une machine» : un débat mal engagé, dans *Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence*, ouvrage coordonné par Jean-Louis Le Moigne, Fayard-Fondation, Diderot 1986.
- Albert HIRSCHMAN,
- Ronald H. HOPKINS, Kenneth CAMPBELL, Nils S. PETERSON, Representation of perceived relations among the properties and variables of a complex System, *IEEE Transactions on Systems, man and cybernetics*, no 1, jan.-feb. 1987.
- François JACOB, *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Gallimard, 1981.
- E. JANSTCH, *La prévision technologique*, OCDE 1969.
- Hugues de JOUVENEL, *Prospective et Politique*, Futuribles, no 122, juin 1988.
- Von KANEL, «Einführung in die Kybernetik für Ökonomen», Verlag die Wirtschaft», Berlin, 1971.
- Henri LEFEBVRE, *Le retour de la dialectique*, 12 mots clefs. Messidor 1986.
- Jacques LESOURNE, *Les systèmes du destin*, Dalioz 1976. *La notion de système dans les sciences contemporaines*, publié sous la direction de J. Lesourne, Librairie de l'Université Aix-en-Provence, 1980. *Les mille sentiers de l'avenir*, Seghers, 1981.
- J.L. LE MOIGNE, *La Théorie du système général, théorie de la modélisation*, PUF 1977. Stéphane LUPASCO, *Qu'est-ce qu'une structure ?*, Christian Bourgeois 1977.
- Guy MARCHAND, «Les grandes tendances de l'historiographie française», *Cahiers d'histoire de l'Institut de Recherches marxistes*, no 31, 1987.
- Donella H. MEADOWS and al., *The limits of growth*, a report for the club of Rome's, a Potomac associates book 1972.
- J. MELESE, *La gestion par les systèmes*. Editions hommes et techniques, 1972.
- H. MENDRAS, *Le social entraîne-t-il pas désormais l'économie ?*, Futuribles, no 105, déc. 1986.
- Edgar MORIN, *Pour sortir du XXe siècle*. Seuil, 1984.
- P. PAPON, *La prévision technologique* dans le *Traité élémentaire de prévision et prospective* sous la direction de André-Cément Découfle, PUF 1978. *Pour une prospective delà science*. Recherche et technologie : les enjeux de l'avenir, Seghers, 1983.
- René PASSET, *L'économie et le vivant*, Payot, 1979 ; «Prévision à long terme et mutation des systèmes économiques», *Revue d'économie politique*, no 5, 1987 ; «que l'économie serve la biosphère», *Le Monde Diplomatique*, août 1989.
- Jacques PEYREGA, «Vers une analyse cybernétique des systèmes socio-économiques», *Issues* no 21 et 23, 1er/2e trimestres 1985 et 4e trimestre 1985.
- Karl POPPER, *L'univers irrésolu, plaidoyer pour l'indéterminisme*, Hermann 1984.
- A.L. PORTER, F.A. ROSSINI, J. ESHELMAN-BELL, D. JENKIN'S, DJ. CANCELLERI, Industrial Robots-A, stratégie forecast using the technological delivery System approach, *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics* July-august, 1985.
- I. PRIGOGINE, *La nouvelle alliance*, Gallimard, 1979.
- Everett M. ROGERS, *Diffusion of innovations*, the Free press New York, 1962. *Communication in development in the*

*information révolution, the annals of the American Academy of Political and Social Science*, march 1974.

Joël de ROSNAY, *Le Macroscop*, Seuil, 1975. SAINT-GEOURS, *L'éloge de la complexité*, Economica, 1987.

R. SAINT-PAUL et P.F. TENIERE-BUCHQT, *Innovation et évaluation technologique*. Entreprise moderne d'édition, 1974.

Alain SAMUELSON, *Les grands courants de la pensée économique, concepts de base et questions essentielles*. Libres cours, PUG 1985.

Lucien SEVE, *Une introduction à la philosophie marxiste*, 3e édition. Editions Sociales, 1980.

Andrzej STROJWAS and Stephen W. DIRECTOR, «VLSI : linking design and manufacturing», *IEEE Spectrum*, October 1988.

Pierre Frédéric, TENIERE-BUCHOT, «L'ABC du pouvoir». *Agir, Bâtir, Conquérir... et Sourire*, les éditions d'organisation, 1989.

Geneviève SCHMEDER, *Prévision technologique, rétrospective critique*, Futuribles, no 124, septembre 1988.

Alvin TOFFLER, *Les cartes du futur*, Denoël 1983.

W.J. WARFIELD, «Some principles of knowledge organization», in *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, june 1979, vol. SMC 9, a°6.

Bernard ZIMMERN, *Développement de l'entreprise et innovation*. Editions hommes et techniques, 1969.

ZWICKY, *Morphology and nomenclature of jets engines*, aeronautical Engineering review 1947.

W.R. ZHANG, S.S. CHEN, J.C. BEZDEK, «Pool 2 : ageneric system for cognitive map development and décision analysis, *IEEE Transactions on Systems, man, and cybernetics*, volume 19, no IJan.-feb. 1989.