

## LA DYNAMIQUE LIBRE ET LES MODÈLES DU TEMPS

**B**ien des situations de la vie courante nous rendent familiers de la dynamique. Lorsque l'on porte du lait sur la cuisinière, on ne s'attend pas à le voir bouillir immédiatement, et il continue à bouillir alors qu'on lui a déjà coupé le gaz: ainsi les notions de délai, décalage, inertie, hystéresis sont populaires.

Par contre, lorsque ce sont les yeux ou les mains que l'on porte sur la cuisinière, elle se met à bouillir immédiatement – et flanque des baffes.

Lorsqu'on a quelque chose à faire pour une certaine date, on sait qu'on devrait la commencer maintenant ou en temps utile: c'est l'évidence de la programmation dynamique rétrospective. Et l'on voit parfois, suivant le merveilleux exemple donné par Auslander & al. (*op.cit. infra*), une stupide pie utiliser la théorie de la commande optimale des systèmes de contrôle à feed-back pour se balancer nonchalamment, et très à l'aise, sur un fil de téléphone qui oscille dans le vent.

Mais cet exposé ne peut pas faire grand-chose au regard des nuées de dynamique et de leurs prestigieux auteurs. La thèse qu'il défend est que la prise en considération explicite du temps qui passe doit être une mentalité inhérente au gestionnaire et que c'est aussi une contribution attendue de sa part par les membres de la Société des Gens de l'Argent.

S'il ne peut gérer directement le temps de la Société – ce que les politiciens croient seuls pouvoir faire – qu'au moins, dans son petit univers, le systémicien y comprenne quelque chose, de façon à avertir des gens importants que c'est... important. C'est pourquoi, après une hâtive visite guidée dans quelques formulations de base de la théorie (officielle et ringarde) des systèmes, on subira de petites transitions d'état, et puis se permettra de se promener en devisant du temps, très relax, "le cœur dans les étoiles", en physique éternelle et en gestion temporelle.

Jusqu'à ce que, selon le Document H, on vieillisse dans l'espace-âge.



# LA DYNAMIQUE LIBRE ET LES MODÈLES DU TEMPS

## Sommaire

1	Le thème de la dynamique en science et en gestion . . . . .	5
1.1	En science . . . . .	5
1.2	En gestion . . . . .	6
1.3	Statique ou dynamique? . . . . .	7
1.4	Trajectoire . . . . .	7
1.5	L'état initial . . . . .	8
2	Autonomie . . . . .	10
2.1	Fonction de transformation . . . . .	10
2.2	Une première condition de linéarité . . . . .	11
2.3	Processus découplé . . . . .	12
2.4	Trajectoires interdépendantes . . . . .	13
3	Processus de transition d'état libre, de foncteur variant . . . . .	14
3.1	État et vecteur de variables d'état dans un processus libre . . . . .	14
3.2	Équation d'état . . . . .	15
3.3	Processus de transition . . . . .	16
4	La stabilité d'un processus . . . . .	17
4.1	Interprétation et représentation . . . . .	17
4.2	Implications de la stabilité . . . . .	17
4.3	Une petite illustration de la stabilité . . . . .	19
5	De la dynamique en physique vers la théorie des systèmes . . . . .	20
5.1	Les temps sont mous! . . . . .	20
5.2	En d'autres temps . . . . .	21
5.3	Dynamique et temps physique . . . . .	22
6	Modèles du temps en gestion . . . . .	28
6.1	Le rationnel flou? . . . . .	28
6.2	Quelques aspects du temps en gestion . . . . .	29
6.3	Trois temps . . . . .	30

7	Les Voies et réseaux de la dynamique libre .....	37
7.1	Le baiser dynamique chinois .....	37
7.2	Naviguer en dynamique libre .....	38
8	Document H. La dynamique de l'âge flou .....	39
8.1	Pénétration dans l'âge... ingrat? .....	39
8.2	Le facteur de bio-péremption .....	40
8.3	Le facteur fonctionnel et le temps d'actuation .....	41
8.4	Le facteur de désengagement .....	42
8.5	Le renoncement .....	43
8.6	Le facteur de santé et de validité .....	43
8.7	La dépendance .....	45
8.8	Le désordre des âges .....	48
8.9	Représentation de l'espace-âge relatif .....	48

# 1 Le thème de la dynamique en science et en gestion

## 1.1 En science

La science qui s'occupe d'étudier l'ensemble des forces qui s'exercent sur les corps au repos est la statique.

La dynamique est la branche de la physique qui se consacre à l'étude des corps en déplacement à partir des quatre grandeurs représentatives du mouvement de ces corps : direction, vitesse, quantité de mouvement, énergie.

- Son étude théorique porte sur l'ensemble des relations entre les forces et les mouvements qu'elles produisent;
- Son étude pratique s'attache à déterminer l'effet de forces spécifiques sur le déplacement d'un corps.

La dynamique se subdivise en deux sections :

- La cinématique, qui est la description du mouvement en termes mathématiques en ignorant l'aspect physique des résultats ;
- Ces résultats sont établis par la cinétique.

Les contextes en spécifient le degré de modélisation :

- Si c'est un objet réel qui s'évertue à faire de tels mouvements, nous sommes en physique appliquée, par exemple en dynamique de la mécanique, des fluides, des océans, des populations écologiques et astronomologiques ainsi qu'en cyclistologie ;
- Si c'est un objet abstrait, nous sommes en théorie des systèmes ;
- Si nous sommes en gestion, nous sommes un jeune cadre (dynamique?).

Pour s'approcher d'un objet abstrait sans l'effrayer, on considère un flux d'entités munies de leurs attributs (ce qui fait bien des envieux) et on se demande bien ce que cet objet devient quand le temps passe, c'est-à-dire comment ses attributs sont modifiés. Supposons que ces attributs puissent être décrits par des indicateurs numériques, en pratique des valeurs qui changent dans le temps, disons  $y_1(t), \dots, y_n(t)$ . L'intérêt de l'observateur ne se porte plus ni sur la nature physique des entités, ni sur la nature physique du processus qui les fait changer, mais seulement sur ces valeurs et sur le modèle symbolique de leur processus de changement. Ce processus peut être décrit par un modèle mathématique des relations entre les  $y_j(t)$ , pour  $t$  situé dans un intervalle temporel.

Les valeurs des attributs qui sont soumises au modèle sont le vecteur d'inputs (disons  $u(t)$ ) et les nouvelles valeurs obtenues sont les outputs  $y_j(t)$  de ce processus de variation. L'ensemble de toutes les variations possibles et le modèle symbolique qui les engendre est un objet abstrait, au sens de ZADEH et POLAK (System Theory, McGraw-Hill, 1969).

Dans le cas d'un objet abstrait, à tout input  $u$  il ne correspond pas un output unique  $y$ , mais une classe de valeurs possibles. La valeur scalaire (ou le vecteur)  $y$  qui apparaît pour  $u$  est appelé la réponse de l'objet abstrait à cet input  $u$ .

Bien que cet objet abstrait ne soit donc qu'un modèle symbolique sans référence à un existant réel, il a l'avantage d'être un support commode pour parler de théorie. Un peu de théorie est souhaitable dans le domaine de la dynamique parce que sa connaissance donne plus de confiance dans les raisonnements que l'on conduit et dans les résultats que l'on obtient. La théorie aide aussi à être méfiant à bon escient: transposés dans le domaine de la gestion, les modèles de la dynamique classique peuvent avoir beaucoup d'élégance, mais ont une saveur très artificielle qui ne répond pas à l'exigence d'y être terre-à-terre et de faire gagner de l'argent.

Le modèle symbolique peut donc être une formulation mathématique qui n'a pas de correspondance avec une réalité physique, mais peut aussi être issu d'un objet physique par abstraction. Ceci veut dire que, parmi les propriétés d'un processus réel, on ne retient, aux fins d'étude de la dynamique, que les relations décrivant les comportements dans le temps.

En dynamique, c'est le modèle des mouvements répondant à des forces exercées qui portera ici le titre de processus. De la sorte, il y a une communauté formelle entre la théorie des systèmes et la dynamique appliquée. Ainsi la théorie des systèmes donne-t-elle des indications utiles à l'étude de la réalité et à l'ingénierie des systèmes ; mais qu'en est-il dans le cas de la gestion? L'exploitation de l'analogie ne va pas de soi pour une telle transposition, bien que quelques voies, qui au cours de cette brève promenade ne seront dévoilées qu'à une élite de Lecteurs, soient très pertinentes.

## 1.2 En gestion

En gestion, on admet que relève de la dynamique un ensemble de méthodes qui s'adressent au domaine des problématiques des Ensembles d'Activités Humaines dans lesquelles le temps est un facteur explicite et important. On y accepte donc une amplitude plus large et une définition moins rigoureuse que celle qui prévaut dans les disciplines plus formelles. Plus précisément, la Dynamique des Systèmes en Gestion (qui traduit le "Management System Dynamics") a pour objet les représentations artificielles de telles problématiques.

Une telle représentation artificielle se doit, pour être valide et utile, de posséder les propriétés suivantes :

- Être une description formelle (graphique, mathématique, analogique...) intégrée (connectant toutes les parties pertinentes) de la structure et du comportement dans le temps de l'ensemble problématique concerné;
- Que chacune des composantes puisse être définie sans ambiguïté, de façon acceptable par un observateur, et puisse s'exprimer en unités de mesure dites "dimensionnelles";
- Que l'ensemble ait des propriétés émergentes du fait de son assemblage, et que l'on puisse y associer un ou des critères de performance.

Malgré sa rigueur apparente, on ne s'en tire pas si facilement avec le terme "représentation artificielle". Ainsi, ces exigences s'appliquent parfaitement à une sculpture figurative, telle celle d'Aphrodite, de la Venus de Milo, ou de Diane la Chasseresse (pas frileuse), alors que ces dames n'ont rien à voir avec la dynamique des attributs. De même, les attributs "ouvert toute la nuit" et "accueil personnalisé par des hôtesses" s'appliquent aussi bien à une aérogare qu'à un établissement où l'on atteint à (grand) peine le 7<sup>e</sup> ciel.

On pourra demander, dès lors, que ces conditions soient satisfaites, mais de grâce qu'on n'en demande pas plus à de simples gestionnaires. Quoi qu'il en soit, cet objet artificiel est un "modèle de" la problématique et l'exploitation de ce modèle se fera par des simulations (où se situe l'"artifice"), avec les contributions principales suivantes :

- Faciliter une analyse dynamique qualitative sur base de laquelle se fondent les recommandations de changement en vue d'une amélioration ;
- Examiner d'autres structures du système et de nouvelles politiques de contrôle.

Il existe évidemment en gestion des formulations de modèles qui relèvent de la théorie classique des systèmes, et notamment des modèles de contrôle, qui seront cités en temps utile – tel un travail pionnier (1952) en la matière, dû à Herbert SIMON.

### 1.3 Statique ou dynamique ?

Ramené à ses formulations élémentaires, on dira que le processus d'un système est dynamique lorsque son output présent dépend d'inputs passés. Un processus de système dont l'output présent ne dépend que des inputs actuels est dit statique. Le fait qu'un système change dans le temps ne suffit donc pas à le qualifier de dynamique ; il peut être simplement "actif" ou "activé". L'output d'un système statique peut changer dans le temps si l'input change, tandis qu'un système dynamique changera dans le temps s'il n'est pas en équilibre.

Il est fondamental de comprendre que l'échelle de temps de l'observateur et le propos de l'investigation déterminent si un processus est statique ou dynamique. Considérons un bateau qui vire de bord : le changement de direction (réponse à un input de position du gouvernail) peut être considéré comme instantané pour un dériveur qui fait une petite croisière. Ce temps de réponse devient par contre crucial pour un pétrolier qui double un cap ou entre dans un port et ce, d'autant plus qu'interviennent alors des paramètres de dérive, d'inertie et de dépôt. On savait déjà qu'un pétrolier met beaucoup plus de temps pour virer qu'un dériveur (pourquoi, au fond?), mais le problème n'est pas là : si le contexte est celui de régates autour de bouées, le processus du dériveur est, pour ce propos, dynamique, car on s'intéresse au processus par lequel à chaque instant la direction du bateau dépend de l'ensemble des états antérieurs et des impulsions données : c'est alors un modèle analogue à celui du pétrolier, mais ce n'est pas le même contexte.

Un processus ne peut donc être formellement dynamique que s'il a une mémoire (donnant des informations sur le passé à utiliser) et un processeur utilisant ces informations pour que l'entité trace son chemin dans l'espace-temps. La notion formelle d'état du système sera associée à l'information "suffisante" pour ce faire, et définir correctement ce chemin dans l'espace-temps fera appel à la notion d'état.

### 1.4 Trajectoire

La succession (discrète ou continue) des états définit une trajectoire. Une trajectoire part de quelque part : c'est ce qu'on appellera les conditions initiales, situées au temps "zéro", mais par rapport à la fenêtre temporelle concernée.

Il n'est en effet pas nécessaire de "remonter" au premier démarrage du processus pour faire une prédition de la trajectoire ultérieure. Le petit curieux demandera aussi, de l'autre côté du temps, quel sera l'état "final" quand le processus est lancé, ou en tout cas à quoi ce processus nous mène. La dynamique tente de répondre à cela en informant sur ce qui se passera dans une première fenêtre temporelle qui contient la ou les trajectoires de comportements dits transitoires (en anglais "transient behavior"); cette phase s'éteint lorsque le comportement temporel ne présente plus de changement significatif pour l'analyse et qu'il atteint alors un état qualifié de stable.

Il faut éviter la naïveté de confondre, comme l'ont dit de petites gens, stable et immobile. Si, par exemple, un comportement devient et reste oscillatoire, avec les mêmes paramètres, il peut être dit en régime stable ("steady state"), disons peut-être mieux "stabilisé". Bien sûr il peut aussi ne jamais devenir stable, ce qui se manifeste par une des formes de divergence. Un état final finit d'atteindre dans les bons cas par convergence asymptotique, par exemple vers un scalaire ou un vecteur de valeurs numériques. Ainsi en est-il de la nouvelle direction d'un bateau, la phase de virage étant achevée.

Plus exigeant à présent : "on" voudrait obtenir telle valeur ou telle vecteur-cible. Dans ce cas, il faudrait maîtriser la trajectoire, ce qui revient à entrer dans la configuration des modèles de contrôle. Si, de plus, on veut obtenir cette cible, ou consigne, de la manière la plus efficiente, à savoir que l'on associe au processus d'obtention de la trajectoire conduisant à la cible un critère de performance à optimiser, la configuration devient celle d'un système de contrôle optimal. Celui-ci est l'archétype du modèle systémique pour la gestion, le rêve du Kybernetes en management, qui va se réaliser de façon fascinante lors de l'exposé sur «La Dynamique sous contrôle».

## 1.5 L'état initial

La fenêtre temporelle où se définissent l'état, et l'état initial, dépend du contexte. Ainsi, dans le domaine médical se pose la question de l'état d'un patient – on utilisera l'expression de statut médical. L'idée est de connaître le "maintenant" observé (par les examens cliniques et médico-techniques), et sur cette base de proposer un processus thérapeutique. L'imagerie médicale récente montre des organismes en activité, donc définit bien l'état comme fonctionnel et pas seulement figé. On sait bien sûr que d'autres renseignements sont aussi impératifs quant aux affections antérieures, aux allergies, aux affections chroniques, bref, sur ce qui fait une anamnèse correcte pour le choix thérapeutique et la pré-diction de trajectoire de l'état du patient.

De bonnes questions sont ici :

- Que sont-ce ces conditions initiales (avant le processus dynamique du traitement), et quand se situe le moment initial utile ?

Remonter à tous les processus physiologiques et métaboliques du patient est insensé, et le corps médical sait d'ailleurs lesquels sont pertinents et utiles, mais alors quand a commencé son histoire médicale ?

- Que faut-il écrire sur la puce-mémoire de la carte électronique de Sœur Mutuelle ?
- Et puis, quels facteurs génétiques prendre en considération, et de combien de générations de surdoués et de tarés ?

Les réponses à ces questions peuvent donner des éléments du vecteur initial (disons "x(0)" comme tout le monde).

En finance se présentent également des choix et des options qui engendrent une dynamique. Là aussi, cependant, c'est un problème de dire quelles sont les conditions initiales et quelles sont les composantes d'état, mais la finance est un domaine favorable à la modélisation car les réponses à ces questions sont raisonnablement bien connues. En pratique, des mesures (observations sur une échelle) y sont prises depuis longtemps et selon des unités communément utilisées ; il est clair, par exemple, que les états financiers ultérieurs sont conditionnés notamment par les engagements en dettes et créances.

Ce domaine financier est privilégié car il intéresse de près beaucoup de gens. En effet l'"état" en finances privées est l'ensemble de l'information qui conditionne les perspectives de valeur de toute entité économique capitalisée, aux premières loges en faveur des actionnaires qui la possèdent. Il est d'ailleurs remarquable que l'ensemble de toute cette information ait pu se concentrer en une seule valeur numérique, laquelle est précisément le montant théorique d'une transaction unitaire sur cette valeur de l'entreprise, ou société, à savoir sa cote en bourse.

Quand le domaine est moins intéressant que celui de l'argent, on est aussi moins bien renseigné. Ainsi pourrait-on se demander quel est le statut du potentiel scolaire chez des enfants défavorisés, et quelles sont les trajectoires vers un état stable final où il y aurait une raisonnable égalité des chances sociales. Pour y essayer le "temps réversible", il faut qu'ils changent de parents ?

La définition, ou la convention, de l'état initial d'un processus dynamique et du moment où il est situé, est préoccupant pour les descriptions temporelles réelles, par exemple celles d'EAH, ne fût-ce que pour simplement en raconter l'évolution.

Si, de façon très générale, on interprète l'évolution comme un processus de modification de la complexité (l'involution la diminue), une description utile (non pas un modèle) devrait en montrer des phases. Celles-ci diffèrent les unes des autres par des points essentiels, disons des modifications remarquables de propriétés structurelles ou fonctionnelles. L'évolution suivrait les processus qui conduisent l'objet d'une phase à l'autre, avec le début d'une phase comme condition initiale de la nouvelle fenêtre temporelle, laquelle se ferme avec l'apparition d'une nouvelle phase. C'est d'ailleurs souvent un événement (une discontinuité ? une catastrophe ?) qui éteint la phase en cours.

Cette question de l'évolution des EAH est développée dans l'exposé sur « La Dynamique sous influence ». Pour l'instant, il s'agit de confronter l'évolution telle qu'elle est interprétée ci-dessus avec la notion de stabilité structurelle. En effet, la notion de stabilité structurelle n'évoque nullement l'immuable, l'immobile ; c'est une propriété associée à des systèmes dynamiques qui est exposée plutôt dans le cadre de la théorie des catastrophes, laquelle s'occupe surtout de discontinuités dans les systèmes dynamiques différentiels amenant à des états dits qualitativement différents.

Dans le contexte des organisations, des EAH, l'expression de "stabilité structurelle" a une acception qualitative qui implique qu'il n'y a pas de discontinuité majeure en un cycle temporel court dans les facteurs statique et dynamique. Si une telle discontinuité se présentait, on devrait alors revoir la complexion de cette organisation et peut-être en faire, comme on dit ces jours-ci, le "renseignerions". Ce phénomène pourrait être admis comme un "changement de phase", et dès lors figurer dans le processus d'évolution.

La notion de stabilité structurelle serait utile pour parler de la capacité d'une organisation de maintenir sa complexion structurelle et fonctionnelle dans un "environnement" qui peut être turbulent. Une telle capacité est une des formes de l'homéostasie, obtenue par la présence de bons régulateurs répondant aux sollicitations subies par le système. Toutefois, la correspondance de cette expression de "stabilité structurelle" entre le monde de la mathématique et celui de l'histoire d'un EAH, est ici trop lâche pour être acceptée.

## 2 Autonomie

### 2.1 Fonction de transformation

Pour l'observateur, un processus dynamique ayant la propriété d'être autonome fonctionne tout seul, sans input repérable; il peut encore répondre à un input qui lui a été soumis dans le passé, mais depuis lors, plus rien. Il est difficile de trouver dans le monde réel un tel idéal, qui doit donc être isolé de relations extérieures, notamment de perturbations, et sans que lui soit octroyé au moins un apport d'énergie. Si l'énergie donnée est initiale, donc fournie en une seule fois, le processus pourra être autonome pour "un certain temps", ce qui est toujours relatif à l'observateur. Ainsi une pendule "remontée" paraît autonome tant qu'elle contient de l'énergie potentielle transformable en énergie cinétique (ne pas la mettre la tête en bas). Une horloge à quartz paraît autonome même au-delà de l'année, alors qu'elle reçoit continuellement de l'énergie.

La version mathématique de base de processus temporels autonomes peut être élaborée en s'intéressant au processus temporel d'une variable, disons  $\nabla y(t)$ , qui n'utilise d'autre information que ses propres valeurs. L'expression de la dynamique est alors la relation entre la variation de la valeur et le niveau de la valeur, ce qu'en américain on appelle "free motion". Cette relation peut être gérée par toute sorte d'êtres mathématiques ou réels, par exemple une pompe à eau, le frein d'un vélo, ou, dans le domaine des systèmes abstraits, un opérateur.

Elle se comprend d'abord via le processus le plus simple, où la variation est directement proportionnelle au niveau. Ceci donne l'expression (1):

$$(1) \quad \nabla y = Fy$$

L'expression (1) est générique, en ce sens qu'elle permet de pratiquer des sports différents selon les engins  $\nabla$  et  $F$  que l'on a entre les mains. Le plus courant est d'exprimer la variation  $\nabla$  en tout point donné par la limite de la différence de deux valeurs de la fonction  $y(t)$  en un intervalle de temps dont la longueur tend vers 0, et ce divisé par cet intervalle de temps devenant infiniment petit – on a lu qu'il s'agit de dérivée.

Depuis Newton, obsédé par le décryptage de la bible, et l'alchimiste LEIBNIZ, ce sport "différentiel" a peu évolué dans son principe et dans ses règles, mais s'est enrichi dans ses dimensions, s'appliquant à des êtres mathématiques plus gros, comme des matrices, ou devenus obèses, comme des jacobines ou des hamiltoniens qui se sont laissés mollement dériver.

Ses priviléges sont ceux de la simplicité, de l'élégance, et certes de quelques généralisations à des êtres mathématiques supérieurs, mais il est toujours peu pratiqué dans les banlieues. De la sorte, on peut se demander comment parler de dynamique en gestion avec des concepts aussi vieillots et inadéquats que les différentielles ?

Quoiqu'il en soit, le symbole d'opérateur pour fournir cette expression de la variation de  $y(t)$  est souvent écrit " $d/dt$ ", où " $d$ " montre une différence dans la fonction temporelle et  $dt$  cet "incrément" sur le référentiel, ici le temps. Ces notations sont bien ancrées, mais ambiguës, sinon gênantes. Ici l'opérateur différentiel sera désigné simplement par " $\partial$ ".

Dès lors la fonction de variation autonome de  $y$  s'écrit :

$$(2) \quad \partial y = Fy$$

Soit que dans l'expression (2) la variation de  $y(t)$  soit directement proportionnelle au niveau de  $y$ ; le foncteur est alors un scalaire réel constant  $k$ :

$$(3) \quad \partial y = ky, \quad \text{d'où :}$$

$$(4) \quad \int \frac{\partial y}{y} = \int k dt$$

De (4) on obtient pour  $y(t)$  la solution (5) en tant que trajectoire libre à partir d'un moment initial d'indice temporel 0, soit  $y_0$  en  $t=0$ , avec écrit  $k = -1/T$  à des fins utiles plus loin :

$$(5) \quad y(t) = e^{kt} y_0 = e^{-t/T} y_0$$

Cette formulation (5) donne une relation directe entre  $y(t)$  et une condition initiale  $y_0$ . Donc la connaissance de  $y_0$  initial et du processus par lequel  $y(t)$  varie suffit pour nous informer sur toute valeur de  $y$  au moment  $t$  choisi, et sur la transition dans tout intervalle. Une fonction de transition de  $y(t)$  est toute fonction  $\Phi(t, t_0)$  qui explicite la relation :

$$y(t) = y(t, t_0) = \Phi(t, t_0)y_0$$

Cette relation est très générale, mais lorsque le système est linéaire, la fonction de transition prend une forme matricielle particulièrement simple.

## 2.2 Une première condition de linéarité

Soit le cas du mouvement libre régi par :

$$(6) \quad \partial y(t) = ky(t)$$

Et soit que les conditions initiales puissent s'écrire par :

$$y_0 = y_{01} + y_{02}$$

La solution devient :

$$(7) \quad y(t) = e^{at}(y_{01} + y_{02}) = e^{at}y_{01} + e^{at}y_{02}$$

La relation (7) exprime une sommation linéaire (appelée superposition) de solutions qui est due à des conditions initiales indépendantes; cette version de la linéarité exprime ici la condition qu'un processus libre doit satisfaire pour être linéaire.

Une implication de ceci est triviale mais intéressante. Rappelons la relation (5):

$$y(t) = e^{kt} y_0 = e^{-t/T} y_0$$

Soient à présent deux repères temporels,  $t_1$  et  $t_2$ ; on peut écrire:

$$(8) \quad \log\left[\frac{y(t_1)}{y(t_2)}\right] = -\frac{1}{T}(t_1 - t_2)$$

Comme  $\ln y \square = 2,3026 \cdot \log_{10} y$ , il résulte que  $t_1 - t_2 = 2,3026 T$  pour obtenir une chute d'ordre 10, c'est-à-dire que  $y(t_2)/y(t_1) = 1/10$ . La constante temporelle  $T$  peut donc être interprétée comme le moment où il reste 0,363 (donc 1/e approximativement) de la réponse. De tels résultats se retrouveront (et avec quelle impatience !) dans l'explication de ce qu'est un délai et sa programmation dans un simulateur, située dans l'exposé sur « La Dynamique de systèmes en gestion ».

Cette omniprésence de la solution exponentielle dans ces formulations différentielles est due évidemment au fait que "dy/y" est la dérivée de " $\ln y$ "; donc le logarithme est une fonction linéaire du temps ( $\ln y = kt$ ), et dès lors on expédie le processus dans le temps par le projecteur  $e^{kt}$ .

C'est énervant car il devient difficile de lancer autre chose que des tas de trajectoires qui sont frénétiquement exponentielles, alors qu'en gestion on ne voit guère de comportement temporels de ce style, à part les intérêts composés de l'argent "qui travaille" au lieu d'être de l'argent "qui dort".

Les choses empirent encore de ce point de vue, mais pas en mathématique, dans l'analyse modale qui sera évoquée plus loin, s'il ne pleut pas de nouvelles protestations de Lecteurs.

### 2.3 Processus découpé

Une première généralisation du modèle différentiel du premier ordre est celle d'un vecteur de  $n$  éléments variables  $y(t)$ , lequel doit à présent gérer toutes les variations de chacune des variables, et éventuellement les variations interdépendantes. S'il n'y a aucune interdépendance, le processus est alors dit découpé, ou parfois diagonal, ce qui se voit facilement sur la formulation (9).

$$(9) \quad \begin{bmatrix} \partial y_1 \\ \partial y_2 \\ \dots \\ \partial y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 y_1(t) \\ k_2 y_2(t) \\ \dots \\ k_n y_n(t) \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad y_0 = \begin{bmatrix} y_1(0) \\ y_2(0) \\ \dots \\ y_n(0) \end{bmatrix}$$

Si on désigne par  $K$  la matrice diagonale des paramètres constants, à savoir:

$$(10) \quad K = \begin{bmatrix} k_1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & k_n \end{bmatrix} \quad \text{avec} \quad K^m = \begin{bmatrix} k_1^m & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & k_n^m \end{bmatrix}$$

De la sorte, la liste de  $n$  équations de trajectoire s'écrit:

$$\partial y(t) = Ky(t)$$

Par (9), (10) et du fait que l'exposant matriciel se définit par (11):

$$(11) \quad e^{Kt} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(Kt)^m}{m!} = I + Kt + \frac{1}{2!} K^2 t^2 + \frac{1}{3!} K^3 t^3 + \dots$$

La solution est à présent:

$$(12) \quad y(t) = e^{Kt} y(0)$$

Ainsi, chaque variable a individuellement sa propre trajectoire exponentielle du type (5), mais ces trajectoires sont définies dans une même matrice de transition.

## 2.4 Trajectoires interdépendantes

L'interdépendance signifie qu'une classe d'outputs ne peut être obtenue par le modèle sans tenir compte des autres classes d'inputs et outputs – ce qui est typique de la complexité des systèmes, précisément en raison de la présence de ces interactions. Lorsque le processus est symbolique et abstrait, les opérateurs de variation doivent l'être aussi.

Cependant l'utilité pratique (ah bon ?) de cette élégante théorie des systèmes est que les modèles exploitant les opérateurs de transformation dynamique de valeurs sont transposables en différents domaines d'applications, d'où leur succès auprès des foules. Plus généralement, le foncteur de variation est une matrice de constantes complète  $K$ , donc dont les éléments hors diagonale non-nuls relient les variations  $\partial y_i$  de chaque variable  $y_i$  au niveau de toutes les autres du vecteur  $y$ .

La structure du modèle de trajectoire autonome avec interdépendance devient alors :

$$(13) \quad \partial y(t) = Ky(t) , \text{ ou, extensivement :}$$

$$(14) \quad \partial y_i(t) = \sum_{j=1}^n k_{ij} y_j(t)$$

Et (13), dira l'observateur astucieux, est formellement indistinguable du cas "découplé" précédent; effectivement, seule  $K$  est enrichie de ses éléments hors-diagonale pour exprimer l'interaction.

De la sorte le développement de (13) est, brièvement car c'est évident,

$$(15) \quad \partial \begin{bmatrix} y_1(t) \\ \dots \\ y_n(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & \dots & k_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1(t) \\ \dots \\ y_n(t) \end{bmatrix}$$

Ces n équations différentielles ne peuvent être résolues de façon indépendantes.

On peut obtenir une équivalence formelle avec (12) en construisant un nouveau vecteur  $y^\circ$  par une transformation linéaire dont l'opérateur est une matrice W, carrée ( $[n^*n]$  si n variables sont placées dans y), non-singulière et de coefficients constants. La non-singularité de W garantit l'indépendance des variables de  $y^\circ$  si elle est présente dans y. Cette matrice est dite de diagonalisation :

$$(16) \quad \partial y^\circ(t) = W^{-1} K W y^\circ = \Lambda y$$

Les éléments diagonaux de W sont les valeurs propres de K, ce qui ramène au cas de la formulation diagonale, l'interdépendance étant prise en charge par les valeurs propres et les vecteurs propres. Cette approche de la solution est connue sous le nom de transformation modale, puisqu'elle fait appel aux modes de la matrice de transformation.

Le point intéressant est à nouveau l'apparition de l'opérateur. Ainsi, en écrivant (toujours avec  $\partial$  écrit pour l'ancien  $d/dt$ ) :

$$(17) \quad \partial y(t) = \partial I y(t) - K y(t)$$

Cela définit une équation caractéristique :

$$(18) \quad \partial [I - K] \cdot y(t) = 0$$

(18) est un polynôme d'ordre n de l'opérateur, ce qui donne les racines, ou valeurs propres du système. Une solution directe est disponible sans rien changer aux écritures ; si le système est linéaire, l'expression (12) est aussi une solution valide de ce processus généralisé.

### 3 Processus de transition d'état libre, de foncteur variant

#### 3.1 État et vecteur de variables d'état dans un processus libre

Dans son acception courante, le terme d'état a une connotation statique, l'ensemble des propriétés que l'on constate lorsque le temps s'arrête, en reconnaissant que l'état "actuel" (à l'instant où il est appréhendé ou mesuré) est une résultante de l'histoire du système depuis ses conditions initiales. Toutefois, lorsque les propriétés actuelles sont identiques à celles qu'on a déjà constatées à un autre moment, la définition implique que les états eux aussi sont identiques, quelles que soient les voies par lesquelles ils ont été atteints.

Transposant cette assertion, deux états financiers (bilanaires) peuvent être identiques bien que les transactions monétaires qui les ont amenés aient été fort différentes ; les financiers s'intéressent dès lors aux variables d'exploitation, c'est-à-dire génératrices des flux ayant été intégrés pour former le potentiel.

On a parlé aussi (cf. supra) d'état de santé, mais plus professionnellement de statut médical d'un patient, tel qu'il est établi à l'aide des examens cliniques et la lecture de protocoles d'examens médico-techniques. Le praticien demandera aussi une anamnèse pour s'informer aussi sur les voies par lesquelles le patient en est arrivé à être dans cet état-là. Des assertions analogues peuvent être faites sur l'état d'une mécanique, ou d'un site écologique, ou celui d'un cadavre de Lecteur, dont on autopsiera la santé dans l'exposé sur « La Dynamique sous influence ».

### 3.2 Équation d'état

Un deuxième aspect intelligent de la notion d'état est son implication prédictive, bien que ne décrivant explicitement aucune propriété ultérieure à maintenant ( $t=t_0$ ). Ainsi, l'état devrait informer sur la capacité de poursuivre tel comportement dynamique, par exemple celui qu'on a reconnu chez le processus jusqu'à présent, ou tel autre qui répondrait à de nouvelles impulsions. De la sorte, l'expression de l'état d'un processus dynamique devrait comporter celle du mode de transition d'un état à un autre.

Si  $x$  désigne le vecteur des indicateurs d'état ( $x_1, \dots, x_m$ ), et si  $k$  est l'indice des repères temporels discrets, la transition doit dire :

- Comment passer de l'état  $x_k$  à l'état  $x_{k+1}$ , pour un processus discret, ou :
- Quelle est la relation entre la dérivée  $\partial x$  et le vecteur  $x$  si la variation d'état est une fonction continue.

Cela va se faire via  $F$ , la fonction de transition entre deux états successifs ; les écritures en sont :

$$(19) \quad \partial x = F[x(t)]$$

$$(20) \quad x_{k+1} = F(x_k)$$

Cette formulation est celle de l'équation d'état. Si elle reçoit le vecteur d'état à un repère temporel  $[t]$ , elle fournit la description de l'état à l'instant  $[t+1]$  dans le cas discret, ou  $[t+dt]$  dans le cas différentiel. Si le modèle est identifiable, il suffit de connaître ce vecteur d'état à une origine (0) pour connaître toute suite des valeurs de  $x$ . C'est une telle description  $x(0)$  (qu'on écrira plus vite  $x_0$  comme dans le cas discret), à l'origine choisie qui est appelée "conditions initiales". Cette origine peut aussi être le repère temporel disant le "maintenant" ; tout repère  $t>0$  lui est évidemment postérieur.

Dès lors, on peut définir que l'état  $x_0$  d'un processus dynamique à l'instant initial (0) est l'information nécessaire et suffisante pour que, connaissant le système (c'est-à-dire sa fonction de transition) et les actions qu'il subit, on puisse déterminer son évolution ultérieure pour  $t>0$ .

### 3.3 Processus de transition

Dans le cas le plus simple, celui de la fonction de transition présentée ci-dessus, le processus est autonome, en ce sens qu'aucun agent ne l'affecte ou ne le perturbe (on n'est pas encore en "dynamique sous influence", exposée dans la foulée de celle-ci). Pour un tel processus, il suffit qu'il soit lancé pour qu'il poursuive son évolution de façon déterministe, et il présentera une trajectoire libre.

Soit à présent une généralisation à  $n$  variables, glissées dans un vecteur  $x$ , et  $F(t)$  leur foncteur de variation. On lit bien que  $F$  est un foncteur variant, ce qui n'était pas le cas du foncteur constant  $K$  utilisé précédemment. Ce foncteur doit gérer toutes les variations de chacune des variables et éventuellement les variations interdépendantes. Lorsque le système est linéaire,  $F(t)$  est une matrice de  $n^2$  fonctions singulières continues pour  $t > t_0$ ; le foncteur  $F$  se spécifie alors comme opérateur  $F$ .

Désignant par  $\partial x$  la variation différentielle de  $x$ , le système autonome s'écrit:

$$(21) \quad \partial x = F(t).x, \text{ de conditions initiales } x(t_0) = x_0$$

Il y a une solution unique à (21) qui généralise en écriture matricielle le (13) précédent:

$$(22) \quad x(t) = F(t, t_0).x_0$$

Selon (22), pour les systèmes linéaires, la matrice  $F(t, t_0)$  est l'unique matrice qui satisfait l'équation différentielle matricielle :

$$(23) \quad \partial(\Phi(t, t_0)) = F(t)\Phi(t, t_0), \quad \Phi(t, t_0) = I$$

La propriété de linéarité permet que la transition se fasse par une matrice, ici  $F(t, t_0)$ , dite matrice de transition d'état, car on associe au vecteur  $x$  une description de l'état du système en ce moment-là. De la sorte, la transition d'un état à l'autre est gérée par un opérateur linéaire  $F(t, t_0)$ , qui fait l'application de l'état initial  $x_0$  sur l'état  $x(t)$  au moment  $t$ . Le mouvement temporel autonome (ou "libre"), c'est-à-dire l'ensemble des solutions de l'équation (21), est alors un espace vectoriel à  $n$  dimensions.

Un rêve! On pose  $n$  ballons en  $x_0$ , on shooote dessus avec  $F(t)$  comme générateur des trajectoires, et on peut dire quel est le vecteur  $x(t)$  d'état ou positions de l'ensemble des ballons à quelque moment ( $t$ ) que ce soit, et ce dans un espace vectoriel. C'est beau, mais c'est très restrictif en raison des hypothèses émises, telles la linéarité et l'absence de toute influence extérieure, volontaire ou non, sur le processus.

De plus, on est toujours collé à ces trajectoires exponentielles et oscillatoires. C'est à croire que le dynamicien y tient comme au pruneau de ses yeux.

Néanmoins, dans ce début de théorie, ce n'est pas la solution ou l'expression des trajectoires qui est intéressante, mais le fait que les transitions soient gérées par un opérateur, lequel est candidat à être généralisé plus tard dans le design d'un modèle du contrôle en gestion.

## 4 La stabilité d'un processus

### 4.1 Interprétation et représentation

Ceux qui n'ont pas obtenu ici le statut de Lecteur considèrent comme stable quelque chose qui est simplement immobile. Les autres, mieux informés, savent que la propriété de stabilité est issue de l'étude de la mécanique, où un corps rigide est dit en équilibre stable s'il retourne à sa position originale après des perturbations suffisamment faibles. Un mouvement (en anglais "motion") est dit stable s'il est insensible à de faibles perturbations, et l'extension à partir de cette acception est la description des mouvements par les variables d'état.

L'instabilité n'est pas à répudier en toute circonstance. Elle est certes indésirable lorsqu'elle conduit le système à ne plus accomplir sa mission et surtout à entraîner des entités connectées vers un enchaînement de dislocations. Cette possible propagation est le prix à payer, presque par définition, pour l'interconnexion, laquelle est un sport de plus en plus pratiqué dans nos sociétés, et singulièrement par leurs maîtres internautes :

- Dans un processus en séquence, l'interconnexion est mise en œuvre par l'intégration, laquelle est un facteur de cohérence et peut donc être une bonne chose;
- Dans un design en parallèle, elle peut l'être par l'interdépendance, ce qui ouvre la porte à la diffusion des signaux et aux échanges.

Or, le contre-poison de l'instabilité est le contrôle ; celui-ci devient logiquement d'autant plus intense et complexe que l'objet à maîtriser est instable et surtout fait partie d'un ensemble interdépendant. Dès lors, on retrouve la propriété nécessaire de persistance d'un système (et non pas d'un simple processus) par le fait de posséder son propre contrôle, ce qui est exprimé par "l'intégration du design et du contrôle".

La Figure 1 illustre les cas typiques de (in)stabilité ; elle est redessinée de la source WIBERG, State Space and Linear Systems, McGraw-Hill, 1971, p. 202. Il s'agit d'une balle sans friction de roulement située dans un champ gravitationnel sur une surface déformable ; les différentes formes de cette surface illustrent différents cas de (in)stabilité.

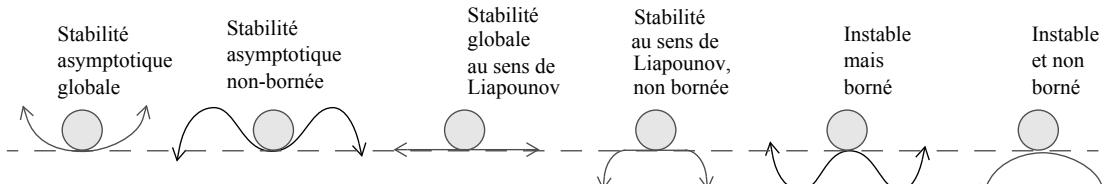
### 4.2 Implications de la stabilité

Le fait d'être statique ou dynamique est une propriété structurelle d'un système ; la stabilité—ou l'instabilité—en est une propriété de comportement. Un système peut se comporter convenablement en toutes les circonstances observées à ce jour, mais ne pas être connu lorsque certains seuils sont franchis ou lorsque des sollicitations nouvelles ou des perturbations non recensées lui sont présentées.

La stabilité ou non répond au souci de l'analyste de connaître les chances que le système exhibe un jour un comportement erratique qui n'est pas répertorié et dès lors conduise à des situations catastrophiques, lesquelles dépendent évidemment du contexte. Ainsi un bateau (mal fait?) peut se mettre à osciller jusqu'à se retourner, un pont twister jusqu'à se briser, un amplificateur donner des sons à casser les oreilles, une servo-direction mettre une voiture en toupie, une place boursière s'affoler et faire un "crash", un être humain ou

un groupe peut s'agiter de façon chaotique, les variations de taux de changes monétaires peuvent s'amplifier à en disloquer toutes les relations économiques, ou tout simplement la rocking-chair sur laquelle Deuxième Oncle fait ses mots croisés pourrait poursuivre son balancement jusqu'à en faire un Walibi.

Figure 1. Cas typiques de stabilité et instabilité



La "stabilité au sens de Liapounov" est à ce point standard pour les systèmes différentiels qu'on dit simplement "stabilité"; en voici un morceau.

Soit un système différentiel gouverné par la matrice de transition  $A(t)$ , donc  $dx/dt = A(t) x$ ; et  $x(0)$  une solution en état stable (à savoir un état d'équilibre après un éventuel régime transitoire).

Cette stabilité au sens de Liapounov est obtenue si la norme  $|x_0|$  en  $t=t^0$  est inférieure à  $\epsilon$  aussi petit que l'on veut, et qu'il y a une petite région de perturbation non-nulle autour de cet état d'équilibre  $x=0$  telle qu'elle conduise à un trajectoire dans l'espace des états respectant  $|x(t)| < \epsilon$ ,  $\forall t > t_0$ .

Intuitivement, la norme de  $x$  doit donc rester bornée dans son histoire ultérieure, et ce type de stabilité est contredit par des réponses temporelles oscillatoires à amplitude croissante, exponentielles, etc. Par contre, les structures dissipatives, et la multiplicité des états probabilistes, exposés par PRIGOGINE, sont des manifestations de phénomènes physiques qui présentent des versions modernes de l'instabilité.

Une des façons possibles de repérer la propriété de stabilité est l'observation, répétitive et en des circonstances variées. Ceci n'est cependant pas praticable en général, et une des voies de remplacement en est la simulation, qui peut être réelle ou analogique :

- Réelle, bien sûr, quand elle s'applique aux dispositifs physiques (les tests, essais) et éventuellement à des opérateurs humains, tel le cas typique du pilotage;
- Elle peut aussi être pseudo-réelle, comme celle de l'entraînement psychique des rats, aux-quals on ne demande pas leur opinion sur les systèmes intégro-différentiels qu'ils sont censés représenter avec des électrodes dans les fesses.

Une autre voie de repérage de la stabilité est celle de la modélisation, suivie de l'analyse des propriétés exhibées par le modèle de, en tant que substitut symbolique d'une réalité. La mesure dans laquelle un modèle symbolique est un représentant adéquat d'une réalité est un débat infini, mais l'objet de la dynamique des systèmes formels, en tant qu'êtres mathématiquement structurés, est de montrer pour quels modèles, et comment, la stabilité et l'équilibre peuvent être analysées et prédites.

Ces analyses sont bien établies pour les systèmes dont le comportement peut être exprimé par des équations différentielles ou aux différences. Le non-linéaire, plus souple, plus féminin, est évidemment d'un tout autre niveau de sophistication.

La puissance de calcul a pris le relais du génie mathématique et le terme "systems dynamics", auquel un exposé est consacré, se réfère largement à la voie de programmation (et de la simulation) de systèmes dont la variété et la complexité sont au-delà des possibilités, surtout pour l'homme du trottoir, de l'élégance formelle de l'expression mathématique. (Il n'y a plus d'"homme de la rue", depuis qu'il ont tous été écrasés par les gros pneus des gros camions).

#### 4.3 Une petite illustration de la stabilité

Soit un flux entrant et un flux sortant, désignés respectivement par  $f_{in}(t)$  et  $f_{out}(t)$ , qui sont une part constante d'une capacité ou d'un potentiel  $Y(t)$ . Ce peut être par exemple un intérêt "g" ou un impôt "m" (sur un capital  $Y$ ) par unité de temps, ou une part de naissances "g" et une part de décès "m" sur une population  $Y$ . De la sorte, l'intrant est  $g \cdot Y dt$ , et l'extrant est  $m \cdot Y dt$ , par intervalle de temps "dt". Si  $g$  et  $m$  sont constants et qu'il n'y a pas de signal ou impulsion  $u(t)$  extérieure, le processus est autonome et présente une simple trajectoire selon l'équation :

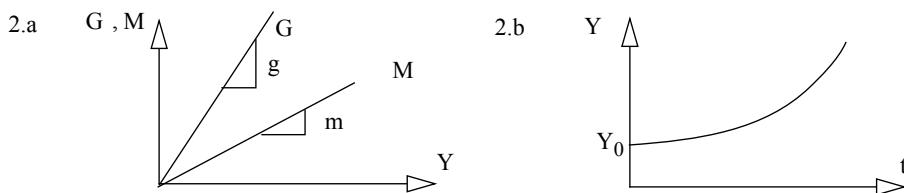
$$\partial Y(t) = (g - m)Y(t)$$

À partir de la condition initiale  $Y_0$ , l'évolution est donc décrite par :

$$Y(t) = e^{(g-m)t} Y_0$$

Le potentiel  $Y$  va donc croître ou décroître de façon exponentielle selon le signe de  $[g-m]$ , ce qui est présenté à la Figure 2 pour  $g > m$ . Le taux de naissance (ou d'intérêt, etc.) n'est pas  $g$ , mais  $gY = G$ ; de même le taux de décès est  $mY = M$ .

Figure 2. Évolution exponentielle, taux constant



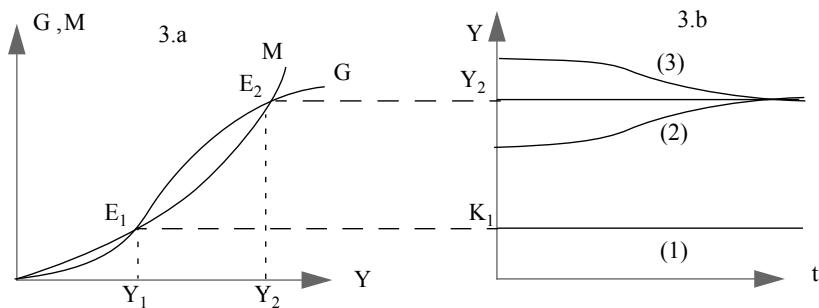
Soit à présent que les paramètres  $G$  (intrant par unité de temps) et  $M$  (extrant par unité de temps) ne soient plus constants mais dépendent de  $Y$  tel qu'à la Figure 3.a. Des exemples en sont le taux d'imposition  $M$  croissant avec son assiette  $Y$ , ou le taux de décès croissant dans une population écologique.

Dans ces cas, deux états d'équilibre apparaissent,  $E_1$  et  $E_2$ , et quatre allures de la réponse  $Y$  peuvent se développer.

- Si la capacité initiale est  $Y_1$  ou  $Y_2$ , elle restera constante dans le temps car  $G$  et  $M$  sont égaux;  $E_1$  et  $E_2$  sont des états d'équilibre et on ne s'écartera pas du niveau  $Y_1$  ou  $Y_2$  (points d'équilibre) qui y correspond;
- Si elle est inférieure à  $Y_1$ , on obtient une réponse (1) d'extinction, vu que  $G < M$ ;
- La condition initiale  $Y_1 < Y_0 < Y_2$  donne la réponse (2). La capacité y croît jusqu'à l'équilibre  $Y_2$  où  $G = M$ ;
- Enfin on a la réponse (3) si  $Y_0 > Y_2$ .

Dans cet exemple,  $E_1$  est un état d'équilibre instable car pour des valeurs de  $Y$  qui sont dans le voisinage de  $Y_1$ , la réponse tend à s'en écarter.  $E_2$  est un état stable car la réponse à des écarts ramène le niveau à  $Y_2$ .

Figure 3. États et points d'équilibre



## 5 De la dynamique en physique vers la théorie des systèmes

### 5.1 Les temps sont mous !

Si, au lieu de lui demander de dessiner un mouton, le Petit Prince de Saint-Exupéry avait demandé au pilote d'avion crashé dans ses dunes : "S'il te plaît, dessine-moi un savant?", peu de spéculateurs parieraient leur pied gauche que le Petit Prince fut retourné sur sa planète avec en poche le portrait d'un "gestionnaire". L'archétype du savant, en effet, est celui d'un observateur et d'un expérimentateur qui tente de résumer notre compréhension ou interprétation de ce qui se passe naturellement autour de nous par l'expression de "lois". Le savant sera d'autant plus content de soi qu'il est payé cher et que ses lois sont prédictives, en ce sens qu'elles aident à anticiper ce qui se passera si des situations similaires prévalent, ou éventuellement sont créées. Dès lors, voici défiler noblement devant Nous l'aristocratie des sciences descriptives : en tête du cortège l'astronomie, la physique, la chimie, les sciences naturelles et, s'adressant avec condescendance et sobriété au peuple qui l'acclame, en un langage précis et adéquat historiquement développé pour exprimer et manipuler ces sciences, la mathématique.

Comme disait le mathématicien Denis GUEDJ, pour faire de la mathématique, il ne faut être "ni pressé, ni cupide"; or, en gestion il faut toujours se dépêcher et avoir envie d'argent. Il faudra donc parler du temps, au lieu de le perdre en formules sous les reflets argentés de la lune, et en définir une version qui convienne au domaine du gestionnaire, ce qui sera considéré à la section 6.

En attendant que ces gens-là aient fini de se disputer, mieux vaut rester auprès du savant du Petit Prince. À la suite des préoccupations descriptives, l'évolution des sociétés humaines vers les conditions de vie artificielles et collectives a mené le développement de sciences prescriptives, à savoir celles des procédures conduisant à atteindre un certain but ou, très concrètement, des assemblages de composantes réelles permettant d'accomplir certaines fonctions désirées.

Ainsi en est-il de la gestion, qui exprime et poursuit un but, et du management, qui est soumis à un but.

- Les "lois" qui gouvernent les composantes de ces assemblages, et les résultats de leur interaction sont comprises à l'aide des sciences descriptives (qui supportent plutôt l'approche de l'analyse);
- La "composition" de l'assemblage, en revanche, est affaire de design, ce qui implique la synthèse (et on dit engineering lorsque quelque chose doit y fonctionner).

On se plaira (à qui d'autre plaisir?) à faire une correspondance entre l'approche descriptive, disant ou modélisant les lois du Monde, et la composante autonome de l'expression de la dynamique, que l'on verra expirer aux sections 5.2 et 5.3 ci-après :

- En effet, pour l'investigateur planétaire ou cosmique, cette description est une présentation de la dynamique où il n'intervient pas, à laquelle il ne soumet pas d'inputs, d'impulsions ou autres choses qui affecteraient les trajectoires ou le calibrage du temps;
- L'orientation vers l'ingénierie, puis la gestion, peut se faire par contre en introduisant des inputs, des foncteurs exogènes ou volontaires qui affectent les trajectoires, et qui ensuite les contrôlent;
- Ceci est cependant encore trop sérieux et fiable; il convient de le disloquer par quelques pièces qui feront sortir du déterminisme, entrer dans le chaotique, et surtout avoir des temps fonctionnellement variables selon les objets considérés (les Ensembles d'Activités Humaines), pour se rapprocher de la variété d'échelles temporelles sur lesquelles se projette la gestion.

## 5.2 En d'autres temps

Définir un temps qui convienne spécifiquement à un contexte est une gageure intellectuelle qui dépasse le niveau de la Meuse, et ce serait une audace risible à en dérider un marin breton que de proposer une version originale du temps qui serait propre au domaine de la gestion. Néanmoins, quelques évocations d'autres domaines que ce dernier permettront de se rendre compte de ce que la notion de temps n'y est pas nécessairement inexorable et même qu'elle "pose problème" à de vrais intellectuels, sinon à des princes de la science.

- Ainsi des théologiens se posent des questions de temps (pas des réponses) sur le maintenant, l'éternité, et la place du jugement dernier (qui ne peut pas se situer entre les deux, l'éternité n'étant pas une "fin des temps", par ailleurs également difficile à repérer). Tant qu'on y est, il y a l'inquiétant purgatoire qui, lui aussi, "pose problème", car il serait temporaire, mais serait un morceau de l'éternité, ce qui contredit certaines hypothèses et définitions. Enfin on verra, quand le moment sera venu;
- Des adeptes de la métémpsychose ou de la réincarnation discutent de la vie en termes de temps cyclique (on aurait plusieurs cycles de vie) et non pas, comme les moines cloîtrés, en termes de temps monotone;
- Une des versions de la cosmologie exprime le temps en possibilités de pulsations, depuis un "big-bang" et la phase d'univers en expansion qu'elle implique, estimée à environ 15 milliards d'années (jusqu'à l'heure d'être ce samedi soir), vers un "big crunch", c'est-à-dire une contraction globale on ne sait pas trop bien quand mais c'est pas demain la veille.

Cette dernière version étant soutenue par le chanoine LEMAITRE, certains suggèrent qu'elle serait adroitement compatible avec la "création du monde" par un Être suprême. Quoi qu'il en soit, l'hypothèse (par HUBBS, donnant la constante – rapport de distance à rétroaction – qui la mesure) de l'expansion de l'univers, laquelle lui donnerait alors nécessairement un temps orienté, ne serait pas encore exclue à ce jour (précisément ce samedi soir);

- Des questions temporelles se présentent aussi en biologie, dans l'aspect de l'évolution des espèces, notamment en raison des discontinuités représentées par les mutations.

Bref, la question des échelles temporelles est pertinente par ci par là, mais doit-on s'en soucier pour cultiver les plantes de systémique ? Par raisonnement dévoyé et mauvaise foi, l'évocation de doutes dans les sciences où a prévalu le plus rigide des déterminismes rassurera sur la légitimité des propres flottements du temps en gestion. C'est dans l'obscurantisme qu'apparut au mieux la lumière.

### 5.3 Dynamique et temps physique

Le temps n'est qu'un dérèglement de l'éternité  
Christian Guyon Var'ch

L'évolution de la dynamique dans le domaine de la physique est évidemment due à de multiples et considérables contributions. Certaines "synthèses" de la connaissance, ou en tout cas de l'expression de celle-ci dans un contexte donné, portent des noms qui les typifient soit par leur grand auteur, soit par un mot-clef. Ainsi repère-t-on la mécanique newtonienne, hamiltonienne, et quantique, découpées en petites sections ci-après.

#### 5.3.1 Hamilton

Hamilton a mis le ton de la mécanique au régime d'état du processus, et de l'évolution de cet état. Dans ce contexte aussi, l'état d'un objet physique est toute propriété de cet objet qui relie l'input à l'output de telle façon que la connaissance de la fonction temporelle d'input, pour  $t > t_0$  et de l'état au temps  $t = t_0$  détermine un output unique pour  $t \geq t_0$ . La mécanique hamiltonienne postule que le système peut être décrit par son état et que l'ensemble de tous les états possibles peut être organisé comme une variété simpliciale.

L'évolution de l'état  $x$  est supposée gouvernée par un champ vectoriel hamiltonien. Pratiquement, cela implique :

- que l'on peut définir localement un double jeu de coordonnées canoniques  $p \in R^n$ , et  $q \in R^n$ , appelées respectivement le moment et la configuration,
- et définir une fonction  $(p,q) \rightarrow H(p,q)$ , où  $H$  est le hamiltonien.

L'interprétation du hamiltonien en physique est celle de l'énergie totale, ou, si l'on veut, l'énergie exprimée en quantités de mouvement  $p$  et coordonnées  $q$ . La clef de cette dynamique est l'évolution dans le temps de la paire vectorielle  $(p, q)$ , qui définit le lieu de tous les états possibles  $x$ , donc la trajectoire de  $x$  dans l'espace des états. L'évolution de  $(p, q)$  est alors gouvernée par les équations différentielles :

$$\frac{dp}{dt} = \left( -\frac{\partial H}{\partial q} \right)(p, q) \quad \text{et} \quad \frac{dq}{dt} = \left( -\frac{\partial H}{\partial p} \right)(p, q)$$

La résolution de ces équations différentielles donne la trajectoire inexorable de l'état (dans l'espace des phases) à partir d'un état initial donné.

### 5.3.2 Le cantique des Quantiques

L'approche dynamique de la mécanique quantique est structurellement analogue. Elle postule que l'état d'une particule peut être décrit par une fonction d'onde  $Y: R^3 \rightarrow C$  (les nombres complexes,  $i$  désignant l'imaginaire), de telle sorte que  $Y \in L_2$  ( $L$  est l'opérateur de Liouville). L'évolution temporelle de  $Y(t)$  est dès lors gouvernée par :

$$i \cdot \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{d\psi}{dt} = H\psi_t$$

où  $h$  est la constante de Planck et  $H$  est cette fois un opérateur auto-adjoint sur  $L_2$ . Pour éviter d'en développer la photo dans une chambre noire, signalons seulement que  $H$  est un opérateur dans l'espace de Hilbert. Dans cet espace, un opérateur  $\Pi$  transforme une fonction de cet espace, disons  $\phi$ , en une autre, disons  $\varphi$ , à savoir

$$\Pi\phi = \varphi,$$

et un opérateur adjoint est  $\Pi^\circ$  si :

$$\langle \Pi\phi, \varphi \rangle = \langle \phi, \Pi^\circ\varphi \rangle, \quad \text{où } \langle , \rangle \text{ désigne un produit scalaire.}$$

Un opérateur  $\Pi$  est dit auto-adjoint, ou hermitien, quand  $\Pi = \Pi^\circ$ .

Ces approches sont déterministes, et la résolution fournit une transformation unique de l'état depuis le temps  $t_0$  jusqu'au temps choisi  $t$ . La trajectoire entre ces deux bornes est située entre l'état initial  $(p, q)_0$  et l'état final  $(p, q)_t$  dans la mécanique hamiltonienne, ou de  $\Psi(0)$  à  $\Psi(t)$  dans le cas de la mécanique quantique. Personne ne se soucie des conditions qui pourraient prévaloir aux bornes temporelles du système : il est bien lancé mathématiquement, et ce ne sont pas des considérations ou ricanements de petit gestionnaire qui vont l'arrêter.

### 5.3.3 Les ondes s'honorent

Cette phase de la dynamique est donc celle des ondes (en anglais "wave function"). Une phase suivante, toujours en physique, est de passer des fonctions d'onde à celles des champs. Elle aide à tirer parti d'une avenue de la dynamique en physique, à savoir celle de la description statistique ; celle-ci devient un "must" pour les systèmes instables.

Les systèmes stables peuvent se voir associer une description en terme de trajectoire ; cela cesse d'être nécessairement vrai pour les systèmes instables où il s'agira d'un ensemble de trajectoires (possibles), donc d'une approche par une fonction de potentiel. Ceci est une proposition scientifique fondamentale de I. PRIGOGINE (dans *Les lois du chaos*, Éd. Laterza, Rome, 1993, p. 60) que, pour les systèmes chaotiques, « La seule description qui inclut l'approche vers l'équilibre est la description statistique ». Cet auteur fait alors appel à des opérateurs d'évolution qui ont d'autres propriétés que celles du hamiltonien.

Dans ce cas, il y a un risque pour les promeneurs d'être pris dans un champ de potentiel de réalisation de trajectoires. Or une interprétation de la densité de probabilité est précisément celle de la propension à se réaliser. Le passage de la fonction d'onde  $\Psi(t)$  à la description probabiliste peut se faire alors dans une situation où la distribution de probabilité est le produit de  $\Psi(t)$  et de son complexe conjugué  $\Psi^C(t)$ , soit  $\Psi(t) \cdot \Psi^C(t)$ . L'argument est que ce résultat cesse d'être factorisable, ce qui le rend irréductible à des trajectoires – et des promeneurs hagards s'égarent.

### 5.3.4 Les champs d'honneur

Comment se fait-il que l'archétype de la science qui offre des descriptions "sûres" par des lois mathématiques déterministes en soit arrivé là ? Une des raisons en est la distinction entre trois ordres de grandeur de l'univers, où les phénomènes ne diffèrent pas seulement par leur dimension, mais peuvent être qualitativement différents. Ils s'agit d'un mésocosme, du microcosme et du macrocosme.

#### a Dans le microcosme

C'est dans le domaine de la physique que le débat sur la dynamique et le temporel paraît le plus fascinant pour le systémicien, en tant que "la" référence scientifique, car le déterminisme est resté longtemps (depuis NEWTON) « le symbole même de l'intelligibilité scientifique » (PRIGOGINE, ibid., p. 42). À présent, ce déterminisme-là se réduit à une propriété valable seulement dans des cas-limites, ceux qui correspondent précisément aux systèmes dynamiques stables.

Dans le microcosme, le non-déterministe, le chaotique, était longtemps considéré comme relevant de l'imprécision, de notre ignorance : l'incertitude était dans le chef de l'analyste, de l'observateur et de ses instruments, et non dans l'objet de l'analyse. On propose plus récemment qu'au contraire l'incertitude, le chaotique et les bifurcations imprévisibles dans de nombreuses orientations improbables sont le fait de structures dynamiquement instables et dès lors, comme l'a suggéré BOLTZMANN, la "flèche du temps" ne peut s'orienter que de façon probabiliste. Dans ce domaine, une des phrases-clefs (due à Prigogine, op.cit.), est « Au plus loin de l'équilibre [de la stabilité dynamique], au plus grande est la multiplicité des états possibles ».

Mais alors, si le système devient chaotique et probabiliste, il peut être amené à oublier son état initial, c'est-à-dire que son équation de dynamique des états ne peut inverser la flèche du temps, et donc admettre la réversibilité.

### b Dans le mésocosme

Sans être précis, disons que la dimension du mésocosme ("moyen, intermédiaire") va de la molécule au système solaire, à savoir ce qu'on peut percevoir, décrire et observer avec des moyens existants et sans devoir y substituer des voies abstraites ou hypothétiques. Une analogie peut être établie avec les longueurs d'onde : l'étude peut avoir été dominante dans la gamme de longueurs d'onde du "visible" ; l'extension progressive depuis cette "fenêtre" du visible a reposé sur les instruments d'aide à l'observation, l'invisible restant toujours un parfum de l'esprit, mais dont les fleurs sont devenues de plus en plus perceptibles. La causalité, le déterminisme et les "lois" impliquent que l'on se situe dans cette fenêtre dimensionnelle, en tout cas si l'on tient plus au validé et observable qu'au spéculatif.

HAWKING, dans *Une brève histoire du temps* (Traduction française éditée chez Flammarion, 1989, p.191), écrit que les lois de la physique ne font pas de distinction entre les directions future et passée du temps ; plus spécifiquement, les lois de la dynamique traditionnelle, que ce soit la dynamique classique, quantique ou relativiste, ne contiennent pas la direction du temps.

Cependant, le temps est orienté par le second principe de la thermodynamique dans le sens de l'entropie croissante. Comme l'entropie a pour unité des joules/kelvin, à savoir l'unité d'énergie selon la température absolue (laquelle concerne le degré d'agitation des molécules), l'orientation nécessaire du temps est vers le "thermodynamiquement mort". Il y a donc une "flèche du temps", et celui-ci est irréversible.

Ce que l'histoire ne dit pas encore, c'est si la prise en charge artificielle du monde (par des macrogestionnaires ? des généticiens ?) modifiera non pas cette orientation du temps, qui n'est qu'un modèle et n'est peut même n'être qu'une fiction, mais pourra modifier l'intervalle de temps qui nous sépare de ce "thermodynamiquement mort".

### c L'agrégation des hasards par la statistique

Dans le domaine du mesocosme physique s'est construite en dynamique la modélisation mathématique de la trajectoire, puis de la fonction d'onde " $\Psi$ ", puis celle du champ, et on peut encore y admettre la symétrie temporelle. Mais vers le microcosme, l'infiniment petit, les expressions des thèses du temps et de la dynamique sont très différentes. Si l'on se trouve dans des structures chaotiques, ou instables, la succession des expressions devient (selon PRIGOGINE, ibid. p.93) :

"Instabilité → probabilité → irréversibilité".

Le niveau de description devient alors statistique, et, partant, irréductible à des trajectoires. Il y a rupture de la symétrie temporelle, et la description est en termes de propriétés de l'évolution de probabilités. On ne peut malheureusement pas, même en s'excusant et sans déranger, assister à une présentation de la théorie dynamique des champs : d'une part les places sont réservées à des acteurs patentés, et d'autre part trop de Lecteurs, pourtant des esprits téméraires, y sont tombés au champ d'honneur.

La tentation est grande, cependant, en raison de la correspondance entre des mots entendus ci-dessus et certains mots utilisés fréquemment en gestion, comme les "champs de tension". C'est surtout le cas si on confie au management la mission de devoir maîtriser un temps défini situé dans un champ de tension temporel qui lui est imposé.

Ce qui laisse le cœur gros, par contre, c'est cette histoire de statistique. Si l'étude du microcosme s'occupe de myriades d'événements dérisoires, de changements d'états pouvant être discontinus et ne pouvant se décrire que par un chaos, on pourrait penser de la même façon aux myriades d'événements et de micro-comportements des agents en économie et gestion. On voudrait les décrire, les engendrer ou les influencer selon des processus dynamiques dont le modèle spécifique "par individu" peut être exprimé formellement, à l'instar de ceux de la physique du microcosme.

Ainsi par exemple, chaque événement consistant en un achat de produit par un agent économique est la conjonction de multiples processus stochastiques qui auraient pu s'évanouir ou bifurquer n'importe comment; cependant, les "prévisions de ventes", ont pour objet l'agrégation de telles coïncidences de comportements. Ce sont les nombreux hasards de la vie (circonstances, rencontres, décisions, atermoiements, refus, échecs biologiques ou polichinelles inattendus) qui font des naissances, des décès, des fuites ou des refuges devant (et derrière) le devoir conjugal. Il est pourtant des modèles dynamiques de la démographie, avec ses populations, ses taux de naissance et de mortalité, alors que tant de gens meurent par inadvertance...

La leçon de cela est que la statistique fait passer de la description du micro- à celle du méso-événementiel. Ce niveau est plus agrégé, plus ordonné et a des modélisations exprimées par des quasi-lois, à savoir des applications d'ensembles d'événements sur un référentiel numérique. Ces applications donnent des densités de probabilité, et ces fonctions sont dites de densité de probabilité. Dès lors, une des contributions de la statistique naturelle compatible avec cette vue ne serait-t-elle pas : "l'art de l'auto-organisation par le hasard"?

#### d La Grande Unification

Globalement, les Quantiques sont en tête, mais c'est cher. En 1967, la force de désintégration des noyaux et l'électrodynamique quantique ont été unifiés (dans le "Modèle Standard"). Puis l'interaction forte (de cohésion) a été prise dans la rafle, formant la théorie de la "Grande Unification" (on se croirait en Chine de Mao, en 1949). Le noyau, le vide (qui a horreur de la Nature, rappelons-le), les interactions, etc, tout est quantifié. Sauf la gravitation, et l'origine et la valeur de la masse des particules. Mais voilà que HIGGS (et BROUT et ENGLERT, ULB) proposent que cette masse dépende de l'intensité de leur interaction avec un nouveau "champ", lequel inonderait tout l'espace.

Et voilà, un nouvel éther, un "champ" dont on reparle un autre jour, en gestion. Il doit être cher au mètre carré : le Boson de HIGGS, particule mythique, ne se découvre pas bien au LEP de Genève, le "Large Electron Positron Collider" qui pour ce faire est un peu juste avec ses 27 kilomètres et 105 milliards d'Electron-Volts. En 2005, on en aura un de deux mille milliards d'E-V, au centime près. Un "collider" dans le tunnel du Mont-Blanc ?

#### e «Quelques conséquences de la relativité»

Arrivant devant la chapelle des grands Maîtres, aux confins du jardin des délices de la dynamique, il faut se recueillir quelques instants pour écouter la parole d'un expert en matière... d'immatériel. Cette voix est celle du physicien Marceau FELDEN.

### Encart 1. Quelques conséquences de la relativité

*«En devenant fondés sur l'idée de champs se propageant dans le vide, les phénomènes ondulatoires et gravitationnels ne nécessitent plus aucune des propriétés attribuées à l'éther. C'est ainsi que, vidé de tout contenu physique, donc ne jouant plus aucun rôle effectif, celui-ci est purement et simplement éliminé. En revanche, le concept de champ va se révéler d'une grande fécondité, ici comme en physique quantique, permettant d'autres modélisations beaucoup plus élaborées. Mais il va, lui aussi, présenter certaines difficultés d'interprétation, la première d'entre elles étant qu'un champ n'est pas directement observable. Et comme il existe autant de champs spécifiques que d'entités physiques à décrire, leur représentation met en œuvre différents types de structures mathématiques (scalaires, vectoriels, tensoriels...) dont les rapports au réel sont tout à fait problématiques. Pourtant, et pour ne parler que de lui, le champ électromagnétique se manifeste en permanence, et de plus en plus, par ses effets dans la vie quotidienne. Ce qui n'empêche cependant pas que, sur le plan des principes, un archétype impondérable, l'éther, est remplacé par un autre, le champ. Certes, tout en paraissant plus fondé, le second est autrement plus fécond mais, pour la connaissance et la compréhension du réel, il n'en demeure pas moins que le progrès n'est pas immédiatement manifeste.»*

...

*«Pour tant l'interprétation de certains résultats relativistes ne manque pas de laisser perplexe tant ceux-ci semblent en désaccord avec les observations de la vie courante. Par exemple, les étalons de longueur et de temps deviennent relatifs dès que leurs possesseurs ne sont plus en état respectif de repos. Autrement dit, dès qu'un observateur veut mesurer des distances ou des intervalles de temps dans un système en translation rectiligne et uniforme par rapport à lui il doit effectuer certaines corrections pour pouvoir les comparer à ses étalons propres. Il s'agit des phénomènes bien connus de contraction des longueurs et de dilatation du temps (ralentissement des horloges). Et, conséquence pour le moins surprenante, ce qui est simultané pour l'un ne l'est plus pour l'autre. Cela signifie que l'espace et le temps deviennent relatifs alors que c'est l'espace-temps de Minkowski qui revêt un caractère descriptif absolu, ce qui ne contredit en rien le relativisme puisqu'il n'est pas physiquement opératoire. C'est un cadre particulièrement approprié aux développements des calculs ainsi qu'à certains types d'interprétations. Mais il ne correspond, pour nous, à aucun réel puisque le temps est considéré dans son étendue alors que seul l'instant présent nous est perceptible.»*

*«Le mouvement galiléen de l'observateur conservant la formulation, donc le contenu des lois physiques, le relativisme de cette théorie doit aussi se traduire dans son pouvoir descriptif de sorte qu'elle ne peut que représenter un réel relatif.»*

Marceau FELDEN Laphysique et l'éigma du réel les difficultés d'interprétation de la théorie quantique et de la relativité générale Coll Sciences d'aujourd'hui Albin Michel Paris 1998.

## 6 Modèles du temps en gestion

### 6.1 Le rationnel flou ?

Depuis la relativité générale, dans la version exposée par A. EINSTEIN, des horloges de réglage identique peuvent donner une lecture différente pourvu que les observateurs ne soient pas superposés ou inclus l'un dans l'autre, et pédalent à des vitesses sensiblement différentes. Ainsi l'inexorable de l'horloge, du réglage, de l'engrenage s'efface en faveur des ondes, des champs, du flou et de l'improbable. KARL POPPER, coach d'une équipe d'épistémologie, a d'ailleurs dit (un peu avant sa mort heureusement) que le progrès de la physique se doit de passer "de l'horloge au nuage". Cette exhortation venue d'en-haut autorise les petites gens d'en-bas à avoir quelques visions, ou en tout cas quelques représentations mentales, qui hier encore les auraient fait montrer du doigt et lapider de quolibets les traitant de farfelus.

Entre le scientifique et le gestionnaire peuvent alors s'envisager quelques hallucinations collectives que l'on appelle le "Weltanschauung", quelque chose comme "façon de voir le Monde", une sorte de cocktail visuel de la pensée. Le prix à payer, à nouveau, est de régler les comptes entre la rigueur et les degrés de liberté de l'analyste. Toutefois, c'est un autre débat qui est proposé ici ; il ne se situe pas entre le "rigoureux" et ce qui ne l'est pas, mais concerne l'éventuelle satisfaction ou non de la rationalité.

Une des oppositions académiques, en effet, est celle qui confronte :

- d'une part le rationnel, en tant qu'élaboré par la raison, et son processus exécutif qui est le raisonnement,
- à d'autre part l'empirique, engendré par son exécutif qui est l'expérimentation.

La "rationalité" en gestion n'est cependant pas facile à appréhender. L'irrationnel est ce qui va à l'encontre de ce qui serait proposé par la raison ou qui ne peut être supporté par celle-ci. Par exemple, dans un choix de placements financiers, prendre l'option qui est à la fois la moins rentable (en espérance de gain) et la plus risquée (en dispersion des rendements possibles) peut en économie être qualifié d'irrationnel.

Il y a cependant des problématiques qui ne sont ni rationnelles ni son opposé ; on peut les qualifier de "non-rationnelles", ce qui signifie qu'elles relèvent d'un domaine où la propriété de rationalité n'est pas pertinente. Un exemple en est donné par FELDEN (qui vient d'être cité), évoquant la possibilité d'une mesure spatiale de la dimension des nuages. Cet exemple est superbe, mais y en a-t-il d'autres ? Et lesquels ? On ose avancer ici que certains domaines puissent se prêter à une telle recherche ; ainsi peut-on se demander si la "motivation" relève ou non de la rationalité, ou encore si, en gestion, on peut admettre l'idée, comme pour les sous-ensembles ou les nombres, d'une rationalité "floue".

Quant à l'expérience, on dira en traduisant Adlous HUXLEY, que ce n'est pas ce qui vous arrive, mais ce que vous faites de ce qui vous arrive. Dès lors l'expérience n'est pas entièrement transférable, puisqu'elle reste, pour partie en tout cas, inséparable du sujet, la personne qui "se l'est construite". Il n'est donc en principe pas adéquat de fonder un référentiel rationnel sur l'expérience.

Laissant ces zones à leurs experts, il est urgent de s'inquiéter du temps en gestion, car on y parle de systèmes dynamiques et autres grands mots stratégiques sans se demander quelle en est la référence temporelle, et si celle-ci est la même pour tout observateur et tout acteur, bref, si elle n'est pas elle aussi "non-rationnelle" dans les comportements, et... trop rationnelle dans les comptabilités.

## 6.2 Quelques aspects du temps en gestion

### 6.2.1 Une entrée

La brochette d'écrevisses flambées à la vodka est une bonne façon de pénétrer doucement dans un bon repas. De même, il faut s'avancer dans le temps à pas de loup, en tâtant le terrain avec sa canne (puisque'on n'y voit rien), car le déterminisme on n'y croit plus ; les structures instables, dissipatives, chaotiques, peuvent aujourd'hui surgir d'une petite perturbation que les physiciens d'il y a quelques années auraient balayée d'un revers de main. Plus subtile encore est l'assertion de GLANSDORFF et PRIGOGINE (Structure, stabilité et fluctuation, Éditions d'organisation, Paris, 1973) :

Il existe un lien étroit entre irréversibilité et complexité. Plus nous nous élevons dans les niveaux de complexité : chimie, vie, cerveau, plus est évidente la flèche du temps. Cela correspond bien au rôle constructif du temps...

Or les facteurs et niveaux de complexité sont en systémique une référence permanente et celle des EAH est élevée sur certains de ces facteurs. Dès lors l'implication de cette assertion serait l'unicité de la direction du temps, irréversible en raison de la complexité, et aussi la restriction du domaine de gestionnaire à un temps fini.

### 6.2.2 Deux versions

Une voie de pénétration plus profonde dans le temps (et les champs, on va le voir) est la suivante. C'est un chanoine qui donnait le cours de littérature française au Collège Saint Louis en 1927, et il l'a commencé comme suit :

Ouvrons doucement la porte du jardin du Romantisme, et étendons-nous quelques instants sur Madame de Staël...

Mais il n'est guère facile cependant d'ouvrir une porte sur le temps et de faire état d'une version originale du temps qui serait propre au domaine de la gestion. Il y a en effet dans ce domaine deux versions du temps qui s'y opposent :

- Soit en tant que ressource disponible, permettant de faire certaines choses, et que l'on est donc en charge de maîtriser et exploiter ;
- Soit comme un des vecteurs des champs de tension dans lesquels cheminent les EAH, et qui les harcèlent.

La première version, celle de la ressource, est compatible avec l'assertion que la systémique en gestion s'occupe de maîtriser et intégrer certains des facteurs de complexité des EAH ; elle serait donc aussi chargée de gérer son temps, de maîtriser son facteur dynamique.

À cette fin, la gestion a confié à son management, de maîtriser les temps unidirectionnels, finis, définis par des intervalles repérables et dont les processus sont irréversibles. Le management (l'exécutif de la gestion), est donc en charge d'effectuer au mieux (optimiser ?) les correspondances entre les ressources, y compris celle des intervalles de temps finis dont il dispose, aux activités et à leurs contributions désirées.

## 6.3 Trois temps

Le temps précieux du gestionnaire et de l'honorable Lecteur qui s'impatiente peut se décrire sous trois formes de domaines temporels, à savoir:

- Le temps rationnel : celui des cycles temporels, des comptables et de la très sainte Sécurité Sociale ;
- Le champ temporel : le temps ressenti, contingent, ou stratégique ;
- L'éphémère et la gestion volatile.

Ces vues du temporel se compléteront ici à la section 6.3.3 par une description de l'organisation inexorable de l'emploi du temps selon la Règle de saint Benoît. C'est en effet une vision des choses que d'attribuer à celle-ci l'origine de l'organisation du temps en Occident en intervalles dédicacés par activité, ce qui est un prérequis indispensable à toute notion et mesure d'efficience et productivité. Encore aujourd'hui, il en reste par exemple que "il n'y a pas de boogie-woogie avant la prière du soir".

### 6.3.1 Le temps rationnel

#### a Le calibrage

Il est proposé ici de qualifier de temps rationnel celui dont toute mesure de longueur peut être obtenue par le rapport de deux autres intervalles et ayant la propriété d'être la même quelque soit le sujet, l'objet et l'observateur. Le temps peut alors être dit calibré, (le propre de la règle bénédictine) et peut servir de référentiel à tout aspect d'efficience d'activités.

Lorsque cette propriété n'est pas satisfaite, le temps avoue qu'il est non-rationnel.

Ce type de temps règne sur le climat de Sécurité Sociale, depuis la naissance d'un ayant-droit jusqu'à sa pension, son allocation de décès et ses frais post-funéraires, alors qu'il scinde en (très fines) tranches d'égale longueur d'un an le boulier des comptables, découpe les statistiques en lignes d'observations qui sont identifiées par des mois, des années, désespérément inertes, si identiques, fades et répétitives qu'on se demande s'il vaut vraiment la peine de vivre deux ans...

Alors enfin que ce temps rationnel est celui pour lequel on est payé, on n'en fera usage ici que d'un seul aspect, parce que celui-là est typiquement systémique et que les autres sont maintes fois dits : c'est l'aspect du calibrage et des cycles temporels.

### b Temps de cycle

Des esprits étroits et restrictifs disent qu'un vrai système doit avoir un cycle temporel. C'est sans doute quelque peu idéalisé, mais le paradigme du système implique tout de même quelque chose qui a une réponse utilement prévisible à une sollicitation qui lui est soumise et ce de façon persistante et répétitive. Le cycle temporel serait alors la "longueur d'onde" de ces répétitions, à savoir l'intervalle de temps qui sépare deux sollicitations ou deux extinctions de cycle, où la fin de cycle est définie comme le moment de transfert de l'output hors des bornes du "système".

C'est beau, c'est pas triste, mais c'est pas vrai. En gestion surtout, il faut relâcher cette exigence sous peine de devoir tout jeter. En effet:

- D'abord, on n'apres dit que les longueurs des cycles devaient être identiques, mais seulement qu'elles devraient être repérables.
- Ensuite, les sollicitations elles-mêmes, celles qui sont soumises au système, ne sont quasi jamais identiques dans les cas réalistes ; donc leur traitement n'est pas pareil, de sorte que les temps ne sont pas uniformes et il convient d'essayer de les "calibrer".

Des illustrations de la vie économique en sont faciles à citer. Ainsi à l'entrée de processus comme l'"inspection automobile", la délivrance de papiers administratifs, et autres services, les sollicitations, qui en sont les inputs ou demandes activant les processus, sont catégorisées pour homogénéiser le temps des cycles. Il en va de même pour le Taylorisme, où la même contribution en temps et quantités de travail était exigée des acteurs.

Donc une des premières façons de maîtriser le temps par le management est le calibrage, tant des activités que des équipements qui leur sont utiles.

### c Imbrication de cycles temporels

Les naïvetés du calibrage sont dépassées lorsqu'il y a imbrication de cycles temporels, comme le dit la hiérarchie de complexité, située dans son propre exposé. Il peut donc y avoir des cycles courts et des longs, et plusieurs processus de timing différents peuvent être concourants et en parallèle. Mais les choses sont beaucoup plus complexes, sinon inextricables, quand un processus en inclut d'autres qui lui sont nécessaires mais sont de temps de cycles différents. C'est pourtant ce qui se passe tout le temps dans le domaine de la gestion, par exemple lors des ajustements des cours boursiers, ou dans les variations de prix et quantités en horticulture, lesquels sont plus rapides que les mouvements de production par "saisons".

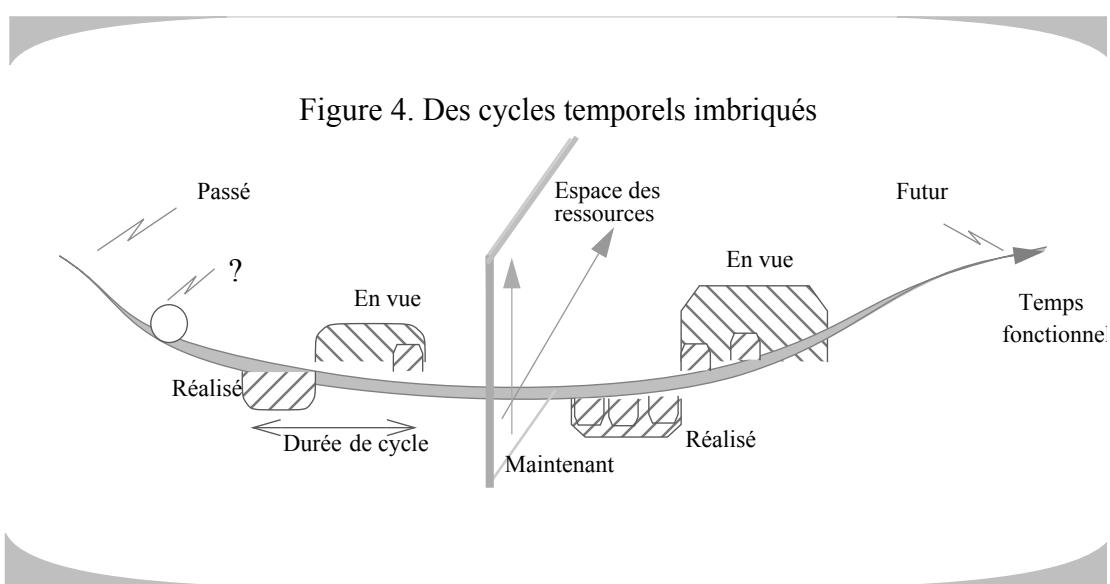
Les processus qui présentent de tels comportements ne sont pourtant que rarement explicités, et leur modélisation (aux fins de les comprendre et les maîtriser) est une gageure. Il en résulte que cette inadéquate vision des temps entraîne que le contrôleur ne peut pas maîtriser de tels processus parce que son propre temps est inadéquat.

Il apparaît dès lors une autre version de la "loi de la variété nécessaire" de R. ASHBY : la variété des temps disponibles par le contrôleur doit être au moins équivalente à celle de l'objet commandé. Un exemple en est celui du contrôle aérien, où les équipements d'aide aux contrôleurs comprennent un simulateur des temps présumés d'exécution des trajetoiress par les avions contactés, et il ne peut être de cycle plus long que celui des trajetoiress qu'il doit contrôler.

Dans le cas des cycles d'aller-retours de la balle de tennis, il se peut que l'un des deux joueurs ne dispose pas du temps nécessaire pour les phases de perception, de conception des choix puis d'intervention pour maîtriser la... trajectoire ! Cette inégale variété de temps fait perdre l'un des deux joueurs en moyenne, et le plus vieux en général.

On oserait extrapoler cela au cas de la gestion, où l'entité qui est censée maîtriser un ou des processus n'a pas un temps d'actuation suffisamment flexible par rapport à ces processus, lesquels vont au sens dynamique, et aussi en réalité, le "dépasser". De telles constatations et recommandations sur les temps d'actuation et de décision sont dans maints livres de management, mais lorsqu'on veut mettre en place un "système" par lequel il y a maîtrise de comportements dynamiques, il faut expliciter cet aspect.

Cette explication des cycles de temps nécessaires n'est possible qu'en sortant du désordre temporel et en présentant les processus et leur contrôle dans une hiérarchie temporelle, donc en définissant des temps de cycles plus courts dans des temps de cycle plus longs, ce qui est hâtivement illustré à la Figure 4.



Cette Figure 4 est ratée, parce qu'on n'a pu y représenter un "cycle temporel". Celui-ci n'est pas une boucle ; en effet, il ne s'agit que de "ré-itérations", qui, on l'a dit, ne sont pas nécessairement de longueurs égales ; on ne pourra donc que les mettre graphiquement en série et en inclusions, mais pas en graphe de flux de signaux.

Lorsque des processus sont répétitifs, il se dessine des cycles temporels initiés par un signal et s'éteignant avec la stabilisation de la réponse ; la réflexion ci-dessus sur les intervalles de temps pertinents indique que les cycles qui nous intéressent peuvent être de longueur inégale. Ainsi on peut avoir plusieurs lots dans une campagne de production, plusieurs campagnes dans une saison, et plusieurs saisons sur des années.

Un vent du Sud a mis dans les réclames que de tels processus répétitifs se présentent aussi dans les cures d'amaigrissement, notamment celles qui sont vendues en cycles de 8 jours : chaque fois que l'on y revient, est-ce le même kilo qui se sublime ? Ces cures ont aussi une propriété économique rare : elles vendent une perte de poids, donc un produit en quantité négative.

Un cas particulier moins inextricable est celui où ces processus de temps de cycles différents sont imbriqués l'un dans l'autre, de telle sorte que la réalisation de processus à cycle plus court est nécessaire pour celle de processus à cycle plus long; il y a dans ce cas une hiérarchie temporelle. Encnclusion, on dira qu'un processus A est englobant par rapport à un processus B si :

- B est nécessaire pour A,
- Le cycle temporel de B est inclus dans celui de A.

Ce sont deux des conditions pour former une hiérarchie de processus formels. La troisième condition pour obtenir que B soit sous-système de A, et qui viendra plus tard, est que la téléconomie de A doit informer celle de B.

### 6.3.2 Un temps "stratégique"

La tare de non-rationalité ne s'applique-t-elle pas au temps "ressenti"? On a déjà entendu dire qu'il "passe moins vite" pour les enfants, et que les gens le sentent couler à débit différent selon les circonstances, leur personnalité, ou selon leur cadre de vie.

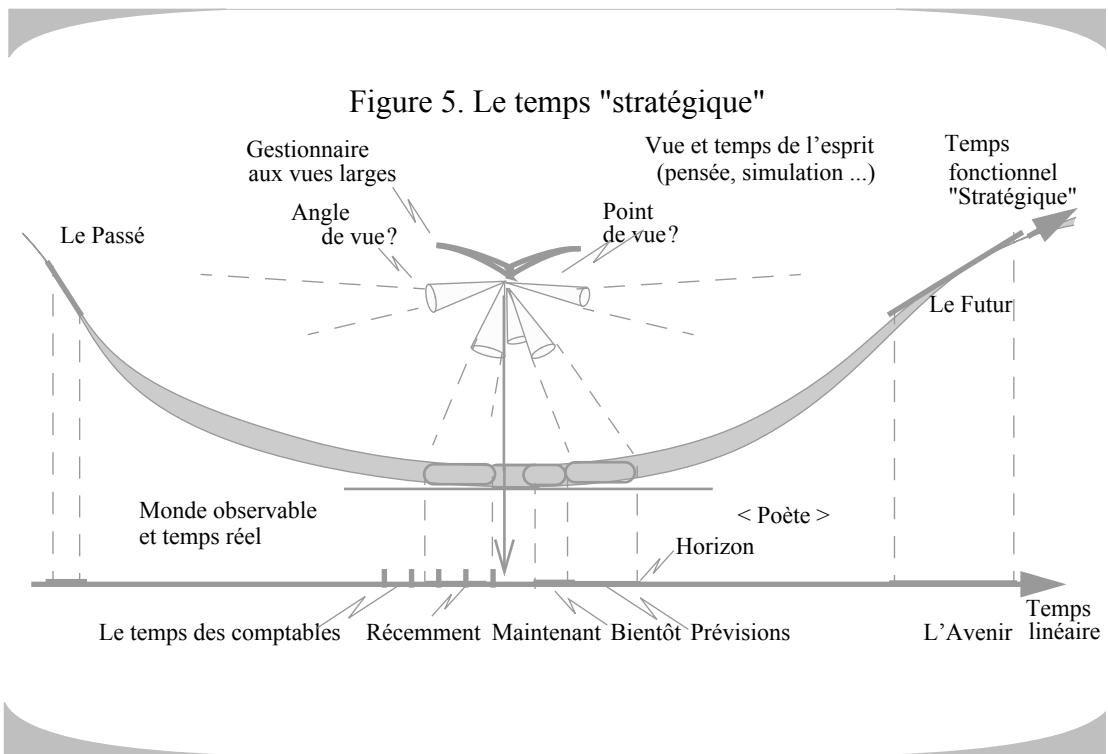
Cela pourrait être aussi le cas de la gestion des EAH, où les choses sont conduites par des agents, qui s'autofinalisent et mieux, qui imaginent, comme le dit LEMOIGNE (1977, op. cit.) dans le cadre de la complexité. Ces agents élaborent la stratégie : dès lors, ils songent, et leurs rapports d'intervalles de temps sont alors ceux de leurs propres simulations et non pas ceux d'une mesure de référence. De même qu'en théorie de la relativité restreinte il ne peut y avoir de mouvement rectiligne uniforme en l'absence de référentiel absolu, ici il n'y a de temps absolu de la pensée et les mesures du temps n'y sont pas un rapport de deux autres. Une telle vision temporelle est alors non-rationnelle.

Celui qui raconte des choses jusqu'à l'horizon est, dit-on, un prévisionniste ; au-delà, ce serait un poète "qui voit plus loin que l'horizon". On dit aussi qu'il y a des gens, se disant stratégies, qui ont des vues plus larges et un point de vue plus intéressant que celui des autres. La Figure 5 se devait donc de leur rendre un respectueux hommage. Inspirée de ce qui précède et d'une communication faite par NADLER (à l'université de Lancaster, UK, en 1979), elle donne une vision du temps stratégique. La perception temporelle y dépend de l'investigateur et de son objet, et l'échelle n'est pas du même ordre de grandeur que celle du temps de l'observateur ; les rapports de temps ne sont pas respectés.

### 6.3.3 Les temps finis et la gestion de l'éphémère

Les fonctions de gestions s'exercent dans des champs de tensions, dont le temps. Celui-ci en est rendu alors pneumatique comme la grande intelligence du Lecteur : tendu ou dégonflé selon les pressions qui s'exercent sur lui, il peut être ressenti par-ci comme fixe et inexorable, mais perçu par-là comme éphémère.

Dans cette vision des choses, le temps n'est donc plus étalonné et standardisé, mais il se ressent comme une lame de fond qui emporte l'esprit au large, tandis que dans le corps un courant froid commence à glacer le sang qui bientôt, il le sait, ne coulera plus.



Les EAH sont des peaux d'organes aux sueurs froides, des entités floues, exhalant des relents de leurs passés, onduleux processus d'interactions et de contrats entre entités constamment modifiées par morceaux, greffées, amputées, atrophiées ou surdéveloppées. Ou encore, ce sont des organisations bouleversées par les émotions des "changements de phases", fusionnées, absorbées ou jetées aux déchets par des monstres financiers mafieux dont le volume n'est pas plus précis que celui d'un nuage, cheminant et évoluant sous un ciel sans dieu dans des champs de tensions...

Comment imposer à ces EAH un temps rationnel, échelonné par un étalon, alors qu'ils y surnagent comme des méduses, sans direction et sans devenir? Grâce aux brillants talents des gestionnaires, et à la corruption politique, certains EAH ne sont cependant pas uniquement ballottés dans les remous du turbulent éther qui les baigne. Ils peuvent aussi y faire leur niche, et même influencer eux-mêmes ces "environnements", lesquels ne sont après tout que d'autres sociétés humaines, qui, sauf quelques exceptions glorieuses ou tortionnaires, ne sont elles aussi que dérisoires dans les remous de...

#### 6.3.4 Comment faire du stop?

Un problème de temps va se poser en dynamique par le fait que la modélisation ne montre en général pas quand (ni comment ni pourquoi) s'arrête un processus. Tout se passe comme si on lançait des processus les uns après les autres, sans spécifiers' ils prennent fin, sont relayés par d'autres ou s'il ne se passe plus rien. Or une caractéristique d'une vision temporelle moderne en économie et gestion est celle de "l'horizon fini".

Jusque récemment, en effet, on avait l'impression, dans les lectures et les observations des comportements, que les processus des activités humaines étaient mis en place, maintenus et améliorés dans une perspective de persistance sans échéance explicite, ou même sans que l'on songe à leur non-pérennité.

Il paraissait peu envisagé que les institutions, les activités, les emplois, les régimes, sa propre vie, sa propre santé ne soient que des tranches d'histoire provisoires qui seraient bientôt éteintes, remises en question, changeraient de phase, bref, ne seraient plus que leur nostalgie, et auraient bientôt perdu leur raison d'être. Il en résulte un nouveau temps de la gestion qualifiée dans le temps de l'éphémère. C'est aussi une nouvelle stratégie qui se dessine, par laquelle les options dominantes sont celles qui évitent l'irréversible, le fixé, en faveur du flexible et du modifiable.

Cette stratégie peut se dessiner aussi bien pour la personne que pour des EAH. Certains, en effet, se rendent enfin compte de ce que leur vie est vite finie (mais pas plus courte). Entre le temps de l'enfance assistée, celui des études qui traînent un peu et le moment de la retraite, il n'y a que quelques années de cotisation, des interstices de congés et des ères de chômage. Chaque tranche de survie n'est que provisoire "en attendant" la suivante : on loge ici en attendant une naissance, on loue un logement en attendant d'accéder à la propriété, on quittera la maison pour un appartement, puis pour une maison de retraite, enfin pour finir on rangera son vélo dans un institut de soins palliatifs en gériatrie.

Il n'y a plus de vie ouverte vers le futur, mais une gestion rétrospective de la mort, économique d'abord (on ne cotise plus), morale et physique ensuite – ce qui est développé par le Document E. On ne gère plus le temps, mais seulement des intervalles.

Certaines analogies, lorsqu'elles sont forcées, sont parfois fascinantes. Ainsi, la "flèche du temps" répond à la loi de la thermodynamique de l'entropie croissante, ce qui oriente tout système autonome vers une perte d'énergie jusqu'à son évanouissement. Pour notre civilisation de la Sécurité sociale, un individu ou un ménage sera donc thermodynamiquement mort quand aura lieu l'extinction de ses cotisations et qu'il faudra le brancher sur une énergie économique externe, ce qui lui confère l'éminent statut d'assisté.

Du point de vue systémique, on ne voit guère de différence de modèle entre cette situation d'état (ou de statut) économique et celle du statut médical par lequel les soins palliatifs et les aides en phase terminale prolongent la vie artificiellement quand les moyens du bord du futur défunt font défaut. Il est extraordinaire de voir, dès lors, que l'on gère tout, et même sa vie, en tant que petit bourgeois, dans un contexte temporel fini et déterminé, dans un temps artificiel fait des intervalles des comptables et programmé par la Sécurité sociale.

Cependant, la physique, si rigide dit-on, s'interroge encore sur la poésie de l'irréversibilité et la possibilité de mesurer le temps indépendamment de l'espace en progressant vers le plus instable, le peu probable, et vers l'absence de référentiel de temps absolu.

En gestion, le temps est artificiel. Le paradoxe est que ce sont ceux qui s'approchent le plus doucement de l'éternel qui suivent la règle temporelle la plus sévère, celle de saint Benoît. Celle-ci, qui partage le temps selon les périodes de l'année et les thèmes de la journée, peut être considérée dans cet exposé comme le fondement du tempo de vie en Occident et de son management. Lisant ce petit extrait, on saura à quelle heure faire la sieste.

Avez-vous vu passer le temps?  
Oui? Alors, par où est-il passé?  
CdB

## Encart 2. L'organisation du temps selon la règle bénédictine

### «Rythme de la journée monastique

La durée des heures antiques est variable dans tout le cours d'une année, puisque le jour comme la nuit, quelle qu'en soit la longueur, sont chacun divisés en 12 heures égales.

Pour le sommeil, saint Benoît propose un double système de repérage. En hiver, le lever a lieu à la 8<sup>e</sup> heure de la nuit (c'est-à-dire à 2.40 h. du matin au solstice d'hiver). Comme la nuit, au solstice d'hiver, tombe à 16 h. environ, le coucher a lieu vers 17 h. À ce moment, la nuit comprend un maximum de 16 heures. Si les moines se lèvent à 2.40 h., ils ont donc disposé de 9.40 h. de sommeil (7 h.+2.40 h.), ce qui représente "un repos d'un peu plus de la moitié de la nuit" (ch. 8). À l'équinoxe de printemps, ils n'ont plus que 7 heures de sommeil: de 19 h. à 2 h., pour une nuit de 12 heures. Ainsi, dans les deux cas, les moines dorment un peu plus de la moitié de la nuit.

Pour l'été, l'heure du lever n'est pas précisée par la Règle, mais nous pouvons la calculer approximativement. Saint Benoît dit que les Laudes qui suivent Matines après un court intervalle (disons un quart d'heure) doivent être chantées "au point du jour" (ch. 8). Or les Laudes durent quelque 40 minutes et les Matines une heure environ. Le "point du jour" ayant lieu à 4 h. du matin, le lever des moines se place donc vers 2 h. Comme la nuit n'est tombée qu'à 20 h., le coucher n'a pu avoir lieu qu'à 20.30 h. au plus tôt, ce qui donne 5.30 h. de sommeil.

Ce cours laps de temps explique et justifie la sieste de l'après-midi en période estivale.

Pour l'office divin, saint Benoît prévoit un horaire d'hiver, du 1<sup>er</sup> novembre à Pâques, et un autre, d'été, de Pâques au 1<sup>er</sup> novembre.

L'horaire du travail et de l'étude, à la différence du précédent, se divise en trois périodes: été, de Pâques au 1<sup>er</sup> octobre; hiver, du 1<sup>er</sup> octobre au début du carême; carême, les 40 jours qui précèdent Pâques.

Telle est l'organisation de la vie monastique quotidienne voulue par saint Benoît, comme nous pouvons la reconstituer avec un grand degré de vraisemblance.»

Règle de saint Benoît,  
texte latin et traduction de concordance par  
Philibert SCHMITZ, Brepols, 1987, 5<sup>e</sup> éd.

## 7 Les Voies et réseaux de la dynamique libre

### 7.1 Le baiser dynamique chinois

**A** u fait, quand a commencé la dynamique ? Depuis que des forces s'exercent sur des objets, avec pour effet d'en engendrer ou affecter un mouvement.

Donc un simple objet réel n'est pas par lui-même dynamique : pour bouger il doit être pris en otage par des forces obscures (pour lui) mais qui ont été illuminées dans cet exposé. Si, en revanche, un objet est dynamique de façon autonome, c'est qu'il est capable d'engendrer lui-même les forces qui le meuvent, comme c'est le cas d'un jeune cadre d'entreprise (dans les offres d'emploi) ou de politiciens en campagne électorale.

La transition d'état est l'expression la plus claire de la dynamique : on était A, on devient B, puis C. Toutefois, au niveau de complexité des EAH, et déjà celui des organismes, les descripteurs corrects de cet "état" sont bien difficiles à élaborer. Comment dire alors que cet état, que l'on ne peut ni reconnaître ni définir avec certitude, peut être "stable" ou "instable" ?

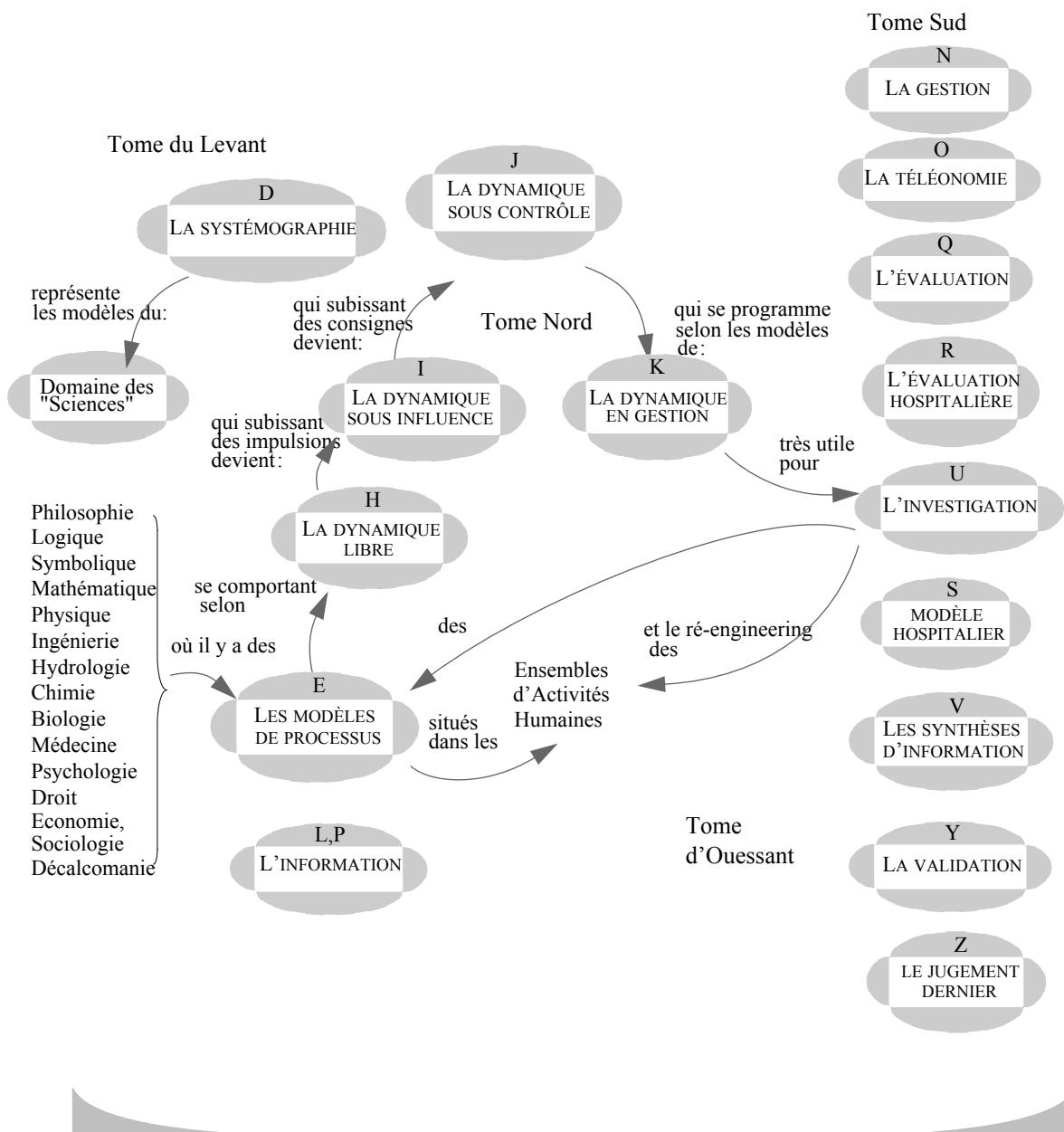
Les hésitations du temps en physique rendent celui-ci loin d'être inexorable et permettent dès lors quelques élucubrations sur le temps en gestion. Pour cette raison, la patrie doit être reconnaissante du grand mérite des comptables et des budgets de l'avoir rendu calendaire. Là, le temps est fini et conçu par intervalles bien nets, à la saint Benoît son précurseur et, le prenant délicatement de la balance bilantaire pour ne pas déranger les comptes, on pourrait le rendre "cartésien" et le déposer sur un axe des abscisses.

Mais pour le reste, on a parlé d'un temps "stratégique", et d'échelles de temps différentes et imbriquées. Aussi l'argument est que le temps de la gestion n'est pas linéaire, car il se présente comme un champ de tension du fait qu'il donne une intrication des suites temporelles avec la prospective.

Décidément, on ne peut pas laisser aller le temps tout seul, il se conduit trop mal. Aussi il est mis sous surveillance dans un exposé plein de stimuli sur «La Dynamique sous influence», et mis sous tutelle dans l'exposé sur «La Dynamique sous contrôle».

## 7.2 Naviguer en dynamique libre

Figure 6. Nauticiel des exposés issus de la dynamique libre



## 8 Document H. La dynamique de l'âge flou

Avec Sabine DE BRUYN

**L**es rouages de l'âge  
[ ... ]

«Petit à petit, l'apprehension les gagne. Ils ont peur du froid, de la foule, de la chute. Une sécrétion chronique d'hormones du stress ronge à son tour le tissu musculaire. On observe alors la libération de multiples substances inflammatoires de la famille des cytokines à l'origine de douleurs de type rhumatismaux que l'on combat classiquement par de la cortisone - ce qui ne fait qu'accélérer le processus - et par une diminution encore plus sensible de l'appétit. Et voilà comment, la faiblesse entraînant l'inactivité et l'inactivité la faiblesse, la personne âgée perd progressivement la force de courir, de marcher, de se lever et finalement de vivre.

*Lorsqu'on parvient à ce stade-là, il est très difficile de faire demi-tour»*

G. GOETGHEBEUR, «Votre santé», Télé Moustique, 24 février 2000, p.130.

### 8.1 Pénétration dans l'âge... ingrat?

Les voies de vieux ne sont pas impénétrables.

On pénètre dans la vieillesse comme dans un banquet. Par de petits zakouskis d'abord (comme des varices, des tendinites, des claquages et des déchirures), suivis d'apéritifs prémonitoires (arthrose, un peu mou du ventre et dur d'oreille), les disgrâces devenant plus gênantes avec les entrées froides (cataracte et surdité), puis cruelles ensuite, quand sont servis des hémorroïdes à l'incontinence au lieu de l'estouffade de turbotin à la coriandre.

Les plats plus sérieux viennent au deuxième service, avec les hernies ombilicales sur canapé, puis les adénomes de la prostate (d'ailleurs mal placée dès le départ, sur le chemin de l'urètre). La moelle est truffée d'affection myéloproliférative, et, après un trou normand à la santé d'Alzheimer, on jouira enfin, à défaut d'autre chose, d'une longue sieste cardio-vasculaire.

La belle perspective formulée dans ce document est que, selon divers critères inéliminables, les "vieux" convergent vers une homogénéité (de condition, de mode de vie, de valeurs) avec l'âge, mais ils le font selon des conditions initiales (telles le patrimoine, la culture) et des processus (comportements, santé, cosmétiques) très variés. Le modèle dynamique décrivant cet argument sera factoriel, en ce sens que les différents états successifs du vieillissement seront portés sur des facteurs portant sur eux le poids des ans, c'est-à-dire des axes sous-tendant un "espace-âge" relatif selon cette variété.

Il restera, en fin de cette dynamique floue, la classe des tenants d'une même condition, montrée du doigt comme celle des dépendants, non-productifs, désengagés, à charge des autres, coûteux et... "inutiles"? Et la conclusion rappelle que le cynisme aide un peu, mais ne sauve pas de la détresse.

## 8.2 Le facteur de bio-péremption

### 8.2.1 Les critères

La mode est au "bio". C'est plus naturel, et surtout se vend plus cher. Le bio naturel serait donc le sort des vieux, si on ne leur faisait pas ingurgiter toutes sortes de produits jouvenceaux et ne les faisait pas ahaner jusqu'à l'euthanasie dans des salles de "fitness" surchauffées sur les seuls vélos qui n'avancent même pas d'un mètre en une heure.

Comme les vieux sont aussi des organismes du monde animal, en tant que tels ils ne sont conçus pour rester en bon état fonctionnel que pour le temps de la reproduction et, mammifères évolués, le temps d'autonomie de leur progéniture. Mais le télomère de leurs chromosomes raccourcit à chaque scission cellulaire, et l'horloge du vieillissement se déclenche. La dégradation de l'ensemble est rapide, inexorable, irréversible, jusqu'à ce que la Science rappelle son client à Elle.

Effectivement, au-delà de 45 ans environ, il y a abaissement de la production hormonale ; la sarcopénie s'installe et prend ses aises, et ne fait – si l'on peut dire – que croître et embellir, remplaçant les fier(e)s pectoraux (ales?) par les jambes maigrichonnes et la bedaine en surplomb. Puis les grossiers appétits s'amenuisent, il est quatre heures vingt-cinq au lieu du fier 10h 10 du démon de midi, on n'a plus que la force d'inertie, on devient fragile, digère mal et chope tout microbe se présentant.

Une fois passée cette date de péremption, c'est comme pour la crème dite fraîche : les disgrâces se déclarent. La médecine n'a pas encore prise sur ce processus des télomères, mais des tas de trucs sont apparus pour en faire reculer les apparences : lunettes, sonotones, dentiers, sous-ventrières, bas de varices, prothèses, Viagra, pontages, hanches en polymères, DHEA, jusqu'aux soins palliatifs les plus extrêmes gagnant sur une soi-disant belle mort quelques minutes lors du sprint final.

Ainsi le facteur "naturel", bio-truc, devient à grands frais plus artificiel, et la Société aura elle-même créé très cher les conditions d'amplitude de la vieillesse dont elle dit à présent ne plus pouvoir en supporter le coût et l'encombrement.

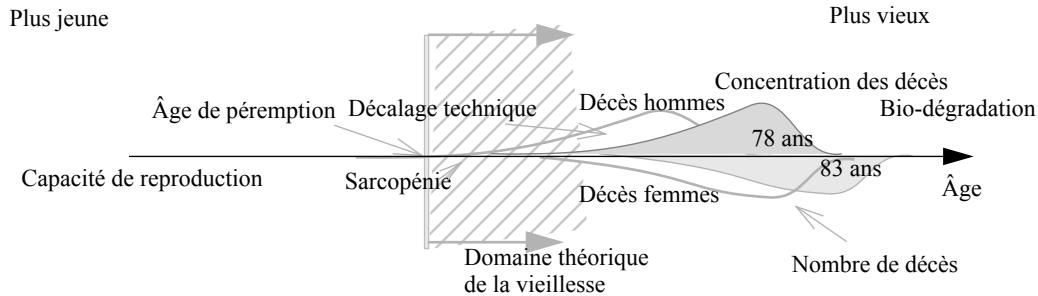
### 8.2.2 L'espérance de vie et de mort

L'espérance de mort à un âge  $x$ , qui s'appelle en langage électoral l'espérance de vie ( $EV_x$ ), se calcule (dans une population bornée) par le rapport du cumul des années vécues supérieures ou égales à  $x$  (la somme des âges pondérés par leurs effectifs) à l'effectif des survivants à cet âge.

Cette espérance n'est donc pas un espoir, mais un indicateur de la structure d'une population dont on fait une prédition individuelle en fonction des conditions actuelles qui y prévalent. Cette EV augmente de façon inquiétante, pour des tas de raisons dites dans les journaux. Mais le recul de la mort se paie bien, y compris par le coût des soins palliatifs, et même en monnaie d'âme, comme ce fut le cas du docteur Faust qui la vendit au diable pour rajeunir. De plus, la mort recule, horrifiée, devant le coût des pompes funèbres.

La Figure 7 montre cet axe de vieillissement, avec son début théorique à partir de la péréemption naturelle et le recul des décès grâce aux aides techniques et à la santé.

Figure 7. Illustration du "facteur de péréemption"



### 8.3 Le facteur fonctionnel et le temps d'actuation

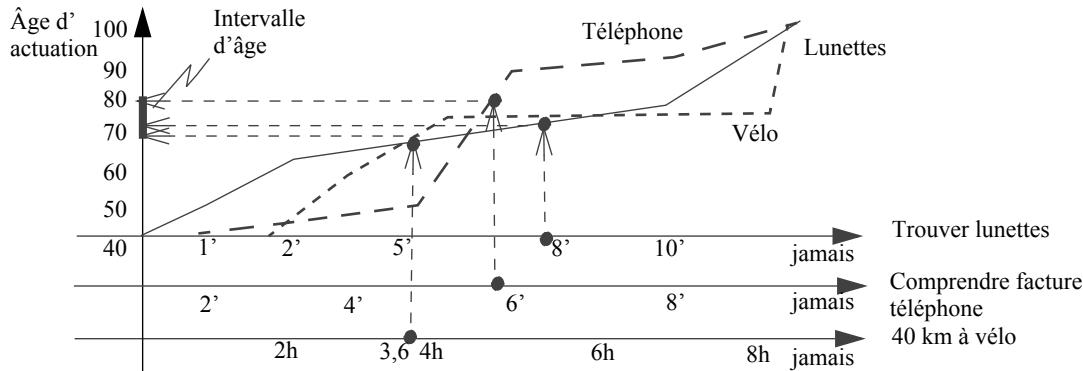
Ce n'est pas tout de conserver de "vieux machins", encore faut-il qu'ils fonctionnent; ainsi aurons-nous un facteur de perte fonctionnelle. C'est le plus paradoxal, car il accuse les gens de vieillissement tout en leur procurant des moyens effectifs de vieillir, tels que raquettes de tennis légères, fauteuils roulants, skis plus courts, plats préparés, ascenseurs, aides ménagères, prothèses, bus gratuits, autocars avec air conditionné et télé... Cette direction est donc celle des handicaps, des incapacités adaptatives.

D'autre part, effectuer une action, réaliser un acte, prend du temps, appelé délai d'actuation ; ce temps de réalisation des actes est de façon dominante croissant avec l'âge. Le caractère âgé se manifeste moins par les incapacités de faire que le temps nécessaire pour le faire. Le facteur fonctionnel sera donc enrichi du délai d'actuation.

La Figure 8 le montre arbitrairement en présentant un intervalle d'âge pratique selon trois critères : retrouver ses lunettes, comprendre la facture du téléphone, faire 40 km à vélo. Ils sont portés en abscisse ; chacun des temps mis par un candidat à la seniorité (8', 6', 3,6 heures) est projeté sur l'ordonnée, donnant alors l'âge correspondant expérimentalement pour ce critère.

Les individus ont ainsi, selon leurs scores sur les critères, un intervalle d'âge plus ou moins étendu (71-81 ans pour cet exemple) dont la tendance centrale donne une estimation de l'âge pratique selon les temps "d'actuation".

Figure 8. Temps d'actuation et intervalle d'âge



## 8.4 Le facteur de désengagement

Les désengagement professionnel peut-être volontaire (on s'en désintéresse) ou peut être économique et social. Dans cette dernière optique, sont "vieux" ceux qui ne peuvent plus produire (pour soi ou pour les autres), donc "ne serviraient plus à rien". Ceci est bien dit par E. CHEYSSON (1886, cité par R. LENOIR, 1979, p. 65) qui, à la suite de CICÉRON, assimile la vieillesse à une "invalidité", en tant que ceux qui « définitivement, jusqu'à la fin de leur existence, ne peuvent et ne pourront plus pourvoir par leur travail à leur propre subsistance ».

Le chômage ferait donc des "vieillards précoce". D'où la création au siècle passé de multiples hospices. Ceux-ci, encore selon cet excellent Monsieur CHEYSSON, regroupe les «non-valeurs»: infirmes, vieillards et incurables, qui, ne pouvant plus revenir dans la force de travail en faveur des capitalistes, sont les «déchets de l'espèce humaine». L'hôpital, au contraire, est censé être un facteur de revalidation.

Ceci dit, le désengagement social peut être :

- Soit passif, dû à la pression de l'environnement, avec pour résultat la perte de rôle et de statut;
- Soit autonome, dû à une perte progressive de motivation, d'où une perte d'interactions.

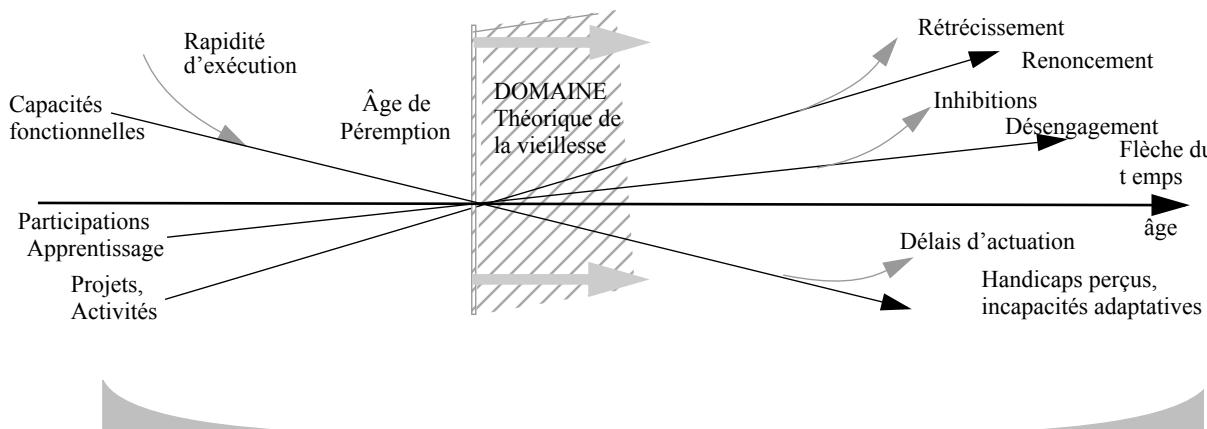
Les modes de vie, les comportements, la personnalité antérieurs sont cependant des facteurs beaucoup plus importants, pour le désengagement, que l'âge pur (et dur?). Qui d'ailleurs est plus "désengagé" que les jeunes sartriens, existentialistes de 20 ans en France des années 1960?

## 8.5 Le renoncement

### 8.5.1 Essai dérisoire?

L'opposition au désengagement se fait par l'éclosion d'activités évitant la perte de but et d'identité. Elle se fait donc par de nouveaux rôles, qui sont insignifiants pour la Société parce qu'ils ne sont ni vastes ni productifs, mais signifiants pour les vieux dans leur microcosme et singulièrement leur famille ou leurs proches. Et puis voilà les clubs, associations et les tribus de sports et loisirs, de "joie et santé" dans les paroisses. Mais voilà aussi que la démotivation apparaît, où l'on ne souhaite ni apprendre, ni même être simple témoin, les conditions et efforts à faire paraissant hors de portée. C'est la voie du renoncement, dans sa propre perspective, différente du "à quoi bon" des jeunes.

Figure 9. Les facteurs fonctionnel, de renoncement et de rétrécissement



### 8.5.2 Le rétrécissement

Le renoncement peut aussi être progressif, par rétrécissement ; en effet, il est observable que le plus vieux devient plus petit. Ainsi, on n'entend pas plus parler de grands vieux qu'on ne parle de petits couturiers français. De plus, ils prennent des p'tits cafés après une p'tite sieste et un p'tit tour sur... le p'tit vélo ?

## 8.6 Le facteur de santé et de validité

### 8.6.1 Dépendance dans la vie courante

Pour adoucir le titre de "Le Vif-L'Express" (du 30/3/01) "Nos misérables vieux jours", on estime l'espérance de vie en bonne santé (précisément : "sans incapacité", l'EVSI), dont un indicateur à la mode est le nombre d'incapacité graves.

Cette EVSI est obtenue par enquête, mais on aurait préféré, plus professionnellement, le nombre des systèmes atteints, ou la pathologie liée (ou non) à la survie, pouvant être reliée par âge dans les Résumés Cliniques Minimaux (pour les personnes soignées en hospitalisation). Quoi qu'il en soit, on lit par exemple (de source ISP, Belgique), que, parmi les 75-79 ans, il y en aurait 40,7% sans incapacité ; c'est curieux, car en pratique on ne trouve que peu de gens capables de tout.

Donc l'EVSI est, plus généralement,

- Perçue, subjective (comment allez-vous?) ;
- Fonctionnelle, instrumentale (comment ça marche?) ;
- De la vie courante ("Activities of Daily Living" : comment faites-vous?) ;
- Adaptative (et la relation avec l'environnement?).

Le poison de l'EVSI, ce sont les handicaps perçus, les incapacités adaptatives, que l'on retrouve sur le facteur de ce nom. Puis c'est la prise en charge, l'entrée dans un établissement de soins, un MRS...

#### 8.6.2 La prise en charge

Le candidat à la survie devient doucement, sûrement, l'un des patients hospitaliers, pénétrant sous la coupole de la prise en charge, et suit à pas furtifs son parcours fléché dans l'établissement, d'autant plus cher qu'il est long et pénible, selon les affections qu'on lui porte. C'est le parcours du patient, décrit avec soin, béquilles, carnet de mutuelle, dentier, varices et Varilux dans l'exposé sur «Les Modèles de processus», ainsi que dans celui qui concerne «L'Évaluation hospitalière».

Avançant prudemment pour ne pas se faire facturer inopinément, le patient âgé devrait découvrir la terreur promise, cette fabuleuse gériatrie. Là vient le processus des soins, et la prise en charge par les officiants en calots et masques verts du bloc opératoire.

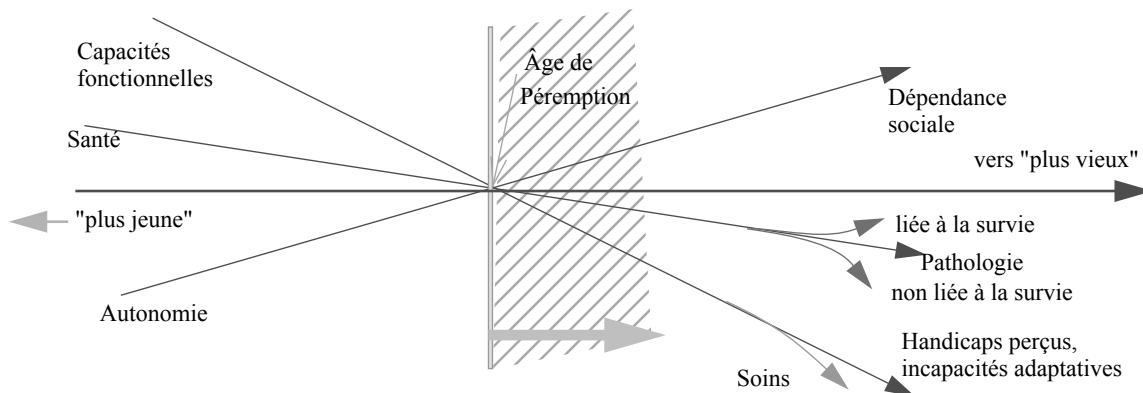
La sortie, à droite de la Maison des Défunts, l'amène vers la Maison de Repos (-pot?) et de Soins, où il est l'objet privilégié des 521 pages de l'ouvrage de référence Prendre en charge et traiter une personne âgée (J. LAMBROSO, 1987), dont les titres des sections sont éloquents, et reflètent le... libre choix du patient?

*«Je tremble - Je marche mal - Je me gratte - Je suis anémique, j'ai du cholestérol - Diabétique à mon âge? - Il perd la tête - Je veux en finir - Il ne s'intéresse plus à rien - Pour en finir avec un ulcère variqueux - Il maigrit - Il tombe - Il vomit - Je suis constipé - Quand l'urée monte - Il perd ses urines - Incontinence fécale - Quand faut-il hospitaliser un sujet âgé? - Accompagner le mourant...».*

Mais bien sûr, à la page 1, avant tout cela, il est taggé : «L'âge en soi n'est pas une maladie»...

C'est là, dans le "couloir des escarres", celui de l'annexe de la gériatrie, qu'entre Noël et nouvel-an il est si vrai que «Le vieillissement donne une perte d'identité, une régression du narcissisme sur l'image du corps», «Un sentiment de détresse et d'abandon» (selon PH. MEIRE, dans «Vie affective, psychodynamique et vieillissement», Revue Esprit, 1989).

Figure 10. Le faisceau des facteurs de santé et de validité



## 8.7 La dépendance

### 8.7.1 L'oldy boom

La terreur inspirée par les personnes âgées aux plus jeunes est celle de la dépendance. Pires que non-productifs, les "vieux" sont à supporter, en plus de leur caractère grincheux et exigeant, par ceux et celles qui sont utiles et qui travaillent. Une des mesures clefs en est le glorieux "ratio de dépendance", inventé par le Bureau du Plan et affiché, comme leur température devant le lit, sous le nez des candidats-vieillards de plus de 60 ans.

L'arithmétique des **SS** (Sécurités Sociales) définit ce ratio – dans sa version simple – comme le rapport des effectifs de l'intervalle d'âge ouvert de 60 ans et plus (on n'a pas encore fixé l'âge d'extinction) aux effectifs de l'intervalle fermé de 20 à 59 ans.

L'évolution constatée et prévue est toujours celle d'une invasion de dépendants, résultant de la conjonction d'effets d'un "baby boom" qui semble avoir fait des vieux au lieu d'enfants, de fécondité qui descend, de migration qui monte, d'âge de retraite qui avance, de longévité qui recule, d'une espérance de mort qui s'amenuise, bref de files allongées devant les magasins de bougies d'anniversaire.

Selon les scénarios, les auteurs ou les objectifs politiques, on en obtient diverses mesures et projections. Un parcours en est situé dans LORIAUX, REMY, VILQUIN, Éds. (1986), où on ne lésine pas sur le phénomène en parlant (p. XI) de «L'ère de la géritude». Des indicateurs plus récents sont situés dans DE LANNOY ET LIPSYC (1998), qui montrent de telles observations et projections.

Ce qui est rigolo, c'est deux choses :

- Dans le Tableau 4, un ratio moyen de dépendance en 1995 de 65,9 (femmes) contre 37,6 (hommes), soit un rapport de 175%, ouvrant un débat sur l'autonomie des femmes.
- Quant au Tableau 5, c'est la variété des projections des ratios de dépendance qui est rassurante : elle va du simple au double, selon les scénarios, mettant le prévisionniste à l'abri dans un vaste intervalle. Donc, dans la vie faut pas s'en faire.
- Enfin, une tradition (de 5000 ans ?) présente les âges en une soi-disant "pyramide" à faire se retourner un pharaon dans son sarcophage : à présent, avec le fameux vieillissement, elle est proche d'un temple Thaï, dissymétrique, instable, à l'envers (les vieux en haut, et les femmes à droite, au contraire des églises portugaises), illisible et qui pousse par le dessus !

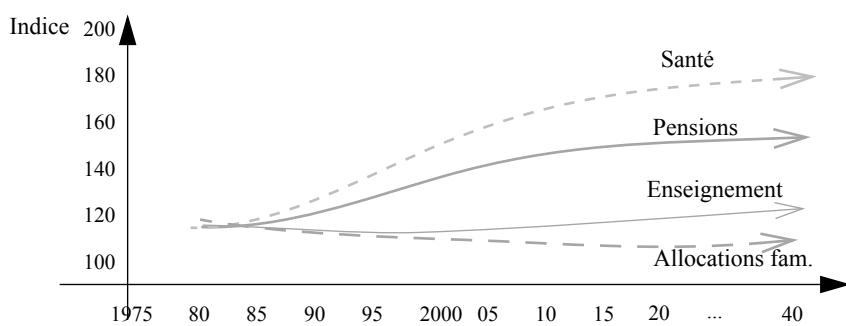
### 8.7.2 Le degré de dépendance sociale

Du point de vue du degré de dépendance, à présent, une grosse alerte est venue en France via des données de LENOIR (1979, p. 61) signalant pour les hommes de 65 à 69 ans une chute de taux d'activité de 42,4% en 1962 à 19,0% en 1975.

Ce facteur de dépendance devient économique par le résumé suivant : sur cette période le nombre relatif de plus de 65 ans est de 126% alors que les dépenses de retraites ont globalement crû de 600%, et même de 1100% pour les salariés ! Pourtant, dans son « projet d'hospice rural », CHEYSSON (1886) avance que « Le vieillard n'a besoin que d'un abri avec de la nourriture, de l'air et du soleil » (C'est-à-dire une propriété avec jardin et piscine sur la Méditerranée ?).

Mais, depuis, les Hollandais ont fait mieux : la « Figure 3.1 : Age profiles of benefits », issue de Ageing in the Netherlands, N.B.E.P.A. (2000), montre une cruelle "balance" de la contribution socio-financière nette des personnes en fonction de leur âge. C'est la projection conjointe de ces figures, la tache d'encre dite pyramide et le "profil" hollandais qui donne des crises de nerfs aux porteurs de la charge des vieux.

Figure 11. Formes de projections des dépenses sociales pour la Belgique



### 8.7.3 La charge inter-générationnelle

La hantise est celle de la "charge inter-générationnelle". Alerte générale à l'OCDE (Le vieillissement démographique conséquence pour les politiques sociales Paris 1988) qui avait 100 pages exactement de données et perspectives effrayantes, ambiguës et contradictoires. La clef en est les «Dépenses sociales par grand programme résultant des perspectives d'évolution démographique» (i.e. le vieillissement), page 61. Les visions graphiques sont du type présenté aussi à la Figure 11, qui reste valide dans les publications récentes, telles que Réflexions sur l'avenir de nos retraites, PESTIEAU et al. (1998).

Le drame est de couvrir ces dépenses, ce qui pose le problème de solvabilité et de maintenabilité ("sustainability") des finances publiques, alors que l'effectif de population qui y contribue diminue.

Ce problème s'exprime selon les charges et recettes réciproques des générations, à savoir leur distribution, appréhendée par diverses mesures économétriques :

- Le niveau du bénéfice net pour les générations futures ;
- La neutralité générationnelle : la taxation globale sur le cycle de vie devrait être égal selon les générations ;
- Le régime fiscal à mettre en place et soutenir de façon à ce que l'option de société adoptée puisse être continuée.

Une des façons de comptabiliser la charge est de sommer les dépenses orientées selon les générations, telles que les allocations familiales, l'éducation, l'emploi d'une part pour les jeunes, les retraites d'autre part, et de troisième part un partage des dépenses de santé et de dette selon leurs clients.

La thèse dominante, vu les perspectives citées, est qu'un régime assurant la dépendance décente des âgés qui soit fondé sur la redistribution est intenable sans une dislocation des finances et une charge énorme sur les actifs. Sinon il faut que les valides et actifs prennent directement en charge les vieux (solution tribale) ou que l'on procède à une très rapide capitalisation (option appliquée au Chili), l'imprévoyance des pouvoirs publics étant une fois de plus catastrophique.

Bref, on n'a plus les moyens de "se payer la tête des vieux", mais les Hollandais trouveront bien celui de les rendre plus économiques.

### 8.7.4 Éclosion (ou non) d'une classe revindicative

Des mouvements se dessinent, notamment aux États-Unis, contre l'excès d'avantages à la génération des aînés, les "greedy elders", du fait qu'ils formeraient un important lobby électoral, telle l'Association for Retired People, de 33 millions de membres (en 1999). On n'en est pas encore aux mobilisations conflictuelles, mais les troupes des vieux s'organisent, moins, semble-t-il, pour obtenir un régime décent que pour le défendre, à présent que l'on sait qu'il sera financièrement impossible de le préserver.

Cependant, plusieurs raisons peuvent aujourd’hui freiner une éventuelle "lutte des âges", où des classes sociales se forment pour la conduire :

- Le désengagement, le peu de mobilisation des anciens ;
- La multiplicité des aides sociales, et pas seulement une f(r?)acture nette ;
- Les solidarités familiales, les services inter-générationnels, l’ambiance d’intégration plus que de conflit ;
- La part croissante de prise en charge autonome des anciens (capitalisation, logement adapté) et la variété de leurs requêtes et conditions.

### 8.8 Le désordre des âges

En raison des situations économiques (budgets, rentabilité) et sociales (organisation de la société) et du progrès des capacités des personnes plus âgées, il se dessine une opposition entre d’une part la condition humaine sclérosée par l’administratif et d’autre part le «brouillage des âges», donc un «décloisonnement des temps sociaux» (selon Xavier GAULLIER, dans la revue Esprit, 2000).

L’âge institutionnel est celui du cycle de vie par phases bien connues et souvent obligées, mais mises sous des noms variés, dont l’âge de la retraite est l’archétype. Même ces âges-là sont remis en question, par exemple par les longues études, ceux qui y traînent ou les reprennent, la mobilité et la précarité de bien des emplois et les variations de la retraite effective. Ainsi, en France en 1998, 38% des personnes admises à la retraite ont déjà cessé le travail auparavant, en majorité des femmes et pour diverses raisons. Les noms de ce désordre des âges deviennent chatoyants, tels «Âges mobiles et générations incertaines» (GAULLIER, op. cit.), ou des "maturescences", des "désynchronisations", etc.

### 8.9 Représentation de l'espace-âge relatif

La Figure 12 représente cet espace-âge relatif et synthétise la plupart des assertions présentées dans ce document-ci. Sur les facteurs de la Figure 12, les individus de même âge calendrier sont situés de façon très variée, plus ou moins éloignés de la référence initiale de péremption selon ces conditions. C'est aussi ce que veut montrer, du côté "vieux", la large zone ombrée couvrant la droite des facteurs, appelée ici la zone de "séniorité flexible". Cet espace-âge est dit "relatif" en raison d'une théorie récente de la relativité :

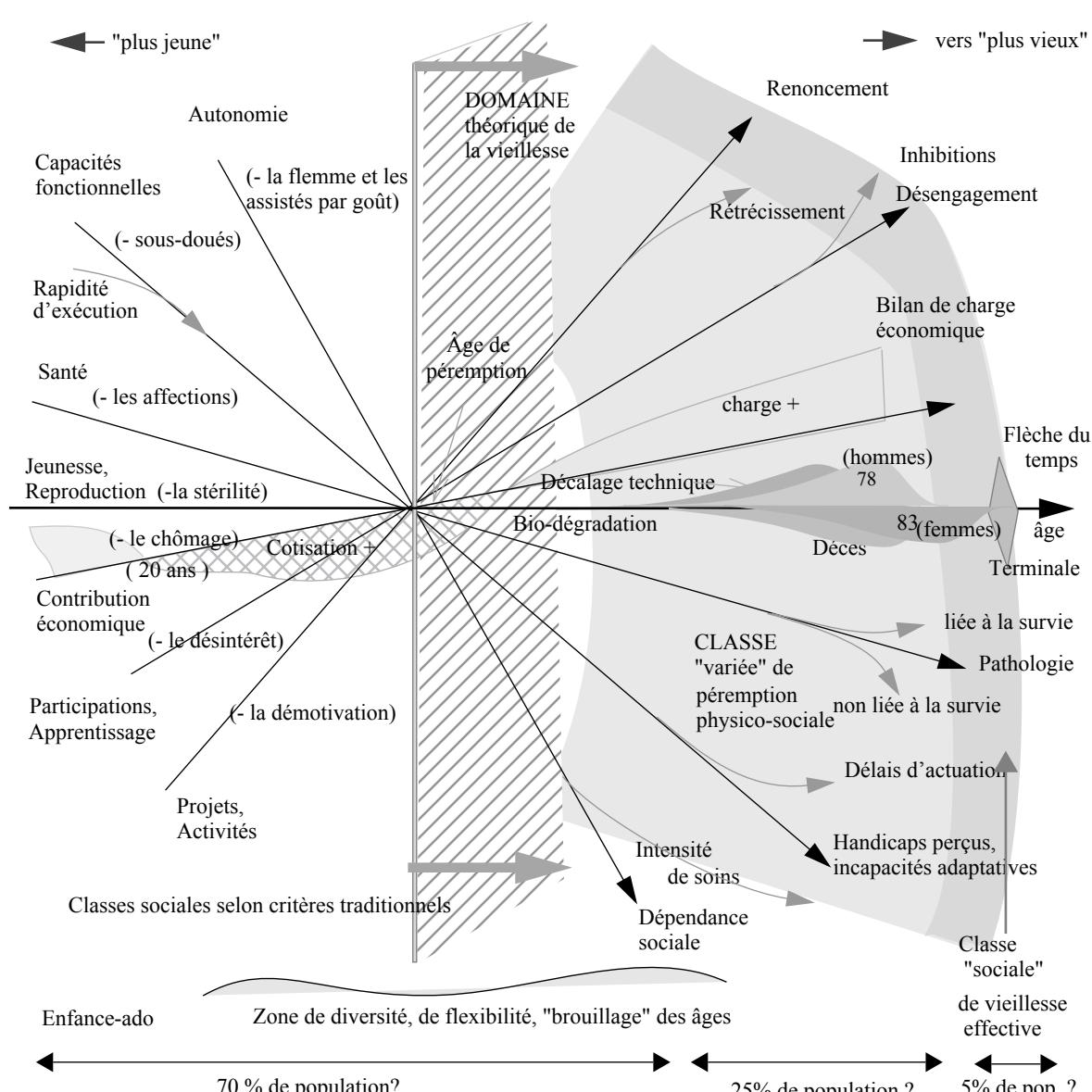
- D'une part, au-delà du seuil de péremption, ce "brouillage des âges" donne lieu à une avancée vers le vieillissement très relative, contingente aux conditions (monétaires, médicales, mentales et familiales) dans lesquelles les personnes assument leur âge sans se prosterner tous les matins, le café à la main, devant le calendrier.

Cela converge cependant plus tard, quand sur les facteurs cités on va trop loin, jusqu'à la zone ombrée la plus foncée sur la droite du graphique de l'espace-âge, juste avant la zone noire, la "phase terminale" ;

- D'autre part, les priviléges de la jeunesse ne sont pas absous non plus.

Ce dernier point se manifeste par une série de "restrictions", telles le chômage diminuant l'emploi, la stérilité contrecarrant la capacité de reproduction, la bêtise et la paresse rendant incapable, la démotivation restreignant les projets, les affections diminuant la santé. Ces "moins" affaiblissent l'opposition "jeune-vieux" qui paraît trop inexorable sur les axes, et contredirait les arguments du texte alors que les facteurs multiples sont précisément là pour ouvrir la variété du bio-calendaire et de sa Société.

Figure 12. Les facteurs dans l'espace-âge et la retraite en désordre de la vieillesse



## RÉFÉRENCES DU DOCUMENT E.

BOLTANSKI,L.,«Taxinomies sociales et luttes de classes»,Actes delarecherche en sciences sociales, 29, septembre 1979.

CHEYSSON,E.,«Projet d'hospice rural»Annales d'hygiène publique et de médecine légale avril-mai 1886,pp. 17-36), cité par LENOIR, Actes de la Recherche, 26-27, L'Invention du "Troisième âge", p.65 ).

DE BRUYN, Chr. et DE BRUYN, S. «L'évaluation hospitalière», Monographie ULg, 1994.

DE LANNOY et LIPSYC, «Le vieillissement démographique en Belgique: Données démographiques et implications économiques», in PESTIEAU et al, (1998).

GRAWITZ, M., Lexique des sciences sociales, 7<sup>e</sup> éd., Dalloz, Paris, 2000.

LENOIR, R., «L'Invention du 'Troisième âge», Actes de la Recherche, 26-27, p.65 ).

LAMBROSO,J.,Éd.,Prendre en charge et traiter une personne âgée,MEDSI/McGraw-Hill,1987.

LORIAUX, REMY, VILQUIN, Éds., Populations âgées et révolution grise, CIACO, Bruxelles, 1986.

MEIRE, PH., «Vie affective, psychodynamique et vieillissement», Revue Esprit, 1989.

NETHERLANDS BUREAU FOR ECONOMIC POLICY ANALYSIS, Ageing in the Netherlands, The Hague, August 2000.

OCDE,Le vieillissement démographique, conséquences pour la politique sociale,Paris,1988.

PESTIEAU et al., Éds., Réflexions sur l'avenir de nos retraites, Garant, Leuven, 1998.