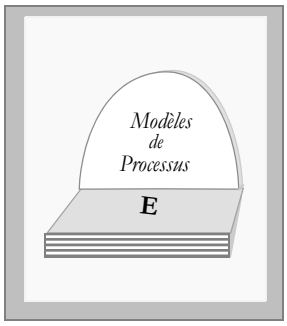


MODÈLES DE PROCESSUS

Tandis que je poursuivais mes études...

Tandis que je poursuivais mes études, elles entendaient derrière elles raisonner les gros sabots de mes idées ; puis, proches d'être rattrapées, elles sentaient déjà dans leur dos la sueur des neurones trop sollicités, quand soudain elles ont accéléré et pris de la distance.

À court de souffle, ma mémoire est alors tombée dans des trous noirs dont elle n'est sortie que déchiquetée de regrets et couverte de souvenirs en lambeaux.

Mes études ont alors perçu les battements affolés du cœur du cerveau lancé sur leurs traces et, fondant d'émotion, ont ralenti la cadence, me laissant croire que, lançant en avant un trait d'esprit désespéré, j'allais enfin les atteindre.

Mais je n'ai pu en saisir qu'une asymptote, tandis que, gonflées par les vents des sciences, mes études filaient devant, prenaient de la hauteur et sautaient dans les bras d'Athéna, la déesse du Savoir, me laissant me péter le nez contre l'horizon étroit de la gestion.

MODÈLES DE PROCESSUS

Sommaire

1 Descripteurs de processus 5
1.1 Doucement les bases! 5
1.2 Descripteurs 7
1.3 Transformations 11

2 Design de processus 13
2.1 Une grande distinction 13
2.2 Design par analyse 13
2.3 Design par synthèse 15
2.4 Résumé: les facteurs de complexité des processus 18

3 Processus algébriques 19
3.1 Opérateurs et facteur de gain 19
3.2 Application du facteur de gain: le célérifère 19
3.3 Configurations algébriques 22

4 Processus de transitions d'état 27
4.1 Transformation, transfert et transition d'état 27
4.2 Transition d'état d'information 28
4.3 Transition d'état de niveau 29
4.4 Transmittance dans les graphes 32

5 Formes graphiques de processus 33
5.1 Les colonies de morphions 33
5.2 Les membres de la famille 34
5.3 Les morphions japonais 35

6 Un test de validité de prévisions 38
6.1 Les propriétés souhaitées 38
6.2 Tableau de données 39
6.3 Confrontations graphiques 40
6.4 Confrontation numérique 43

7 Un modèle de processus réel: la visite d'un hôpital 49

7.1 Le papatte dans un hôpital 49

7.2 Les saisies d'information 51

8 Les voies des modèles de processus 53

8.1 Le baiser chinois 53

8.2 Le nauticiel de la description de processus 54

9 Document E: C'est la vie! 55

©CDB

1 Descripteurs de processus

1.1 Doucement les bases!

1.1.1 Définitions et typologie

Les discours rendant un «Hommage au Système Inconnu» rappellent avec une profonde émotion que celui-ci aurait dû servir à faire quelque chose, et ceci de façon *répétitive*, *persistante*. Les systèmes *réels* font quelque chose en exerçant des *activités*, consistant le plus souvent en des transformations d'objets physiques, telles que des pièces industrielles, des clients, des électeurs, et ces objets transformés sont transférés vers d'autres aventures – ce qui forme des processus.

Un *processus* est une interaction persistante dans le temps entre deux ou plusieurs entités impliquant des échanges de matière, énergie et/ou information, qui conduisent à des changements de quantités ou de propriétés des entités impliquées. La généralité de la notion de processus laisse donc ouverte la possibilité d'une large variété d'inputs, transformations et outputs et ce, dans tous les domaines, que ce soit la biologie, la symbolique, la physique, la physiologie ou même l'éducation des filles.

Les *foncteurs* des processus sont des transformations, mais éventuellement dans un sens peu restrictif. Ainsi un processus peut comprendre des transformations qui sont des *conversions*, par lesquelles, comme il a été dit, les entités changent de nom, leurs propriétés ayant été considérablement modifiées.

Les processus *réels* exploitent des agents et diverses ressources dans des activités coordonnées utilisant des inputs et dont les outputs sont des différences faites dans un milieu physique. Bien sûr la variété en est infinie, autant que celle des domaines que l'on peut citer; c'est pourquoi la systémique propose de s'abstraire des contextes pour pouvoir exprimer certains modèles qui leur sont communs. À cette fin, les objets réels sont remplacés par des descripteurs génériques comme "entité", "borne", les grandeurs physiques sont remplacées par leurs indicateurs, et les activités par des opérateurs ne traitant que des signaux. Par ces voies, les systèmes réels d'ici-bas se subliment, passent en phase gazeuse, et, devenant des esprits, peuvent se mouvoir avec plus d'agilité (Merci Baudelaire).

Dans le cas de processus *symboliques*, on perd donc les entités physiques et les matières, mais il reste l'énergie et l'information. En se dégageant de la sorte des basses considérations matérielles, c'est-à-dire en ne s'exprimant que par la voie *symbolique*, la gestion gagne des points de systémique par la possibilité de *modélisation*.

Pour ce faire, les activités sont remplacées par des boîtes, les flux par des ficelles, les agents sont de simples opérateurs, et les grandeurs traitées deviennent des *indicateurs codés*: en résumé, le processus réel est remplacé par des *descripteurs* conventionnels. Grâce à cette économie de moyens, il est possible d'exprimer le principe même du processus, en faire apparaître des propriétés, puis revenir dans le domaine réel en replaçant les symboles par leurs correspondants physiques: c'est tout bêtement ce que fait la modélisation.

Un cas particulier courant est le processus *orienté*, dans lequel l'orientation des flux est celle de l'indice temporel; si l'orientation temporelle est unique, il s'agit évidemment du cas le plus familier, le *processus séquentiel*. Celui-ci est considéré "par défaut", donc quand il n'est pas spécifié autrement, mais cela fait perdre de la généralité par l'oubli de propriétés comme l'interaction, l'anticipation ou la rétromettance avec lesquelles on ira s'amuser plus loin pour ne pas déranger les esprits moins alertes.

Un principe classique de processus orienté qui se poursuit de façon répétitive est celui de *séquences* d'objets présentés à une boîte de conversion et qui en sortent avec une ou plusieurs propriétés nouvelles ou modifiées. Toutefois, le calcul économique et de gestion se contente en général de compter, de *sommer* les indicateurs qui les décrivent, et sur ces indicateurs, il fait de l'*arithmétique* ou, si le gestionnaire a fait des études, de l'algèbre. Le systémicien, quant à lui, s'occupera beaucoup plus de l'aspect *temporel*, de la dynamique et de l'interaction, donc des *processus*.

1.1.2 Le menu du jour

Dans cet esprit, sept sections vont consoler les Lecteurs mutilés par les somptueux exposés des auteurs concurrents:

- Cette première présente les descripteurs, les moyens d'expression du langage parlé et dessiné dans les contrées arriérées de la systémique et de ses farouches guerriers;
- La section **2** est consacrée au *design*, à des modèles dans lesquels le temps ne passe pas encore, ou est "écrasé" dans un module de calcul agrégé. Ceci s'exprime par des *configurations par blocs* ou leurs correspondants moins vulgaires, les graphes d'opérateurs;
- Les processus *algébriques* de la section **3** effectuent des transformations – parfois de simples opérations – qui peuvent être assemblées dans un module, et qui sont *paramétrées*. Ceci signifie que si l'on donne des valeurs aux symboles, des réponses numériques peuvent être obtenues via ces formulations;
- Une formulation qui fait la transition – l'expression est géniale – entre les présentations statiques ou passives de processus et celles qui sont explicitement dynamiques est celle des modèles de *transition d'état*, dont les incontournables *chaînes de Markov*. Elles ne seront évoquées que brièvement dans la section **4**, vu le nombre de publications qui les concernent écrites par des auteurs qui se sont scandaleusement enrichis aux dépens de leurs nombreux Lecteurs;
- La sixième symphonie, dite "des morphions" concerne, comme son nom l'indique, les *formes* des séquences temporelles. Leur intérêt vient de ce que de nombreux pseudo-gestionnaires, surtout belges et japonais, semblent plus fascinés par les types *visuels* des chroniques que par les raisons qui engendrent leurs valeurs. Ces vraies raisons n'intéressent que les financiers et les "économistes distingués", pas les misérables crabes rampant de travers, embourbés dans les systèmes, qui en pincent pour le beau linge de cette jet-society;
- La dernière section revient à un très beau processus réel, comme on peut en rencontrer dans le brouillard au cours de balades dans le domaine du Sart-Tilman ou d'ailleurs, pourvu qu'on y ait rasé tous les arbres pour faire un parking, et que sur ce qui reste on ait "implanté" un hôpital. C'est là qu'on va suivre un patient, béquillant sous la pluie dans les fondrières, la pierraille, les marches de boue et les escalators, vers la facture qui égaiera son séjour au bras des Soeurs Mutuelles.

©CDB

1.2 Descripteurs

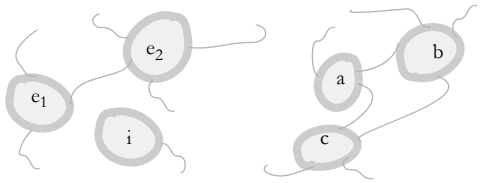
1.2.1 Entité

Le domaine de la gestion et des systèmes que l'on peut y élaborer peut se décrire et se construire à partir d'*entités*. Une *entité* est quelque chose de distinguable par un observateur, et qui possède une propriété, un caractère ou un attribut qui l'intéresse. Ce mot incluant la racine "entier", les entités ont la connotation d'un "tout", en ce sens qu'elles n'ont pas de parties (pertinentes pour ce propos) et ne présentent pas de variations intrinsèques. Ce sont éventuellement des *attributs* ou des *propriétés* d'entités qui peuvent être affectées par des influences.

- Une entité peut être vide, ou "non élucidée" en ce sens que son contenu n'intéresse pas l'analyste pour son propos ou que son contenu n'a pas, ou pas encore, besoin d'être élucidé, de façon à ce que l'analyste puisse conserver la globalité avant de considérer des détails;
- Une entité doit nécessairement avoir un *nom*. Le nom de l'entité peut être spécifié par ce qu'elle *est* (on l'appellera ici un *nôme*) ou par ce qu'elle *fait* (on dira ici un *foncteur*); ce nom peut aussi être un *symbole* ou un *code* numérique;
- Une entité peut être *passive* ou *active* selon le rôle assigné par l'analyste; elle sera active ou passive selon qu'elle utilise de l'énergie propre ou qui lui est apportée.

Pratiquement, il est plus clair de ne considérer comme entité que les nômes et les foncteurs qui ont une propriété de persistance et qui, pour cet observateur et ce propos, ou pour cette phase d'investigation, ont la connotation d'un "tout". Une entité peut donc être *composée* d'autres, contenir des relations, et même être très complexe si on en fouille le contenu (si on augmente le niveau de résolution, ou la "zoome"), mais elle est *entière* pour le propos actuel. La Figure **1** est un semis d'entités où: "i" est un *isolé*, "e_1" et "e_2" sont *connectées*, et "a, b, c" forment un *réseau*.

Figure 1. Semis d'entités



Le concurrent de l'entité est le *point* en mathématique. Peut-être notre aïeul géométrique EUCLIDE a-t-il eu plus de mérite encore à créer le point que toutes ces lignes dont il ne trouvait jamais les intersections; selon lui, le point est «ce qui n'a pas de parties et qui n'a pas de grandeur» ("magnitude", en anglais dans le texte). Voilà qui est le sommet de l'abstraction et de la généralisation, encore plus symbolique et moins habité qu'une entité.

1.2.2 Borne

Une entité, puisqu'elle est distinguable, peut donc être séparée du reste par une frontière, appelée *borne* de cette entité. La borne est, aux yeux de l'observateur, pour le propos de l'analyste et dans le contexte de l'étude, la séparation entre ce qui fait partie de l'entité et ce qui n'en fait pas partie.

La distinction de la borne n'est pas ambiguë pour les entités physiques, ou les ensembles mathématiques, mais le devient rapidement pour les ensembles d'un autre niveau de complexité. Ainsi, il est pertinent de se demander si la borne est virtuelle (une convention que s'est donnée l'analyste) ou si elle exerce une fonction. La peau de la vache, par exemple, sépare clairement le contenu de l'extérieur mais sert aussi à d'autres choses comme tenir la vache ensemble et gérer des processus d'échange.

- Dans le cadre de la *systémique en gestion*, ne sont considérées comme intéressantes que les bornes qui soit ont une fonction, soit délimitent le domaine d'un ensemble fonctionnel. Ceci la différencie de la "théorie des organisations" dans son aspect structurel, en ce sens que le centre d'intérêt de cette dernière concerne la complexion des organisations humaines, ce qui est un autre propos.

  Ainsi, reprenant un argument cité en systémographie, on peut considérer comme hors bornes d'une modélisation dynamique de flux (disons de trésorerie, ou financiers) les entités-stocks dont on ne s'intéresse pas à la variation de niveau lorsqu'on en prélève un flux. Il en va ainsi, par exemple, de la trésorerie de la banque lors d'un retrait personnel d'argent liquide par un péquenot.

- En *théorie des organisations*, en revanche, une entité (ou un ensemble d'entités) peut être bornée par la définition d'un statut ou d'une propriété. Une institution peut de la sorte être délimitée (et c'est une façon commode de le faire) simplement par l'ensemble des personnes figurant sur sa liste de paie, ou fonctionnellement par la liste des centres d'activités qui sont relevés dans la comptabilité d'exploitation.

C'est ici peut-être que se trouve la principale communauté entre la systémique appliquée aux EAH et la théorie des organisations: la délimitation de la portée d'une entité coordinatrice ou *décisionnelle*. La borne intéressante dans les deux cas est celle qui sépare l'ensemble des processus dont on a la maîtrise de ceux qui échappent à celle-ci.

En systémique, une borne s'établit pour un propos spécifique, à savoir la relation que chacune des composantes maintient avec le tout qui définit exclusivement l'entité concernée. Une telle borne est floue: elle s'interprète comme une peau séparant deux milieux de densité de relations différente, la densité interne étant sensiblement plus élevée. Cette vue est analogue à celle des "clusters" en analyse de données multivariées, dans laquelle les groupements sont définis par des entités présentant entre elles des associations plus denses que celles qui prévalent entre les groupements.

1.2.3 Environnements

Soit une entité **e**. L'ensemble des entités et relations pertinentes pour le propos de l'analyste et qui ne font pas partie de **e** est appelé *environnement* par rapport à **e** et par rapport à ce propos. Les entités et les relations prises en considération dans le concept d'environnement dépendent donc de l'objet de l'investigation.

©CDB

De plus, l'environnement présente une *stabilité structurelle* supérieure à celle des entités individuelles qui y sont confrontées. Cet argument est repris dans l'exposé «Le Domaine de la gestion».

Lorsque l'investigation porte sur une *situation problématique* spécifiée, l'environnement dans lequel se situe cette problématique s'appelle plutôt le *contexte*, de sorte que celui-ci peut être *invariant*, alors qu'un environnement est plutôt variant par rapport à des cycles temporels donnés. Ainsi, une problématique d'équipement hospitalier peut être située (donc traitée) de façon différente dans un *contexte* de privatisation, de concurrence européenne ou de surveillance budgétaire.

Dans les EAH, les fonctions et les activités peuvent avoir chacune leurs environnements privilégiés pertinents selon ce type d'activité. Les EAH étant ici eux-mêmes des ensembles dynamiques et interactifs, on comprend qu'on utilise des expressions telles que "tensions" ou "champs turbulents" (ce qui traduit "turbulating fields" comme les qualifient EMERY et TRIST dans *Systems Thinking*, London, Penguin Books, 1970). Les environnements des EAH sont donc les champs d'entités et relations hors de portée de leurs moyens de contrôle, et avec lesquelles il leur est pertinent ou obligé d'entretenir une interface.

1.2.4 Relation

Une *relation* entre deux ou plusieurs entités est la *raison pour laquelle un observateur les considère ensemble*. Il y a un grand nombre de relations possibles entre des entités; seules sont intéressantes, et méritent donc d'être élucidées ou spécifiées, celles qui sont pertinentes pour le propos de l'investigateur.

a Relation de liste

Une relation de *liste* est une raison pour laquelle une collection d'entités peuvent être codées par une suite numérique discrète entière sans interruption. Ces entités sont alors désignées par des symboles codés, disons **{**e_1, e_2,... , e_n**}**, où le graphisme de l'accolade spécifie cette liste.

a Relation de groupe

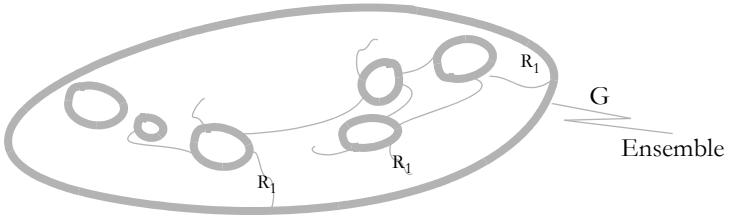
Soit qu'une collection d'entités aient en commun une relation par laquelle elles ont entre elles une cohésion qui distingue cette collection d'un environnement, du point de vue de l'observateur. Dans ce cas, elles ont une relation de *groupe*. Un exemple courant en est l'*inclusion*, soit "fait partie de".

b Relation d'ensemble

Soit qu'il existe une même relation (R_1), distinguable et utile pour l'observateur, entre chacune des entités d'une collection et la totalité formée par cette collection, comme le montre la Figure **2**; dans ce cas la collection est, vis-à-vis de cette relation, un *ensemble*. L'ensemble porte alors le nom de cette totalité; par exemple les "parents d'élèves" (définis par ce qu'ils *sont)* ou, dans un orchestre "les violons" (définis par ce qu'ils *font*).

Les groupes, les ensembles, sont évidemment aussi des entités ayant la propriété d'être des "contenants"; de ce fait, la borne de ce groupe ou de cet ensemble est définie par les entités ayant cette relation privilégiée entité-totalité. Pour une autre relation choisie les bornes pourraient être différentes.

Figure 2. Entités et relation d'ensemble

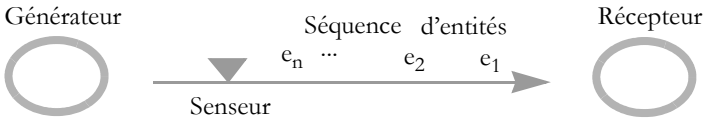


c Relation de séquence

Soient des entités codées, disons e_t, e_{t+1},... ayant entre elles une *relation orientée*, où *orienté* veut dire qu'il y a un *sens privilégié* de la communication de la relation. Une communication de relation se fait par transfert de matière, énergie ou information (ces trois notions sont par ailleurs interchangeables sous certaines conditions).

Soit que la communication transfère des unités de temps. Dans ce cas le groupe cité est une *séquence*. Une séquence doit être complètement transitive: il ne peut y avoir de transferts de temps de sens opposé entre deux ou plusieurs entités, directement ou via d'autres entités; un graphe de séquence est donc sans circuit, tel qu'à la Figure **3**.

Figure 3. Séquence d'entités



d Relation de flux

Une relation de flux est une communication orientée qui transfère des entités et du temps. Un flux quantifiable devrait s'exprimer en nombre d'unités par unité de temps, c'est-à-dire un *taux*. Un flux *fait une différence dans* un niveau.

©CDB

1.2.5 Entité-stock

Une entité décrite par la quantité d'entités de même nom qu'elle contient est un stock. La mesure de cette quantité d'unités est le *niveau*, lequel est donc un attribut d'un stock. Il est typique d'un stock qu'il soit persistant lorsque le temps s'arrête, ce qui bien sûr n'est pas le cas d'un flux.

1.2.6 Générateur, source, émetteur, récepteur

Une entité capable d'engendrer un flux faisant une différence positive de niveau d'un stock est un *générateur*; c'est donc une entité active, dotée de sa propre énergie. Lorsque le générateur transfère uniquement des signaux, il est généralement appelé *émetteur*. L'entité qui les accueille est appelée le *récepteur*.

Une entité capable de prélever des entités hors d'un stock et de les délivrer (donc de former un flux) est une *source*. Le mot *source*, si couramment utilisé, est une *métaphore*, présentant dès lors une certaine ambiguïté. Pour certains, c'est le *contenant* d'où peuvent être prélevées des entités transférées et c'est donc une entité passive, mais l'imagerie habituelle de la source lui donne bien la capacité de délivrer un flux.

1.2.7 Senseur, capteur

Une entité capable de mesurer un flux et de stocker et communiquer cette mesure est appelée un *senseur* (déjà situé sur la Figure **3**). Celui-ci peut aussi mesurer des différences de flux, donc des *variations*. Il est plus clair, mais pas incontestable, de consacrer le nom de *capteur* à une entité capable de mesurer des entités sans les unités de temps, mais un capteur peut ou non avoir la capacité de communiquer l'information qu'il a acquise.

1.3 Transformations

1.3.1 Transformateur

Une entité capable de transformer un flux d'entités de même nom et de communiquer le flux transformé est un *transformateur*. Elle sera donc typiquement un *foncteur*.

1.3.2 Input, output

On convient de ce que le flux entrant dans un transformateur s'appelle *input* et le flux sortant (transformé) s'appelle *output*. L'input provient nécessairement d'un générateur (dit souvent "source") et l'output est communiqué à un récepteur. La Figure **4** présente une telle configuration. Le récepteur peut à son tour communiquer le flux reçu et devenir la source d'inputs pour un autre transformateur, et il va de soi que la situation ainsi décrite est incompréhensible si les entités citées ne forment pas une séquence. Un transformateur doit nécessairement disposer d'un récepteur pour accueillir le flux entrant.

1.3.3 Input, transformation, output

La fonction exercée par un *transformateur* s'appelle évidemment une *transformation*. La configuration la plus simple mettant de telles entités en présence selon une *séquence* est présentée à la Figure **4**. Une telle configuration est dangereusement familière car elle est souvent utilisée pour représenter n'importe quoi et l'analyste devra imposer de la rigueur à ce sujet; aussi, des conditions de validité d'un transformateur vont être citées.

Figure 4. Inputs, transformation, outputs

1.3.4 Validité d'une "boîte noire"

Lorsque la transformation n'est pas élucidée, c'est-à-dire que ses foncteurs ne sont pas décrits et spécifiés, l'entité *transformateur* est simplement retenue par son nom et devient la fameuse *boîte noire*, omniprésente dans les configurations imprécises. Le transformateur est une boîte noire soit parce qu'on en ignore le contenu, soit parce que ce contenu n'intéresse pas l'investigateur à ce stade de la description ou de l'étude du fait que celui-ci désire conserver une vision de la globalité sans s'encombrer de détails. On constate simplement qu'un flux transféré par une entité est différent de celui que cette entité reçoit; on en déduit qu'il y a eu transformation mais on reporte à plus tard son élucidation ou avoue son impuissance à la connaître ou la comprendre.

On s'attend dès lors à voir utiliser des boîtes noires pour décrire n'importe quoi, ce qui rend peu de services. Quoi qu'il en soit, les conditions suivantes sont minimales pour que l'utilisation d'une boîte noire (en anglais "black box") soit valide.

a Compatibilité

Les entités transformées par un transformateur (les inputs) doivent être de *même nom*.

b Stabilité continue de la transformation

La stabilité continue signifie (en pratique) que la contribution de la transformation n'est pas susceptible de se modifier sur le domaine temporel pertinent. Il faut donc que, pendant ce temps, la relation entre les inputs et les outputs ne soit pas modifiée par rapport à ce qu'elle était lors de son observation, de sorte que la *prédiction* de tel output à partir de tel input puisse effectivement rester valide. La boîte noire a donc une *mémoire figée*; elle ne peut ni apprendre, ni accueillir des inputs différents, ni altérer ses opérateurs.

©CDB

2 Design de processus

2.1 Une grande distinction

Le *design* est un de ces mots génériques qui, comme le "look" ou le "pattern" restent familiers tant qu'on ne tente pas de les traduire. En fait le design contient à la fois une connotation de structure, de forme, et de look, volontairement recherchés. On a dit en systémographie que c'était "la mise d'une idée topologique harmonieuse dans l'espace physique"; un modèle, tout comme un objet physique, peut donc avoir un design.

La tradition donne pour approches principales du design d'une part la *synthèse*, caractérisée par l'élaboration à partir de composantes, et d'autre part l'*analyse*, orientée vers l'*élucidation*, spécifiée ci-dessous. Ces approches peuvent contribuer ensemble à l'élaboration des processus globaux, et les représentations des résultats de l'ensemble des démarches de design forment les *configurations*.

2.2 Design par analyse

2.2.1 Les modes d'élucidation

L'analyse veut aider la connaissance et la compréhension du contenu, du comportement et de la contribution d'un tout. À cette fin, elle exploite les approches suivantes d'élucidation:

- Le mode *externe* et le mode *interne*;
- La théorie;
- L'information et les connaissances;
- La référence à un modèle.

2.2.2 L'élucidation externe

L'élucidation *externe* est conduite en *observant* et en *expérimentant* l'assemblage pour en *déduire* les propriétés et le comportement. Si l'on constate que tel assemblage fournit de façon stable et répétitive telle relation entre des inputs et outputs, on pourra alors avancer, par implication, une hypothèse sur le transformateur qui réalise cette contribution.

2.2.3 L'élucidation interne

a Le réductionnisme

L'élucidation *interne* est conduite par le repérage et l'examen du contenu et des propriétés de l'ensemble ou de la transformation de façon à pouvoir en déduire, et donc prédire, le comportement et la contribution. À cette fin, deux démarches peuvent être citées: le *réductionnisme* et le *wholisme*.

- Le *réductionnisme* est la démarche par laquelle la connaissance d'un tout est obtenue par la connaissance, donc l'exploration, de chacune des parties ou composantes.

  La globalité y est donc considérée comme un *groupe* de parties, et dès lors l'hypothèse de travail – on peut même dire le paradigme – est que la connaissance du tout peut être recomposée à partir de la connaissance (réduite) des parties. Ceci caractérise donc le "réductionnisme", qui procède essentiellement par décomposition. On s'accorde à attribuer à René DESCARTES l'exposé fondamental de ce type de démarche;

- Le *wholisme* (qui vient de "whole", la *globalité* en anglais) s'oppose au réductionnisme notamment en considérant que le "tout" a des propriétés émergentes, donc qui ne sont pas présentes dans les composantes, mais apparaissent du fait de l'assemblage. On ne pourrait dès lors pas élucider ces propriétés globales par décomposition.

Cette distinction a donné lieu à des querelles de doctrine considérables auxquelles il est fait allusion dans l'exposé initial sur la systémique (le «Prélude aux systèmes»). Une association s'est ensuite dessinée entre l'approche du "wholisme" et ce qui deviendra un paradigme que d'anciennes croyances populaires disaient "systémique".

b L'élucidation par la théorie

Des assertions peuvent être faites sur une transformation inconnue, ou dont la synthèse est à faire, à l'aide notamment de théorie, d'information et de modèle. On dit "notamment" parce que d'autres voies existent, rigoureuses ou non, telles que l'intuition, l'arbitraire ou le recopiage.

L'appel à la *théorie* est, selon le domaine considéré, celui des contributions "scientifiques" déjà validées par l'expérimentation et l'observation, qui fournissent des suggestions quant aux transformations qui obtiennent telle ou telle relation output-input; leur stabilité dans des conditions de validité définies leur confère parfois le statut de "lois". Le qualificatif de "exact" (qui s'oppose, rappelons-le, à "approximatif" ou "inexact", mais pas à "faux") fait généralement référence à la stabilité, aux conditions de validité et à la précision de la relation output-input, ce qui implique la *fiabilité des prédictions* de comportement, et, partant, un statut enviable de "science exacte".

L'exactitude de la relation est généralement acquise dans le domaine des symboles, par exemple en mathématique, mais dans d'autres domaines, toutefois, la question de la précision peut être dramatique. Ainsi, en économie, bien que de la théorie soit disponible, on n'est par exemple pas trop sûr de la relation entre la balance des paiements et les taux de change; établir une fonction de transfert, établissant une relation prédictive entre le taux de convertibilité externe et l'avenir de la balance des paiements y paraît bien audacieux.

En effet la théorie, justement, apprend que ce n'est pas un simple problème de transformation et de gain et il y aurait là une réduction abusive de la complexité. Mais la science économique en est évidemment lucide et propose des modèles économétriques plus... complexes.

La prédiction des comportements est bien sûr le rêve des managers, cherchant le "processus de pilotage" de leur EAH tant espéré de la part de leur cybernéticien de service; mais les comportements humains sont plus volatils que la jupe de Martina, alors autant rêver à celle-ci plutôt qu'à celui-là.

©CDB

Il reste de cet aspect théorique une "loi" assez générale mais intéressante, à savoir que les comportements des *agrégats* sont plus *stables* que ceux de leurs composantes. En effet, si de multiples degrés de liberté sont à la disposition des acteurs des EAH (malgré les règlements, la cohésion et les autres facteurs de congruence), les groupements d'agents sont plus prévisibles quand on néglige leur variance interne.

De plus, nos sociétés et organisations occidentales ont une mémoire collective et divers régulateurs collectifs (telle la "main invisible" d'Adam Smith, ou les encycliques papales) de sorte que, s'il n'y a pas d'espoir d'exactitude pour les cas individuels, il y a de meilleures assises pour la modélisation et les prédictions portant sur les agrégats.

c L'information et les connaissances

Les connaissances acquises et l'information nouvelle peuvent aider à l'élucidation d'une transformation: reconnaissant une situation déjà rencontrée, et admettant que la transposition soit valide, on pose alors l'assertion que la transformation "devrait être celle-là".

d La référence à un modèle

Soit qu'un "modèle" de la situation existe déjà, et qu'on accepte l'hypothèse de ressemblance avec la situation nouvelle; dans ce cas on procède donc par analogie avec cette situation (qui sert de "modèle"), ce qui est fécond et largement utilisé. Reste à préciser, comme il en est débattu au cours de l'exposé sur la «la Systémographie», les conditions qui rendent cette transposition légitime.

Un modèle peut aussi être élaboré spécifiquement pour la cause; est-il, comme le Lecteur, simple, adéquat, élégant, riche, courtois, spirituel et bien fait de sa personne? Pour ouvrir ce débat, il faudra convenir de ce qu'est réellement un modèle, et passer au vote sur des façons légitimes, et si possible rigoureuses, d'en obtenir la *validation*. Celle-ci mérite dès lors, dans le Tome d'Ouessant, son propre exposé.

2.3 Design par synthèse

2.3.1 Design en parallèle

Le design en parallèle est un assemblage de processus ou de simples opérations qui se font concurremment pour produire un output transféré; la contribution des composantes est (dans ce cas très simple en tout cas) *additive*. Le correspondant algébrique du design en parallèle est le modèle *linéaire*, tel que:

si: un input $x_1(v)$ produit un output $y_1(v)$
un input $x_2(v)$ produit un output $y_2(v)$;

alors: un input $c_1x_1(v) + c_2x_2(v)$ produit un output $c_1y_1(v) + c_2y_2(v)$, pour toute paire d'inputs $x_1(v)$ et $x_2(v)$ et toute paire de constantes c_1 et c_2.

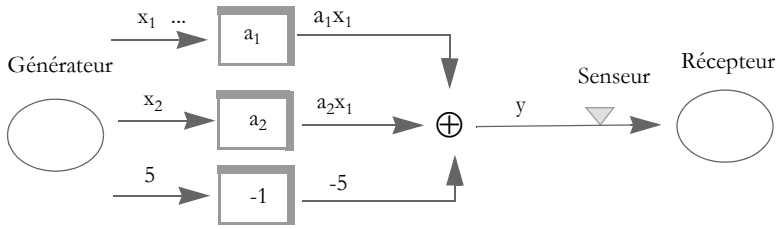
Les contributions selon un modèle linéaire sont *additives*, donc indépendantes. Ceci exclut dès lors la *synergie* et la *symbiose*, où l'output total est différent de la somme des outputs partiels en raison de la présence *conjointe* de deux (ou plusieurs) types d'inputs.

2.3.2 Concentrateur

Un *concentrateur* est un récepteur-opérateur capable d'accueillir plusieurs inputs qui peuvent être issus de générateurs différents et de n'en communiquer qu'un seul. Il ne les transforme pas, mais il les combine. Le concentrateur le plus courant contient l'opérateur de sommation, auquel un symbole spécial "⊕" est attribué.

Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$, des inputs codés, y l'output et a_i des opérateurs de gain constants. La Figure **5** présente $y = a_1x_1 + a_2x_2 - 5$.

Figure 5. Design en parallèle avec concentrateur



2.3.3 Design en série

Un design en *série* est caractérisé par une *séquence d'opérateurs*. Les facteurs de gain couplés sont placés en séquence et produisent un facteur de gain total qui est le produit des facteurs couplés. Lorsque ceci est légitime, les opérateurs peuvent être réunis dans un même opérateur qui est la *composition* des opérateurs impliqués. Soit le symbole "•" désignant l'opérateur de composition; alors, s'il est vrai que:

$a_1 \bullet a_2$ et $a_2 \bullet a_1$ transfèrent le même output,

il est légitime de former une composition $a = a_1 \bullet a_2$ et de transférer ce même output selon un design plus parcimonieux.

Ainsi, soit que l'on place dans la configuration les compositions suivantes:

$y = a_1 (dx_1/dv)$ et $y = d/dv (a_1x_1)$

Si a_1 est un facteur de gain fixe (telle une constante), les deux écritures sont interchangeables. Cependant, si a_1 est inconnu, il n'y a pas de raison a priori pour que les deux compositions transfèrent un même output y.

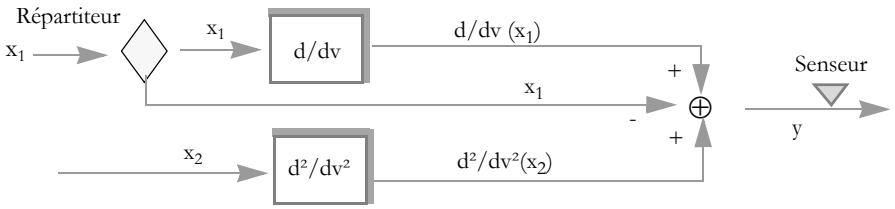
Donc, $d/dv \bullet d/dv$ peut s'écrire d^2v/dv^2, à condition qu'il soit légitime de transférer l'output de la première transformation à la seconde. Soit à présent $\boldsymbol{p} = d/dv$ l'opérateur différentiel, tandis que l'opérateur formant la primitive $\int dv$ serait $1/\boldsymbol{p}$. L'opérateur d^2v/dv^2 peut être exprimé par $\boldsymbol{p}^2$, et on établit de la sorte une configuration plus simple car elle est algébrique au lieu de différentielle.

©CDB

2.3.4 Répartiteur

Un *répartiteur* est une entité réceptrice d'un ou plusieurs flux et capable de les communiquer à plusieurs récepteurs. Un répartiteur élémentaire n'affecte pas les flux et ne "choisit" pas les récepteurs ni les flux transférés. La Figure **6** forme le design d'une équation algébrique en introduisant un répartiteur, et réunit également un design en série et en parallèle dans la même configuration. Une généralisation particulièrement riche du répartiteur contiendra une entité exerçant une *fonction logique*, ce qui conduira à un processus effectuant des choix conditionnels.

Figure 6. Design en parallèle avec concentrateur et répartiteur



2.3.5 Conversion

Une *conversion* est une transformation telle que les entités transférées (en output) ne sont pas de même nom que celui des entités reçues (en input).

2.3.6 Transducteur

Un *transducteur* ("transducer" en anglais) est une entité de transformation telle que les outputs transférés ne s'expriment pas dans les mêmes unités que celles des entités reçues (en input). Il est en général spécifié en termes de conversion d'énergie. Cependant, les processus de la gestion concernent essentiellement de l'information, de sorte que les flux réels et d'énergie y sont décrits par leurs mesures, exprimées par des *indicateurs*, par exemple de performance, de solvabilité, de pénétration de marché. Dès lors, les descriptions d'activités et situations réelles se doivent d'être "traduites" par de tels indicateurs, lesquels subissent des transformations d'unités, c'est-à-dire des conversions qui sont le pendant de celles du "transducteur" des systèmes physiques.

2.3.7 Indépendance

Soit une configuration en série et/ou en parallèle décrite en faisant appel à des "boîtes noires"; il n'est en principe légitime de les assembler (pour en former une seule) que si l'assemblage fournit un output commun et qu'elles sont indépendantes.

Le fait du couplage peut cependant affecter des transformations, et faire *émerger* des comportements originaux ou des propriétés absentes s'il n'y a pas assemblage. Une telle situation n'est pas à proscrire (elle est même très intéressante), mais il n'est pas conseillé de la masquer dans une entité non élucidée dont la prédiction de comportement est incertaine et une configuration plus explicite est dans ce cas nécessaire.

2.4 Résumé: les facteurs de complexité des processus

a Du point de vue des foncteurs:

- Le cas le plus élémentaire de foncteur est le simple *opérateur*, par exemple un nombre multiplicateur. À partir de cet opérateur se présentent trois voies de complexité de la modélisation:
- L'*opérateur* devient plus varié, complexe, a différentes significations; par exemple, au lieu d'un simple scalaire, il devient l'*espérance mathématique*, ou une *fonction de transfert*;
- Le foncteur est un assemblage d'opérateurs: cela devient un *module* opérationnel, qu'il est de pratique courante de faire figurer dans un bloc. Des exemples en sont le calcul de la valeur actualisée, ou un filtre de lissage de série chronologique;
- Les blocs et leurs inputs-outputs peuvent être assemblés de façon cohérente et significative: on construit alors une *configuration par bloc*s. De tels modules, puis les configurations qui les assemblent seront montrés à la section **3**.

b Du point de vue de l'assemblage:

- Lorsque des règles d'assemblage et de cohérence sont respectées, il est possible de simplifier des configurations par blocs, et de ramener des sous-ensembles d'assemblages à des modules uniques – à la limite, de simples opérateurs;
- Du point de vue du *design*, plusieurs de ces objets effectuant des conversions peuvent être couplés (en inclusion, série, parallèle, ou feed-back) et l'élaboration ou la description de cet assemblage est un problème de *configuration*, de *design* par *synthèse*;
- Du point de vue de l'*exploitation*, le centre d'intérêt se porte sur la nature et les performances de cette conversion, et notamment sur la capacité de la conversion de fournir un output qui ait des propriétés désirées (ce qui rapproche du domaine des processus sous *contrôle*) ;
- Du point de vue de l'*analyse* de performances, on s'intéresse surtout aux *propriétés* vue du foncteur lui-même et de la conversion qu'il engendre, par exemple au temps passé à la réaliser ou à l'économie de ressources qu'il utilise;
- Dans le cas de processus *symboliques*, le nom générique de ce qui est soumis à un foncteur est conventionnellement l'*input*;
- Lorsque la configuration ne traite que de l'information, l'input est de la nature d'un *signal* (souvent désigné par **u**) et l'information sur la réponse est la valeur du *signal* d'*output*, désigné par **y**, lequel a été affecté par le signal **u**.

  L'entrée dans la dynamique se fait lorsque **u** est un signal temporel, écrit **u**(t), qui détermine ou influence le comportement de **y** au cours du temps.

©CDB

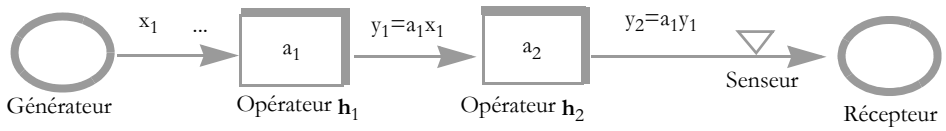
3 Processus algébriques

3.1 Opérateurs et facteur de gain

Le transformateur effectuant une *opération* (transformation le moins complexe) est un *opérateur*. Le plus élémentaire est l'opérateur transformant des entités codées ou des symboles, tels **x** pour l'input et **y** pour l'output.

La Figure **7** présente une telle séquence de deux opérateurs, $\mathbf{h}_1=a_1$ et $\mathbf{h}_2=a_2$. Les scalaires a_1 et a_2 sont des *facteurs de gain* de la transformation. Le facteur de gain global est le rapport du flux *transféré* (y) au flux *entrant* (x) dans le transformateur.

Figure 7. Facteurs de gains scalaires



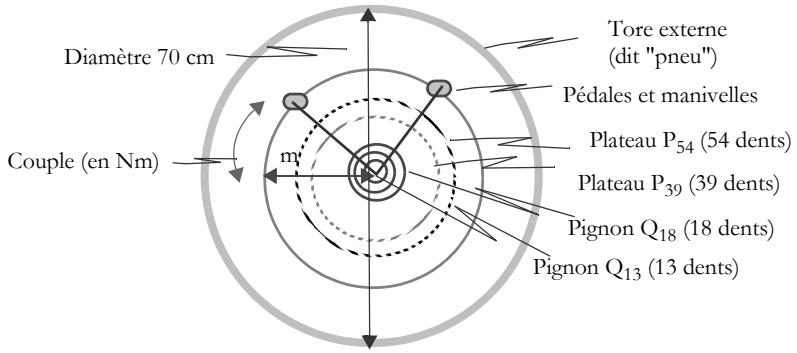
3.2 Application du facteur de gain: le célérifère

3.2.1 Design du processus

Le *célérifère* (devenu vulgairement un "vélo" et, sur les mauvais pavés), dont un exemplaire en est reproduit à la Figure **8** pour bien clarifier les idées, est une application concrète du processus de gain de la Figure **7**. Un célérifère en bonne santé fonctionne comme ceci:

- Un agent énergétique exerce une puissance sur des pédales, donnant (perpendiculairement) un torque (en newton.mètre) aux manivelles;
- Ceci entraîne un plateau, disons P_{54} de 54 dents, ou P_{39}, de 39 dents;
- Une chaîne conduit à la roue libre tournant le moyeu, dont les pignons (Q_{18}, Q_{13}...) sont choisis par le dérailleur. La transmission à la roue se fait dans le rapport des circonférences, matérialisées par le nombre de dents (nécessairement identiques sinon la chaîne fait de vilains bruits);
- Ensuite, la transmission se fait du moyeu à la circonférence extérieure de la roue, dans le rapport de 2π fois le rayon r, et on peut de la sorte déterminer la distance D parcourue à chaque tour de pédale.

Figure 8. Célérifère, dit "vélo"



Quel est le "module" du célérifère? L'intérêt de le savoir est évidemment de faire le bon choix sur le dosage des efforts. Dans le cas présent, on a simplement:

$$D = (P_x/Q_y).\ 2\pi r$$

Pour s'en donner une idée réaliste, voici au Tableau **1** quelques valeurs utilisées chez les vrais pros du Mémorial d'Anguille-sous-Roche, avec des roues de 70 cm de diamètre.

Pour le réalisme encore, il faut ajouter que cet engin, dont la Figure **8** donne le modèle, est souvent nanti d'une deuxième roue, d'une ou deux selles et de bandages pneumatiques, mais cela ne sert qu'au confort et au look et en dégrade à la fois le modèle et le rendement théorique.

Tableau 1. Distances par tour d'un célérifère

Pignons $\mathbf{Q_y}$ Plateaux $\mathbf{P_x}$	**18**	**17**	**16**	**15**	**14**	**13**
54	6,60	6,99	7,42	7,92	8,48	9,13
51	6,23	6,60	7,01	7,48	8,01	8,63
48	5,86	6,21	6,60	7,04	7,54	8,12
...	...	...	...	6,60	...	...
39	4,76	5,05	5,36	5,72	6,13	6,60

Ceci n'est toutefois que le module de *transmission*, mais pas celui de l'énergie et du *travail* fourni.

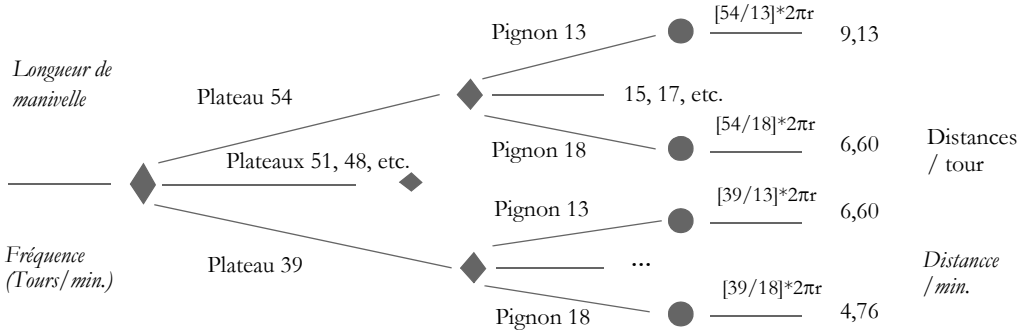
©CDB

Cet exemple illustre cependant de façon physique une fonction de transfert (***h*** dans ce texte) dépendant des paramètres fournis, et qui fournit l'output y (la distance parcourue) selon les inputs x (le nombre de révolutions du pédalier) qui lui sont soumis, soit:

$$y = \boldsymbol{h}\, x$$

La représentation logique est de deux "répartiteurs" en série, l'issue finale dépendant des options prises aux bifurcations; la Figure **9** en donne le graphe de choix.

Figure 9. Graphe de choix des foncteurs (vélo)

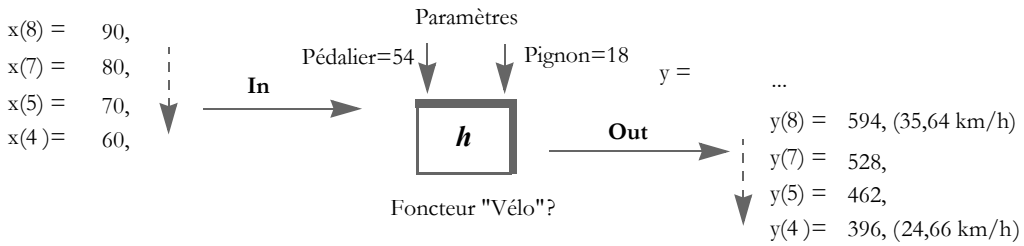


Le *module opérationnel* de la transmission peut être enrichi d'autres paramètres qui interviennent pour déterminer les choix et les performances, tels que:

- La longueur de la manivelle, donnant le *moment* de la force, donc les efforts à fournir;
- La fréquence de rotation, donnant le *travail* nécessaire selon la performance en distance par unité de temps, et donc in fine le taux de dopage adéquat du cycliste.

La *réduction* d'un module opérationnel est de faire un résumé, à la limite un seul opérateur (ici ***h*** pour le vélo), auquel on peut soumettre une série d'inputs, x_1, x_2, ... , (ici le nombre de tours/min du pédalier) pour l'obtention des outputs y_1, y_2,... , correspondants (ici la distance/min). C'est ce que montre la Figure **10**.

Figure 10. Input, Foncteur et output d'un célérifère



3.2.2 Les codages d'indices

Dans sa naïveté, la Figure **10** présente un argument important de la description de processus: la signification du *codage* par les *indices*, lequel conditionne la modélisation. En effet, on peut présenter les trois interprétations suivantes de codage par des indices.

a Le codage d'*itération*

Dans le cas de codage d'*itération*, l'"essai" fait avec la valeur désignée par cet indice; c'est le cas pour les configurations dites "passives". Ainsi, la Figure **10** nous dit aussi que la réponse y à x(4) est de y(4)=396, etc. Dans ce cas, l'ordre des indices n'est pas impératif: il suffit de pouvoir repérer les valeurs correspondantes – et le processus peut être dit "passif". Alors, le développement 48*18 est-il plus long que le 39*15?

b Le codage *séquentiel*

Dans le cas de codage *séquentiel*, les entités se présentent dans l'*ordre* de l'indice; ceci est valable pour les flux et les transformations, telles qu'il en est présenté à la section **33**; Quand l'ordre est pertinent, cela forme des *chaînes* ("strings") d'inputs. Ainsi, soit qu'il y ait un *agent* (du processus) sur le vélo; si on lit la Figure **10** en tenant compte de l'*ordre* des indices – donc du 4 au 8 – on constate une progression entre les fréquences plus élevées (de 60 à 90 t/m) et les vitesses plus élevées (de 24,66 à 35,64 km/h), donc un gradient positif de la vitesse, soit l'*accélération*.

c Le codage *temporel*

Par le codage *temporel*, les entités sont situées aux repères de temps désignés par cet indice; dans ce cas, à la fois l'*ordre*, les *valeurs* et la *situation* de ces valeurs dans le temps sont significatifs pour l'output. Dans l'exemple en cours, soit qu'il y ait plusieurs agents, chacun sur un vélo, faisant un rallye. À chaque ravitaillement pour la provision de dopage (c'est le "pit-stop" en F1), jusqu'à l'arrivée finale, c'est l'ordre des arrivées et des départs, ainsi que leurs écarts en temps, qui sont pertinents.

On entre alors dans configurations *temporelles* et leurs représentations par des *graphes de flux*. Toutefois, grâce à des opérateurs temporels et certaines transformations intelligentes (les transformées "z" et "de Laplace", à voir dans «Analyse de processus»), il est possible de résumer certaines séquences et de traiter un modèle *algébrique*.

3.3 Configurations algébriques

3.3.1 Module opérationnel

Comme annoncé en **3.2**, un *module opérationne*l est constitué de blocs d'opérateurs algébriques tel que chaque opérateur "conséquent" convient à un "antécédent" (il peut en accueillir les outputs), et que l'ensemble des opérations peut être ramenée à une seule expression composée. Il en ressort qu'un module opérationnel assure le traitement d'*une seule entrée d'information*; son mode d'emploi est dès lors de lui présenter des listes de valeurs, puis de lire ce qu'elles sont devenues à l'issue des opérations.

©CDB

Un exemple appelant un grand classique de gestion est la "formule de Wilson", donnant le montant le plus économique Q* des lots à stocker pour faire face à une demande totale connue V sur une étendue temporelle de n périodes. Les paramètres (fixés) de ce module sont le coût de stockage unitaire h, le coût unitaire de pénurie b et le coût fixe par lot k.

Sous les conditions restrictives du modèle et les unités correctes, la condition du premier ordre pour la minimisation du coût total sur l'étendue en fonction de l'argument Q donne le célébrissime Q* par:

$$Q^* = (2kV/h)^{1/2}.[(b+h)/b]^{1/2}$$

Si l'on pose: $\boldsymbol{W} = (2k/h)^{1/2}.[(b+h)/b]^{1/2}$, le module de la réponse peut être résumé dans un seul opérateur ***W***, qu'on pourrait appeler (ici) "de Wilson", présenté à la Figure **11**.

Figure 11. Input, foncteur et output

Il est facile alors de connaître les grandeurs de Q* qui répondent à différentes valeurs de V; c'est ce qu'on appelle un calcul de *sensibilité*. Ces différentes valeurs peuvent être choisies par exemple dans la gamme de valeurs déjà observées, ou elles peuvent être engendrées par un générateur de nombre aléatoires, auquel cas cette démarche relève de la simulation. Ce renseignement est utile – le modèle est là pour cela – soit pour fonder des décisions, soit au moins pour voir ce que donne réellement ce foncteur opérationnel, ce qui est une forme d'élucidation externe.

Pour que le modèle reste valide, il convient notamment que l'opérateur reste stable (formulation et paramètres fixes, production instantanée) quelles que soient les valeurs de V qui lui sont soumises et pour toute période considérée. Toutefois, ce n'est pas un modèle de processus; en effet, dans une situation réaliste, on ne peut soumettre *successivement* des demandes différentes à un tel opérateur, car chaque planning effectué devient invalide dès qu'une nouvelle valeur lui est soumise.

3.3.2 Fonction de gain directe, en série et parallèle

Soit une transformation opérationnelle K et un output final z; la *fonction de gain* est définie par le rapport de l'output à l'input.

- Une fonction de gain *directe* est définie par le rapport de l'output à l'input adjacent de la transformation, soit ici:

  $T_1 = y/x = K_1$, ou $T_2 = z/x = K_2$.

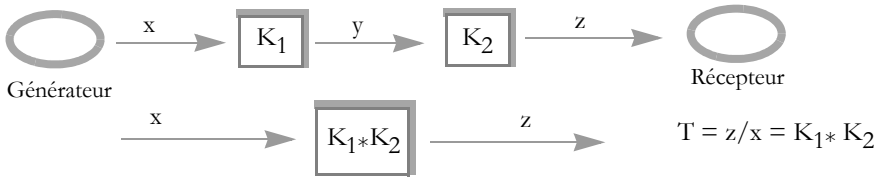
- La Figure **12** présente deux facteurs de gain en séquence, K_1 et K_2. Dans ce cas, l'opérateur-produit $\otimes$ implique un design *en série*, et on a:

  $T = z/x = K_1 \otimes K_2$,

- L'opérateur de sommation $\oplus$ implique en revanche un design en *parallèle* dont un des exemples déjà vus est la Figure **5** en **2.3.2.** Pour le cas élémentaire, la fonction de gain parallèle, donc additive, peut tout simplement s'écrire:

  $T = z/x = K_1 + K_2$

Figure 12. Design en série et fonction de gain



3.3.3 Fonction de gain conditionnelle

Soit à présent le souhait d'obtenir z par une forme linéaire en les inputs x et y, via des facteurs de gain K_1, K_2, l'opérateur somme étant $\oplus$ et l'opérateur produit étant $\otimes$. La représentation par un *modèle* serait: $z = K_1x + K_2y$.

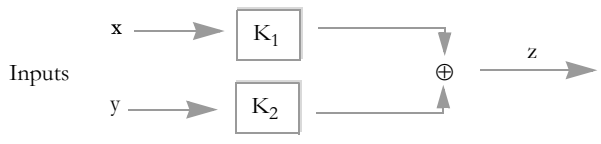
La configuration correspondante est présentée à la Figure **13**, et la fonction de transfert doit s'écrire:

$T_1 = z/x = K_1 \quad + K_2.y/x$

$T_2 = z/y = K_1.x/y + K_2$

On notera que l'intégration dans un bloc unique n'est pas légitime ici car on n'a pas pu constituer une seule fonction de gain, et de plus il y a plusieurs (ici deux) flux d'inputs. Pour une telle configuration, on parle parfois de fonction de gain *conditionnelle*.

Figure 13. Design en parallèle: gain conditionnel



©CDB

3.3.4 Opérateur de gain multiple

Sous certaines conditions d'homogénéité, en particulier l'identité de nom ou de code des entités, il est permis de regrouper des entités dans une nouvelle entité qui en est la *synthèse* et d'effectuer dès lors le design et l'analyse de façon plus parcimonieuse. Un exemple courant en est celui de l'expression matricielle, illustrée par l'Encart **1**, et que voilà:

- Soient x_1, x_2, x_3, les coûts unitaires de trois types de pièces p_1, p_2, p_3, avec lesquelles on forme par assemblage les produits A et B;
- Soit un tableau **M** donnant le nombre de pièces de chaque sorte nécessaires pour obtenir une unité de produit A et de produit B.

Il va de soi que la liste des x_i est le vecteur **x**, et que le tableau s'exprime par la matrice **M**. On obtient les deux éléments du vecteur **y** des coûts unitaires de A et B par le produit matriciel **y**' = **x**'**M**, dont on connaît bien la convention. La matrice **M** est ici un opérateur de gain multiple. La fonction de gain n'est cependant pas définie de façon univoque car la relation **y**/**x** ne peut pas s'écrire; en effet, il n'y a d'ailleurs pas qu'un seul **x** qui transformé par **M** peut donner **y**, de sorte que la connaissance de **M** et **y** n'est pas suffisante pour celle de **x**.

Encart 1. Matrice de gain multiple

	Type de pièce				Produit			Coût par produit	
	1	2	3		A	B		A	B
					1	1			
Coût unitaire	3	4	1	*	2	3	=	11	17
					0	2			
	Vecteur x'				Matrice M			Vecteur y'	

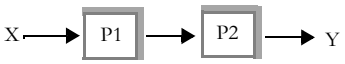
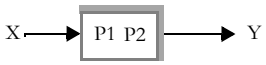
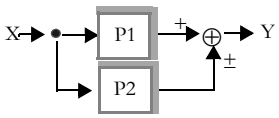
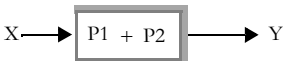
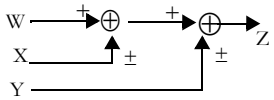
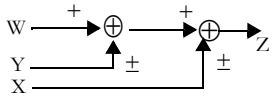
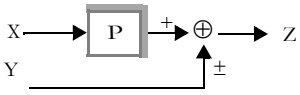
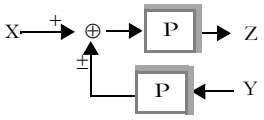
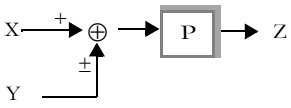
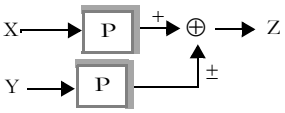
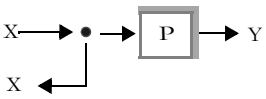
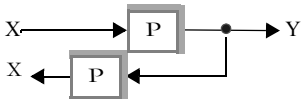
3.3.5 Configuration algébrique

On appellera *configuration algébrique* un assemblage cohérent de *modules opérationnels*; ce sont les jeux de LEGO des enfants gâtés de la systémique. Assez curieusement, plus l'enfance est tendre, plus on lui donne des systèmes durs pour s'amuser, et cela jusqu'à l'âge du multimédia (la "Voie Molle" de Lao Tseu?).

Ces jeux de construction par blocs ont dominé la formation des êtres réussis, ou même, pour les plus doués, des systémiciens. De tels jouets se procurent en grande distribution, mais ils sont garantis chez DI STEFANO (*op.cit.*, Ch.7: «Block Diagram Algebra and Transfer Functions of Systems», p.115), qui est la source, peu modifiée, du Tableau **2**.

Ces transfigurations ne sont pas une gymnastique graphique gratuite mais sont le correspondant en systémographie de l'algèbre des opérateurs en mathématique. En un sens, ceci est l'exercice formel du design *légitime*, c'est-à-dire autorisé pour la cohérence et la conservation de la transformation globale

Tableau 2. Exemples d'algèbre et configuration par blocs

Transformation et Équation	Block Diagram	Équivalent Block Diagram
Combining Blocks in cascade		
Combining Blocks in parallel, or Eliminating a Forward Path		
Rearranging Summing Points Z = W ± X ± Y		
Moving a Summing Point Ahead of a block Z = P X ± Y		
Moving a Summing Point Beyond a block Z = P [X ± Y]		
Moving a Takeoff Point Beyond a block Z = P X		

©CDB

4 Processus de transitions d'état

4.1 Transformation, transfert et transition d'état

Soit X une donnée spécifiée par des attributs ou des propriétés permettant de la distinguer d'une autre, ou d'elle-même si elle est modifiée. Lorsque ces propriétés sont repérables par des indicateurs, X peut alors être *codé*, par exemple par un indice: il est alors défini comme étant X_i. Lorsque X est changé, de quelque façon que ce soit, il prend une autre référence de code, par exemple j; il est alors repérable comme étant X_j.

De façon générale, X peut être appelé un *état*. Il est *scalaire* s'il est qualifié par un seul indicateur, ou vectoriel s'il est qualifié par plusieurs indicateurs qui en spécifient les propriétés. Dans ce dernier cas, il suffit qu'une seule de ces propriétés soit modifiée pour que X ait subi un "changement d'état" – de X_i à X_j. Un état est dit *statique* s'il est reconnaissable et peut se reproduire identiquement par un quelconque chemin de modifications; ses propriétés redeviennent exactement pareilles, quelque soit son historique. Dans un exposé plus fluide, on parle d'état au sens *dynamique*, ce qui est une notion plus générale car elle contient son processus générateur d'états ultérieurs.

Soit donc une donnée X dans un état X_i:

- Une *transformation* désigne soit le *résultat* de la comparaison entre un état final et un état initial séparés par un processus ayant modifié X_i, soit ce *processus* lui-même;
- Lorsqu'on parle de *transition*, une liste des états "atteignables" de X est disponible avant qu'un processus ne soit activé. La transition est le passage, direct ou indirect, d'un état à un autre;
- Le *transfert* est le fait de déplacer, de faire cheminer d'un repère à un autre, tout objet pouvant être porté par un flux. Il s'agira d'objets physiques dans des processus réels – par exemple le transfert de monnaie, de personnes, de marchandises – mais il peut aussi s'agir d'unités symboliques, par exemple d'information ou de temps.

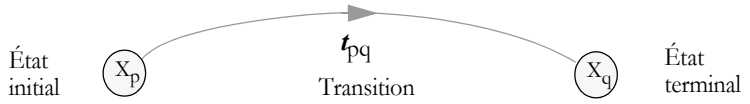
  Le transfert peut être le moyen d'effectuer un changement d'état:

  - l'apport d'un flux modifie l'état d'un stock, cet état étant décrit par le "niveau".
  - un courant électrique (en ampères) peut modifier la charge (en coulombs) d'une capacité.
  - Un transfert d'*information* monétaire: le virement d'un compte à l'autre modifie le niveau du stock de monnaie "scripturale", c'est-à-dire "décrite dans un compte";

- Le *repère* est une entité physique ou symbolique qui permet d'associer des indicateurs aux flux transférés ou de les interpréter s'ils existent déjà;
- Les générateurs de flux sont généralement appelés *source* et *destination* dans le cas de transferts physiques, et *initial* et *terminal* dans les cas de transformation, de transition d'état, ou de transfert symboliques;
- Les repères capables d'être à la fois concentrateurs et/ou diffuseurs sont appelés des *noeuds*, expression qui a été étendue aux réseaux physiques.

Les configurations cohérentes de noeuds, d'états et de transformations forment des *graphes de transition* d'état, dont l'élément de base est montré à la Figure **14** qui associe deux états, X_p et X_q, et un foncteur de transition $\boldsymbol{t}_{pq}$.

Figure 14. Un graphe de transition à deux états



4.2 Transition d'état d'information

Considérons, pour premier exemple, un changement d'*état d'information*, spécifié par le montant d'information d'un sujet. L'état initial X_i peut être codé par une mesure de probabilité p_i, associée à un événement. Soit que cette probabilité soit changée, et devienne p_j; l'état est à présent qualifié par X_j et entre les deux s'est situé un foncteur, disons $\boldsymbol{t}_{ij}$, qui a transformé p_i en p_j. Dans ce cas, $\boldsymbol{t}_{ij}$ est un *signal* qui a la mesure d'une information.

Quelle est cette mesure? Une proposition célèbre (issue, bien sûr, de la *théorie de l'information*) est de l'exprimer par le logarithme du rapport des probabilités:

(1) $\quad \mathbf{g}\,(p_i : p_j) = \mathbf{l}_g\,(p_j/p_i)$

Au plus une probabilité a priori a été modifiée, au plus on reconnaît qu'il y a eu du *gain* "g()" en information, ce qui se traduit en "bits" si le logarithme est de base 2. Ce nom de "gain" est donc donné au *montant* de la modification, laquelle est le changement de sa propension à se réaliser; le signal dit qu'il serait par exemple passé d'un *état* d'événement moins probable à celui d'événement plus probable. Le foncteur $\boldsymbol{t}_{ij}$ a produit des bits, ou une fraction de bits, d'information, qui est un "facteur de gain" du passage d'un état à l'autre.

L'événement X peut bien sûr être composé, c'est-à-dire avoir plusieurs issues associées de probabilités p_i qui deviennent alors des q_i. Le gain est pour chaque issue d'indice i de:

(2) $\quad \mathbf{g}\,(p_i : q_i) = \mathbf{l}_g\,(q_i/p_i)$

La somme des produits de ces probabilités par les gains spécifiques à chaque issue est l'espérance mathématique de ces gains pour l'ensemble des issues. Dès lors, le foncteur $\boldsymbol{t}$ donne une *Espérance de Gain en Information* du message imparfait, soit:

(3) $\quad \mathbf{G}(p:q) = \Sigma_i\, q_i\, \mathbf{l}_g\,(q_i/p_i)$

Le montant (en bits) de l'expression (3) dit aussi quel est le montant de "surprise" associé au signal de réalisation de l'une de ces issues; dès lors, de façon analogue à celle qui modifie l'entropie *H* en thermodynamique (d'où cela vient), le foncteur $\boldsymbol{t}$ produit de l'énergie. Pour savoir comment, il faut aller se chauffer au Tome Nord, dans le chaleureux exposé intitulé «L'Information et sa thermo-dynamique».

©CDB

4.3 Transition d'état de niveau

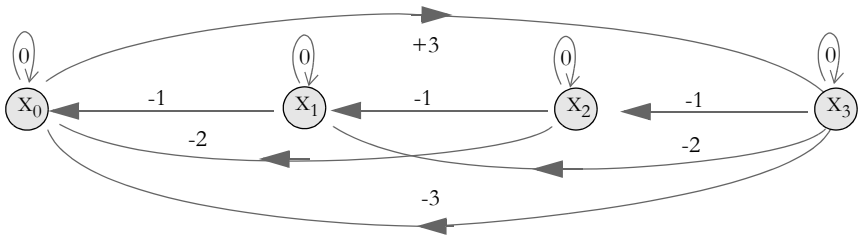
Soit à présent X une quantité repérée par un état codé, par exemple un stock (quantité persistante) associé d'un indicateur de *niveau*, tel "i", ou "j". Que fait un foncteur qui produit une modification de niveau, disons amenant X_i à devenir X_j? Il engendre un *flux*, lequel apporte ou prélève un montant, lequel sera d'autant plus élevé que le flux est plus important. Il faut donc un indicateur du flux: ce sera le *taux*. Celui-ci est donc défini par le montant transféré pour amener d'un état spécifié par un niveau à un autre état, spécifié donc par un autre niveau. C'est d'ailleurs par cette analogie que sont définis les "états" et les "flux" d'information.

Pour l'exemple, soit X le vecteur désignant un stock qui peut présenter quatre états, spécifiés par les niveaux exclusifs et exhaustifs 0; 1; 2; 3. Les flux, en tant que montant transféré amenant d'un état à un autre, sont représentés à la Figure **15**, tandis que les boucles, transférant "0", laissent X dans l'état existant.

Si on n'accepte pas de conduire un stock à un niveau négatif, le graphe n'est plus exhaustif, en ce sens que tous les transferts que l'on peut exprimer n'y sont pas reportés. Les problématiques les plus intéressantes sont celles où certains états ne peuvent pas être *directement* atteints à partir d'autres mais, par la vertu des interactions, il peut y avoir concentration sur des états qui sont pauvres en transferts qui y aboutissent.

Pour en donner un exemple plaisant et instructif, admettons que le stock ne se remplisse que lorsqu'il est vide et ce, en une seule fois, atteignant l'état X_3 d'un seul apport de +3 unités. Le graphe est celui de la Figure **15**. Les foncteurs $\boldsymbol{t}_{ij}$ gérant les transferts ne sont dans ce cas que la simple addition d'une constante.

Figure 15. Un graphe de transferts à quatre états



Pour meubler les loisirs des Lecteurs – ils en ont nécessairement puisqu'ils flânent dans ce texte – le Tableau **3** donne des transferts additifs des sources aux destinations.

Le naïf Tableau **3** devient plus intéressant quand les deux situations sont combinées, à savoir que les transitions sont aléatoires. Par exemple, au jeu de quilles magyar, on remet les quilles chaque fois qu'il n'y en a plus debout, mais on ne peut pas prédire combien seront abattues à chaque tir. Les probabilités d'en abattre 0; 1; 2; ou 3 sont, dans cet exemple, respectivement de 0,1; 0,4; 0,3; et 0,2.

Tableau 3. Montants additifs de transferts d'états

États terminaux **États-sources**	$\mathbf{X}_0$	$\mathbf{X}_1$	$\mathbf{X}_2$	$\mathbf{X}_3$
$\mathbf{X}_0$	0	-	-	3
X_1	-1	0	-	-
X_2	-2	-1	0	-
X_3	-3	-2	-1	0

Les transitions d'état sont à présent théoriquement données par le Tableau **4**. Le contenu y est tout différent, puisque le gérant du transfert est un processus aléatoire, un $\boldsymbol{t}_{ij}$ dont on ne peut pas maîtriser les réalisations.

Tableau 4. Probabilités de transferts d'états

États terminaux **États-sources**	$\mathbf{X_0}$	$\mathbf{X_1}$	$\mathbf{X_2}$	$\mathbf{X_3}$
$\mathbf{X_0}$	0			
$\mathbf{X_1}$	0,9	0,1		
$\mathbf{X_2}$	0,5	0,4	0,1	
$\mathbf{X_3}$	0,2	0,3	0,4	0,1

Le Tableau **4** présente des anomalies (voulues) pour le "cas" cité. En effet:

- On passe de l'état X_2 à X_0 en abattant soit 3, soit 2 quilles, avec les probabilités respectives $p_{2,0}$=0,3 et $p_{2,0}$=0,2 – ce qui donne bien la somme 0,5;
- De même, depuis X_1 on atteint X_0 par un abattage de 3, 2, ou 1, soit $p_{1,0}$=0,9.

Seulement, c'est tout bête: on ne peut abattre qu'une ou deux quilles quand il y en a deux (X_2) et une seule depuis l'état X_1. Donc, alors que l'état peut être atteint, le processus réel ne correspond pas à cette formulation, qui ignore ces détails d'intendance. Ce n'est pas grave, on peut en guérir, mais il fallait y penser. Le piège étant déjoué, on continue donc en changeant le problème et pas le modèle, comme de vrais experts de recherche opérationnelle (de bonne foi...).

©CDB

Une telle situation est un des membres indigents de la famille des processus "de MARKOV", caractérisé par les propriétés suivantes:

- Le fait que la probabilité de transition dépend de l'état d'origine X_i, et éventuellement de l'état de destination X_j, mais est indépendante de l'historique qui a amené à être dans cet état X_i. C'est donc un processus *sans mémoire*;
- C'est un processus dit *de renouvellement* ("renewal"), en ce sens qu'il relance son comportement de façon originale quel que soit l'état X à partir duquel ce comportement est considéré. Un contre-exemple serait celui où le demandeur des (0, 1, 2, ou 3) unités de produit modifierait sa demande selon son information sur les prélèvements antérieurs et le niveau de stock disponible – ce qui serait un comportement normal dans un contexte de gestion.

Le graphe de transformation est donc un *descripteur symbolique*. Il ne représente et ne traite que de l'information associée à un ou des processus dont le réalisme n'est pas son problème. Le foncteur (***t***) fait donc son job de transformation amenant à des changements d'état ou de niveau sans dire pourquoi, ou en se fondant sur quoi.

Si, en revanche, on veut exprimer ces raisons, on entre alors dans le domaine des *graphes d'influence*, disant comment et par quoi modifier les états. Les foncteurs et les variables d'état, prennent alors des noms plus chatoyants, comme motivation, stock, demande, désignant souvent des ressources et des activités, bref, ceux d'un contexte de management. Cette voie est poursuivie et mise en oeuvre dans l'exposé «La Dynamique de Systèmes en Gestion», situé dans le brumeux Tome Nord.

Dans le domaine des *communications*, les transformations appliquées aux signaux sont des *traitements*, qui en font des tas de choses – même vous payer. Un très beau domaine de la systémique, qu'on peut entrevoir dans l'«Entrevue avec l'information».

Dans le domaine *symbolique*, et singulièrement celui de la dynamique, que l'on sent déjà vibrer ici sous les pieds des neurones, les transformations élémentaires qui s'appliquent aux signaux sont régies par des *opérateurs*. Ces opérateurs, que l'on peut représenter par des symboles, peuvent alors eux-mêmes être situés dans une algèbre. Ce sera le cas, et on les retrouvera, de la différence première et de l'espérance mathématique. Mais enfin, ce ne sont en quelque sorte que des "fonctions concentrées".

Lorsque des opérateurs se combinent de la sorte, leur assemblage est une composition désigné par un opérateur générique, tel que **%**, ou des fois par >. Alors là, on pourra vraiment faire des économies descriptives, et exprimer de façon comestible des systèmes déjà complexes. Sous certaines conditions, on peut espérer ramener l'ensemble de la configuration à un seul opérateur, lequel va régir le comportement du "système", et permettre alors de l'extrapoler, de prédire ses réponses – c'est la *dynamique sous influence* – et puis de le commander – c'est la *dynamique sous contrôle*.

Un tel challenge est entrepris par les *graphes de signaux* qui, sous condition que la transformation soit un filtre linéaire, ou puisse s'y ramener, aident à concentrer de façon descriptive et analytique des relations formelles complexes. Mais...

Pour devenir le meilleur,
Il faut d'abord apprendre à faire le bien
CdB

4.4 Transmittance dans les graphes

Le point intéressant, c'est toujours le rapport T_{yx}, la fonction de transfert, rapportant l'ouput à l'input, donc l'effet d'une injonction x sur le système. Pour les graphes de flux de signaux, on définit ce rapport généralement entre les nœuds i et j, donc la transmittance dans toute paire de nœuds. La *transmittance* globale est alors un cas particulier pour lequel i=1 et j=n, où 1 est initial et n est terminal.

La tradition écrite (dite "formule de réduction de MASON", dérobée en 1956) exprime la transmittance selon (a) ci-dessous.

$$(a) \qquad T_{ij} = P_1\frac{\Delta_1}{\Delta} + P_2\frac{\Delta_2}{\Delta} + \ldots + P_n\frac{\Delta_n}{\Delta} = \sum_k \frac{P_k\Delta_k}{\Delta}$$

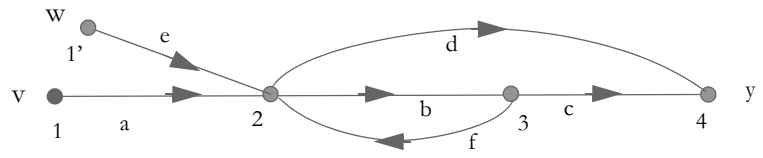
La somme est effectuée sur tous les trajets ouverts de la source i vers le nœud récepteur j (dit parfois pour cette raison nœud *dépendant* de i). À chaque trajet ouvert k est associé un "poids" P_k, à savoir les facteurs de gains associés à la configuration des boucles. Les termes sommés sont donc les rapports des facteurs spécifiques des k trajets (les Δ_k) au "déterminant" du graphe, Δ, qui est une fonction seulement des boucles et de la façon dont elles inter-agissent. Il s'exprime par:

Δ = 1 - Σ de toutes les boucles
+ Σ de toutes les paires différentes de boucles non adjacentes
- Σ de tous les triplets de boucles non adjacentes ... + ...

Un facteur *spécifique* (le facteur d'un trajet ***k***) est une fonction d'uniquement les boucles qui ne touchent pas le trajet ***k***. Cela revient à dire que c'est le déterminant du graphe dont le trajet ***k*** a été exclu.

Deux exemples simples illustreront à la fois la clarté d'un graphe de flux et la complexité impliquée par la recherche de la propagation d'impulsions ou de perturbations dans un système réaliste présentant des interactions et des boucles de rétromettance. Pour leur taille, ce sont déjà de beaux petits cas de systèmes d'information, tels qu'on en trouve dans LYNCH, TRUXAL et BRAUN, «Feed-back Theory», Chap. 29 de *Systems Engineering Handbook*, MACHOL & al., Ed., McGraw-Hill, 1965.

Figure 16. Un graphe de flux à deux inputs



Le graphe de flux de la Figure **16** montre un second input (w) exogène qui joint la même boucle de feed-back que celle du trajet principal (de facteurs a, b, c), où de surcroît l'input v présente un signal direct (de facteur d) à l'output.

©CDB

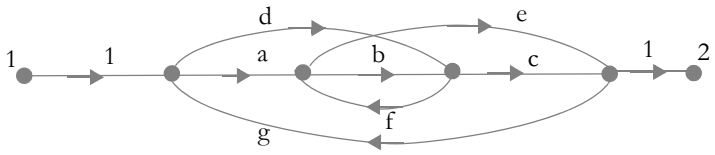
Les transmittances (en termes de MASON) entre les nœuds **1** et **4**, puis **1'** et **4**, sont:

$$T_{14} = \frac{abc}{1-bf} + d = \frac{P_1}{1-\Delta} + P_4$$

$$T_{1'4} = \frac{ebc}{1-bf} = \frac{P_2}{1-\Delta} + P_4$$

On voit que le trajet "d" ne touche pas la boucle et n'en est donc pas affecté. Le graphe de la Figure **17** (LYNCH, *op.cit.*, p.29-15) permet de se faire la main sur les trajets ouverts ou fermés et appliquer la formule de réduction (a). Il est simplifié en désignant par **1** et **2** les nœuds extrêmes et posant un facteur unitaire "1" à leur signal adjacent.

Figure 17. Un graphe de flux de signaux à boucles adjacentes et imbriquées



La Figure **17** montre 4 trajets ouverts:

- abc dc ae dfe

Il y a cinq boucles:

- bf abcg dfeg dcgaeg

Toutes les boucles se touchent et tous les trajets touchent toutes les boucles. Ceci conduit à la transmittance du nœud d'origine **1** au nœud terminal **2**:

$$T_{12} = \frac{abc + dc + ae + dfe}{1 - bf - abcg - dfeg - dcg - aeg}$$

5 Formes graphiques de processus

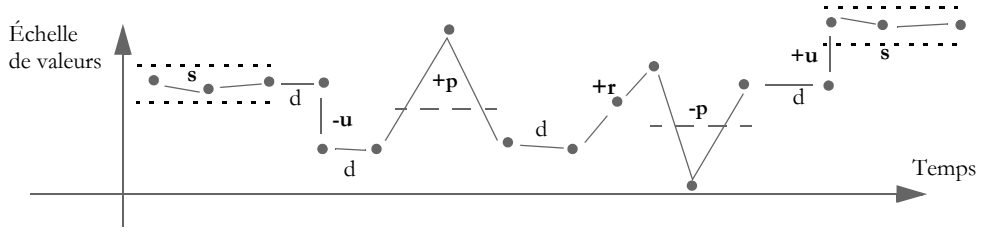
5.1 Les colonies de morphions

La plupart des économètres ont des morphions. Comment les traiter? Ce n'est guère facile parce que ce sont des affections peu codifiées et se prêtant mal aux traitements par les séries chronologiques. Il est en effet peu classique de sortir du référentiel cartésien, où le temps est porté en abcisse en continu ou sur des repères temporels discrets. Le temps ressenti, le temps stratégique ou physiologique ont des échelles variables, dont on parle de façon aventureuse dans le Tome Nord, sous «La Dynamique libre et les modèles du temps», conduisant à la notion du temps en tant que "champ de tension".

Pour l'heure, il ne s'agira que de décrire quelques petits mouvements qui s'y passent – des mouvements de "pions" sur un jeu stratégique – et de s'intéresser à la forme de ces mouvements – leur morphologie. En mettant ensemble les mots "morphe" et "pion", on contracte des *morphions*.

Soit la série de points placés à intervalles réguliers sur la Figure **18**. Des lettres caractérisent les segments joignant deux ou trois points successifs, comme il est ensuite expliqué.

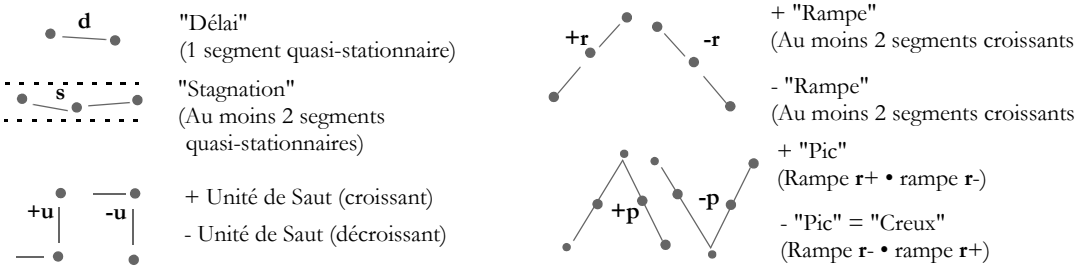
Figure 18. Une colonie de morphions



5.2 Les membres de la famille

La séquence de formes de mouvements de la Figure **18** peut se lire comme un n-tuple ordonné { **s** • d • **-u** • d • **+p** • d • **+r** • **-p** • d • **+u** • **s** ...} que l'on appelle ici une *colonie*. La Figure **19** répertorie la liste des morphions qui y sont représentés.

Figure 19. Une famille de morphions



Pour qu'un morphion soit défini, il faut que le mouvement qu'il dessine soit significatif, ce qui est arbitraire, mais peut être associé au contexte. Ainsi une *stagnation* peut être admise en cas de variation inférieure à un certain intervalle (montré sur la Figure **19**) pris pour référence. Par exemple, une stagnation d'un titre en bourse peut être une variation telle que le gain ou le perte de valeur est inférieure au coût de sa transaction.

©CDB

On appelle *fenêtre temporelle* un intervalle de temps compris entre deux repères comprenant des observations; il va de soi qu'une colonie de morphions est d'autant plus claire qu'une telle fenêtre est grande ouverte. La description de la chronique est donc différente selon la longueur des "périodes" de cette description, et les morphions seront plus stables – comme tout agrégat – si la vision est plus large. Le choix de cette période ne dépend in fine que du propos de l'investigation et de la prévision, et du "coup d'oeil". La tendance naturelle de l'investigateur est d'allonger les morphions – leur donner plus de pérennité – de façon à pouvoir se reposer sur plus d'inertie, ce qui est une sorte de confort.

Mais le confort et l'acuité de perception sont opposés, aussi bien en gestion qu'en intelligence artificielle. Les heuristiques de reconnaissance font l'hypothèse d'un morphe, puis examinent la compatibilité avec cette hypothèse, par exemple au moyen d'une fonction d'écarts (somme des distances) à seuil de tolérance. Celui-ci est souvent défini en théorie des signaux comme un "bruit" aléatoire résiduel et les heuristiques appellent donc des "filtres" de composantes aléatoires, faisant apparaître le signal "vrai".

Les morphes, ou formes visuelles élémentaires, perdent leur identité s'ils sont décomposés. De plus, pour que leur identité soit admissible, il faudrait que la liste de morphions soit la même (en ordre inverse, cela va de soi) si on la constitue de gauche à droite ou de droite à gauche.

Ce *coup d'oeil* n'est guère facile à obtenir par une heuristique programmable, du type de la reconnaissance des formes en intelligence artificielle. En effet, il est nécessaire de couvrir un nombre variable de points prospectifs et rétrospectifs, et tenter des fenêtres variables, pour choisir le ou les morphions présents dans chaque fenêtre.

Néanmoins, c'est le premier mode d'expression de processus chronologiques, intermédiaire entre le qualitatif pur et la formulation par des modèles en valeurs. Ainsi les gens s'expriment en utilisant des "patterns" de mouvements, tels que "stagne", diminue, croissance, "reste ferme", "la croissance s'effrite", "on est au creux de" – la rigueur fait peur... ou peut n'être qu'illusoire.

5.3 Les morphions japonais

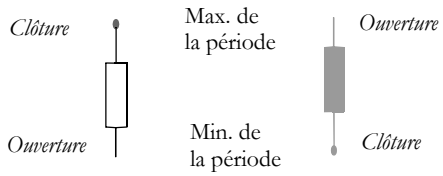
Il n'y a pas de trucs japonais créés dans ces exposés. Les sources des importations sont: S. NISON, *Les chandeliers japonais*, trad. Antoine DUBLANC, Hendaye, Valor Éd., 1997, et A. LE GALL, *Optimiser sa gestion en bourse avec les analyses graphique et technique*, Maxima, Paris, 1999, 2e éd. Ces contributions sont exploitées par B. ALIJI, «Application aux marchés boursiers européens de la méthode d'analyse "technique-graphique"», Haute École F. FERRER, Ville de Bruxelles, 2000. Ici, seule une liste et quelques pictogrammes en sont donnés pour montrer l'étendue géographique de l'épidémie de morphions.

Elle s'est déclarée à Osaka, siège du marché à terme du riz au 17e siècle, et fut propagée par le marchand MUNEHISA HOMMA (de 1724 à 1803, où il en est mort) sous le nom de *bougies* (ou *chandeliers* pour les riches et les sacristains). La bougie elle-même ne concerne que la phase d'une période ou d'une séance boursière.

Le contenu en information est d'une part la "hausse" ou la "baisse" (entre l'ouverture et la clôture) qui donne respectivement le blanc et le noir ou rouge, et d'autre part le cours le plus élevé et le plus bas de la période, donnant donc l'amplitude de l'écart.

La Figure **20** en montre deux, ce qui n'a rien de spectaculaire sauf son étrange confraternité avec un *semi-conducteur* de nos jours, qui lui aussi peut avoir, dans cette position, une polarisation "vers le haut" ou "vers le bas".

Figure 20. Bougies japonaises



Une version plus récente est celle des "bâtonnets", figurant en 1896 dans le *Wall Street Journal* (CH. DOW) comparant le cours le plus haut et le plus bas aux premier et dernier cours de la période. C'est plus léger à dessiner, mais on ne voit pas tout de suite le sens de la variation.

De façon générale, les indicateurs visuels tentent de donner l'un ou l'autre de deux renseignements de base:

- Soit la *persistance* de la tendance, ce qui la renforce, ou la "consolide"; ce sera le cas, sur la Figure **21**:
    - Des lignes (droites ajustées) joignant les maxima, dites "droites de résistance";
    - Des droites ajustées aux minima, les "droites de support";
    - Des formes encadrées par des segments, comme les "triangles", et les "fanions". Ceux-ci donnent aussi, par leur angle, une indication sur la dispersion croissante ou la convergence des cours;
- Soit l'*inversion*, ce qui implique la vision d'un *retournement,* dont la concavité peut être vers le haut ou vers le bas, et persister ou non, ce qui fait plusieurs types.

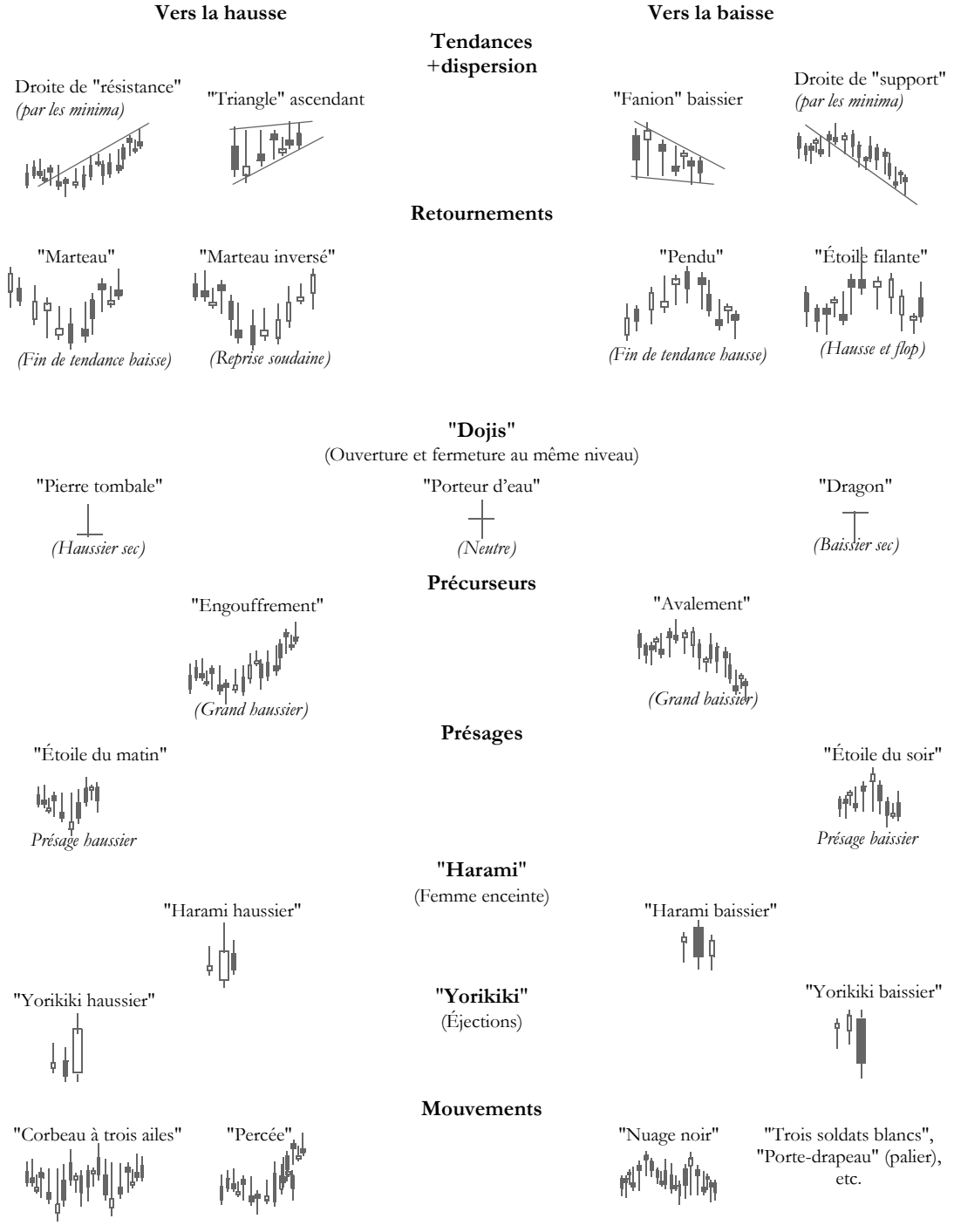
Le challenge de l'analyse "chartiste" est bien sûr l'anticipation. Les bougies (japonaises) mises en *séquence* s'efforcent, dans une telle perspective, de typifier des formations graphiques qui, aux yeux du spéculateur (à très court terme), illustrent des comportements du marché – comme ici les *morphions*. Leur forme inspire alors, selon une approche horoscopique, suppose-t-on, les suites à y donner.

Ce n'est pas très formel, mais cela a quelque charme et qui sait si bien des spéculateurs (trop) peu avertis ne fondent pas leurs choix sur ces primesautières illusions. C'est pourquoi on en trouvera une panoplie accrochée à la Figure **21**, mais de façon hâtive et pas très soignée. Les publications citées en donnent plus de précision et d'explications.

Les noms des morphions placés entre "" sont les originaux, en japonais ou traduits; les autres sont proposés ici-même.

©CDB

Figure 21. Formes graphiques en bougies japonaises



6 Un test de validité de prévisions

6.1 Les propriétés souhaitées

Les propriétés souhaitées de la part d'un ensemble de prévisions scientifiques peuvent être résumées par un ensemble de conditions qui leur donnent un peu de sérieux. Ces conditions sont les suivantes:

- L'objet de la prévision doit être borné et *spécifié* (pas "le marché", "le tourisme"...);
- L'horizon doit être *précis* (pas "à l'avenir"...);
- L'assertion ne peut contenir de condition d'*opposition* ("sauf si çà ne marche pas"...);
- Le *mode de génération* des prévisions doit être connu et réutilisable; à la limite, deux prévisionnistes diffférents utilisant ces mêmes informations et ce mode devraient fournir le même résultat;
- Les prévisions doivent pouvoir être *confrontées*, le moment venu, aux réalisations.

Ces conditions peuvent se résumer à celle de *vérifiabilité*; lorsqu'elles sont réunies, des "erreurs" de prévision peuvent être rendues explicites. La *gravité* des erreurs de prévision peut être envisagée de deux façons, qui peuvent être complémentaires:

- Les caractéristiques algébriques des erreurs: valeur, fréquence, signe, biais, variance;
- La façon dont la prévision affecte le comportement des preneurs de décision. Dans ce cas, cette gravité dépend des facteurs suivants:
  - Que la relation entre la prévision et son éventuelle exploitation soit clairement établie;
  - Que l'on connaisse la fonction de préférence du décideur – ou de son juge – pour pouvoir dire dans quelle mesure, vis-à-vis de quel référentiel, le résultat de la décision est "bon", donc quel est le "regret" qui y est associé.

Il est donc normal de choisir la procédure de prévision qui *minimise* ces pertes ou *regrets*, donc la probabilité de devoir "inverser" la décision – c'est-à-dire renoncer à une décision "entamée" pour en reprendre une autre qui eût été meilleure. Cette minimisation du risque d'inversion est une gageure fondamentale de l'étude systémique, et le Tome d'Ouessant reprend cela avec brio. Cependant, ceci repose sur l'hypothèse que les décisions en question ont été effectivement fondées sur les prévisions, alors que des cas différents peuvent se produire:

- Le support prévisionnel est *déterminant*. Ainsi on imagine mal un pilote ou marin sérieux ne choisissant pas sa route et sa voilure en fonction des prévisions météorologiques;
- Le support prévisionnel est *indifférent*. Ainsi, on imagine mal un Anglais sortir sans parapluie sous le prétexte fallacieux qu'on lui a dit qu'il ne pleuvrait pas;
- Le décideur est *incapable*, ou n'est pas organisé, pour se servir des prévisions. Ainsi, alors que la dynamique des cohortes d'élèves ou étudiants peut être bien appréhendée, on connaît peu de cas où les installations et équipements sont établis et ajustés en conséquence; c'est la situation courante de l'incompétence, ou encore de la mauvaise connexion entre l'informateur et le décideur;

©CDB

- Le décideur n'a pas la *possibilité* d'exploiter les prévisions; ainsi, il est irréaliste d'attendre que l'on adapte l'offre de stationnement et voies de communication aux prévisions de trafic et densité de population d'un ensemble urbain.

La gestion propose peu de méthodes et exemples d'analyse a posteriori de la qualité des décisions; la raison en est sans doute qu'elles sont prises par des Chefs ou des politiciens. Dans le domaine boursier, toutefois, ce type d'interrogation est le plus fréquent puisque la constatation de l'erreur est immédiate de par son coût. Quoi qu'il en soit, le calcul réel de la perte ou du regret requiert de connaître la dimension de l'erreur de prévision, ce qui n'est évidemment possible que lorsque les prévisions sont vérifiables et que les données relatives aux réalisations sont disponibles.

Dans le cas d'assertions probabilistes, on peut minimiser l'espérance mathématique de pertes dues à ces erreurs (le *risque*) avant de connaître les valeurs réelles qui sont l'objet de la prévision. Certaines formulations (dites *adaptatives*) expriment une telle relation entre le modèle d'extrapolation choisi et cette espérance mathématique a priori des erreurs.

6.2 Tableau de données

Soit une série de valeurs x_t faisant l'objet de la prévision et X_t leurs valeurs prévues, dont le Tableau **5** donne un petit exemple.

Tableau 5. Données prévisions - réalisations

Variables / Temps	x_t	X_t	R_t	P_t	$P_t - R_t$
0	40				
1	45	50	5	10	5
2	43	47	-2	2	4
3	39	36	-4	-7	-3
4	39	44	0	5	5
5	40	36	1	-3	-4
6	44	42	4	2	-2
7	51	48	7	4	-3
8	49	47	-2	-4	-2
9	47	46	-2	-3	-1
10	49	49	2	2	0
11	43	54	-6	5	11

La confrontation des différences premières ou des variations améliore le diagnostic, pour les raisons suivantes:

- Les séries originelles ont généralement un tel niveau et une telle inertie relative que la discrimination des écarts est peu apparente;
- Les qualités attendues du prévisionniste ne sont pas de constater l'inertie mais d'anticiper des changements. Ceux-ci sont de deux types:
  - Les *retournements*, marqués par un changement de signe de la différence seconde;
  - Les *variations*, rapports des différences premières au niveau (par exemple exprimés en % de variation).

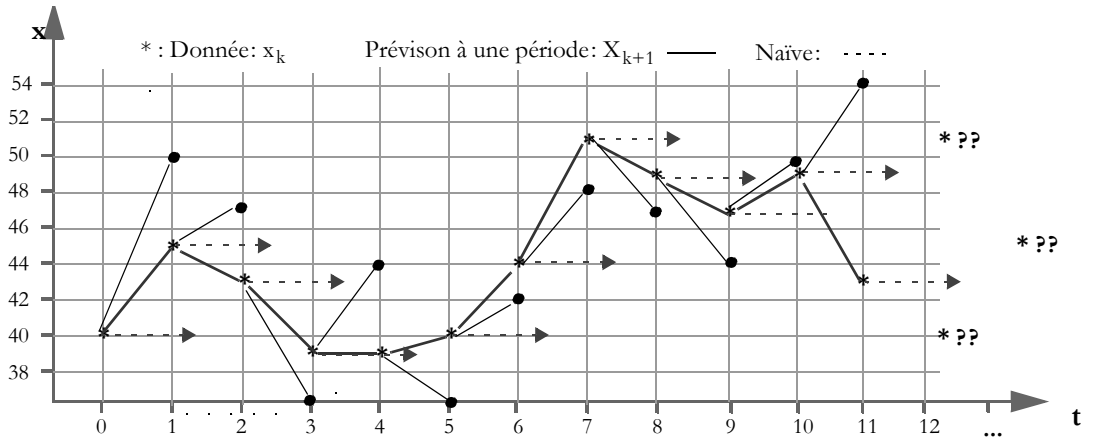
Aux fins d'analyse, le Tableau **5** donne aussi les "changements" (désignés respectivement par R_t pour les Réalisations, et P_t pour les Prévisions) et la dernière colonne du tableau montre la différence entre les changements prévus et réalisés.

6.3 Confrontations graphiques

6.3.1 Évolution des valeurs et projection à une période

Une première aide graphique, la Figure **22**, donne la représentation de l'évolution temporelle des deux séries "x_t" et "X_{t+h}". Un rajout utile de cette représentation est de faire reprendre chaque nouveau segment de prévision à la valeur précédemment réalisée. On peut dès lors comparer les comportements ponctuels des deux séries, en notant toutefois que ceci n'est dessiné que pour la projection à un horizon unitaire, alors que la vraie gageure est la projection à un horizon de plusieurs périodes.

Figure 22. Évolution et extrapolations "naïves"



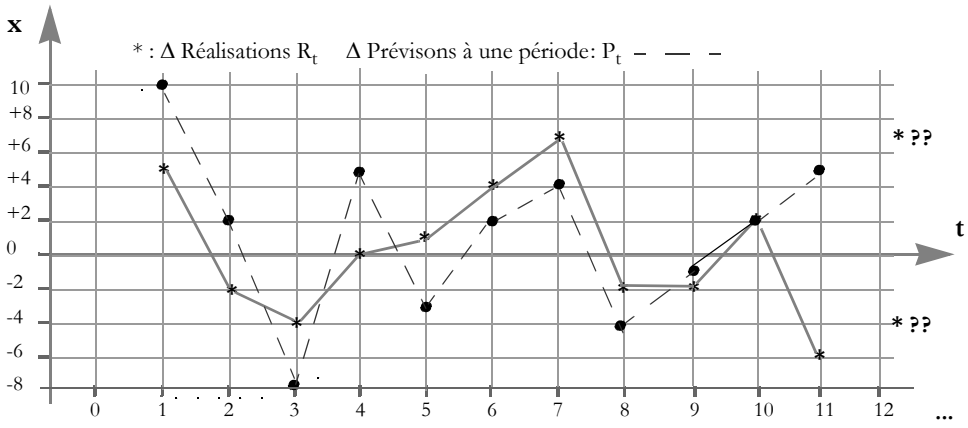
©CDB

6.3.2 Séquences prévues

Soit que la prévision soit exprimée par une séquence numérique, partant du temps initial, disons t=0. Il est toutefois rare qu'un modèle de projection soit capable techniquement d'exprimer de tels mouvements – c'est-à-dire des *morphes* – et non une *tendance*, sinon dans le cas de comportement multi-modal saisonnier. Manuellement, tout est faisable, bien sûr, mais on risque de sortir de la famille des "systèmes" de prévision.

Quoi qu'il en soit, la Figure **23** joint les segments joignant les valeurs prévues; de la sorte, les orientations de chaque période sont exprimées. Cette figure pourrait jouer un mauvais tour au prévisionniste (masculin: les femmes seraient beaucoup plus *prévoyantes*) si, mis bout-à-bout, les segments donnent une série qui "décroche", vers le haut ou vers le bas, du comportement des réalisations. Ce serait évidemment l'indice d'un comportement moyen impliquant un *biais de tendance*.

Figure 23. Morphes de changements



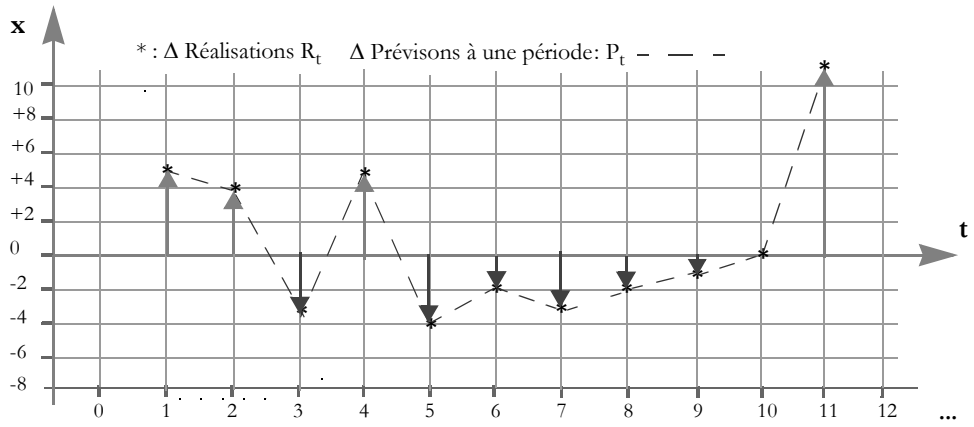
6.3.3 La séquence d'écarts

La lecture de la Figure **24** aide à diagnostiquer l'évolution des écarts (à une période ici, mais il n'y a pas d'objection à changer l'horizon).

On constate que jusqu'à la période 10 la prévision est globalement *non-biaisée*, en ce sens que la moyenne est quasi-stationnaire et proche de zéro. Sinon la série prévue "décrocherait", comme on l'a dit, de la série des observations. Toutefois, il y a cinq périodes de sous-estimation (5 à 9) et le grand écart de 11 remet tout en question.

Décidément, on aurait toujours besoin de l'observation suivante pour être à même de la prédire...

Figure 24. Séquence des écarts P-R



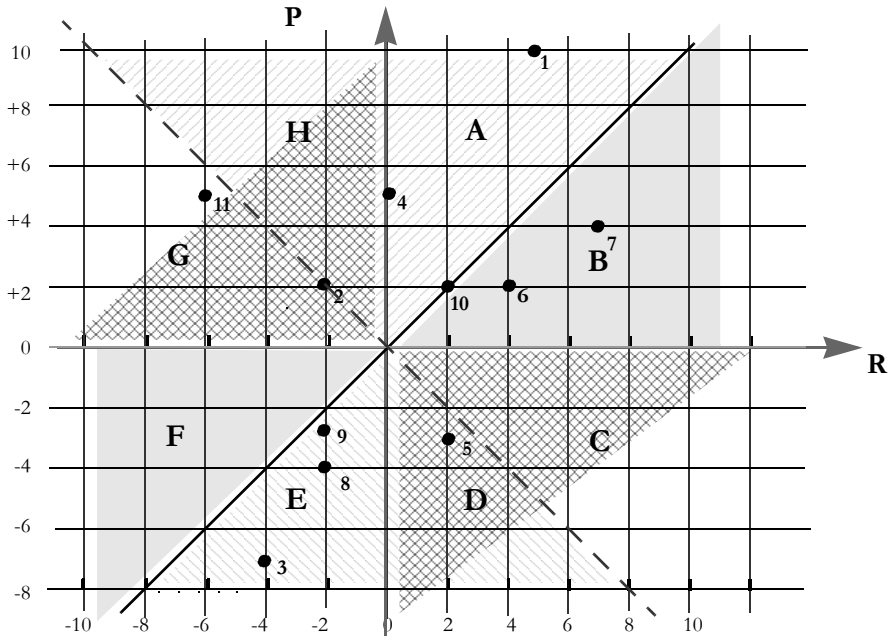
6.3.4 Les zones d'erreur

La Figure **25**, dont la version originelle se trouve dans l'ouvrage de H. THEIL (*op.cit.* en **6.4.2**), présente les points P_t et R_t (donc les différences premières) sur un graphique à deux axes de valeurs; on perd donc la dimension temporelle, mais on y gagne un diagnostic du comportement du prévisionniste par "zones" qui le typifie. La lecture en est la suivante:

- La bissectrice est la ligne des *prévisions parfaites*, puisque c'est le lieu géométrique des valeurs telles que P=R;
- Si P et R sont de même signe, on peut au moins dire que le *sens* du changement a été prévu correctement; ceci est le cas pour les deux quadrants principaux, (**A**, **B**) et (**E**, **F**) où se situent les couples 1, 3, 6, 7, 8, 9 et10;
- Tous les points situés sur l'axe R correspondent à des prévisions P=0, donc à une prévision "pas de changement": on prévoit la valeur prochaine comme étant la dernière valeur observée;
- Tout point situé dans les quadrants 2 et 4, où les signes sont opposés, correspondent à des erreurs de "retournement" (en anglais: "turning point errors") ce qui, du point de vue du service à rendre, est le plus grave. Ces erreurs peuvent être de deux types (selon le quadrant):
  - Les retournements non prévus (seul P est négatif);
  - Les retournements prévus mais non réalisés (seul R est négatif). De tels cas se présentent sur le tableau en t=2 et en t=5. Ce diagnostic demande de lire le sens de changement de la période précédente, pour voir s'il y a ou non un retournement, alors que les graphiques ne montrent que les correspondances de signe. Ce comportement est par contre très visible sur le graphique de la Figure **24** où le temps est porté en abscisse et les segments de changements successifs en ordonnée.

©CDB

Figure 25. Les zones d'erreurs de prévisions



- Le lieu géométrique des points tels que $P_t > R_t$ est celui des *sur-estimations* de changements. Ce sont les deux quadrants "nord" (**H** et **A**) situant le comportement du prévisionniste trop audacieux;
- Le lieu de $P_t<R_t$ correspond aux *sous-estimations*, les quadrants "sud" (**D** et **E**) où le prévisionniste est trop prudent. On pourrait d'ailleurs songer, si un tel comportement est psychique, à corriger un tel prévisionniste.

6.4 Confrontation numérique

6.4.1 La régression simple

Soit u_t une composante stochastique attribuée aux réalisations; un critère fondé sur la régression linéaire entre les deux variables peut s'écrire:

(a) $P_t = b_0 + b_1 R_t + u_t$

Ce critère donne une indication sur la correction de niveau (b_0), et b_1 indique l'amplitude, à comparer respectivement à 0 et à 1 évidemment. Ce n'est toutefois pas satisfaisant, car si le coefficient de corrélation associé à la régression (b_1) valait 1, il n'indiquerait pas une prévision parfaite, mais seulement une relation linéaire sans résidu. Ainsi, si la moyenne de R était 0, alors, celle de P, dans (a) serait b_0; sinon le biais moyen serait :

$$\bar{P} - \bar{R} = b_0 + (b_1 - 1) \cdot \bar{R}$$

6.4.2 Le coefficient d'inégalité de H.THEIL

L'ouvrage de H. THEIL *Applied Economic Forecasting*, North Holland, 1966, est qualifié de"Hihly technical, for econometricians only" par THOMAS MILNE, dans son *Business forecasting* (Longman, 1975) qui en revanche ne l'est vraiment pas du tout. Voilà qui met à l'honneur la confrérie économétrique, laquelle mérite donc un hommage ici.

Mécontent de cette corrélation, H. THEIL a dans cet ouvrage proposé un *coefficient d'inégalité*, désigné par "U" (pour "Unequality", I presume, puisque l'auteur est hollandais). Il l'a complété par une décomposition qui quantifie certains types d'erreurs de prévisions commises sur une séquence numérique lorsque les valeurs prévues et réalisées peuvent être confrontées de façon légitime. Ceci impose donc que la prévision soit, par définition, vérifiable.

Ces mots aimables étants dits, la raison pour laquelle on le remet au goût du jour est quelque confraternité avec les morphions belges et les bougies japonaises. En effet, le coefficient d'égalité U, et surtout ses "décomposantes", spécifient le taux d'erreur de *niveau*, d'*amplitude* et de *covariation*, ce qui rappelle bien sûr les formes prédictives décrites à la section **5.2**.

Le coefficient d'inégalité sera exprimé ici en différences premières (donc "P_t" et "R_t") et les trois variantes seront commentées.

a Variante 1

La variante 1 est l'erreur quadratique (le "Root Mean Square") normée:

$$(1) \qquad U_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t (P_t - R_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t P_t^2} + \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t R_t^2}} = \frac{N}{D_1}$$

b Variante 2

Soit $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ la valeur standardisée de l'erreur de prévision, c'est-à-dire:

$$\boldsymbol{\varepsilon}_t = \frac{P_t - R_t}{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t R_t^2}}$$

Ceci fournit la seconde variante du coefficient d'inégalité:

$$(2) \qquad U_2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t (P_t - R_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t R_t^2}} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum \boldsymbol{\varepsilon}_t^2} = \frac{N}{D_2}$$

U_2 est donc la variance "empirique" des erreurs standardisées dans l'hypothèse d'un modèle de prévision sans biais (c'est-à-dire que l'espérance de $E[\boldsymbol{\varepsilon}] = 0$).

©CDB

c Variante 3

La variante 3 présente une norme d'un ordre de grandeur différent au dénominateur:

$$(3) \qquad U_2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t (P_t - R_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t (R_t - R_{t-1})^2}} = \frac{N}{D_3}$$

6.4.3 Comparaison des coefficients

a Points communs

- Le dénominateur est toujours positif car le fait que $D_i=0$ signifierait une absence totale de variations, ce qui est sans intérêt;
- Si $N=0$, alors $U_i=0$, ce qui implique pour les trois variantes que $P_t=R_t$ pour tout t, c'est-à-dire une prévision parfaite. Évidemment, plus N est grand, plus le coefficient est élevé, puisqu'il a la moyenne des écarts au numérateur;
- Pour un modèle sans biais, le numérateur de U est l'écart-type empirique des écarts entre les prévisions et les réalisations, mais on verra plus loin que ce n'est pas un estimateur sans biais de l'erreur de prévision;
- Si le niveau de R_t reste raisonnablement stationnaire, la prévision se détériore lorsque le numérateur augmente; celui-ci n'a théoriquement pas de limite supérieure;
- Le critère du carré moyen de l'erreur (et donc les coefficients U) ne fait pas de distinction quant aux signes des erreurs, ce qui remet en cause la norme quadratique utilisée ici.

b La variante U_1

Le coefficient U_1 est borné par la valeur 1: il ne peut donc traduire une performance inférieure à celle du naïf "pas de changement". En effet, comme $-1 \geq U_1 \geq 1$:

- Soit $P_t=0$ pour tout t (ce qui est une prévision "pas de changement"), et $R_t>0$ pour au moins un t;
- Soit $R_t=0$ pour tout t, et au moins un P est différent de 0 – ce qui est tout bêtement la prévision d'une constante;
- Soit $P_t=-R_t$ pour tout t (il n'y a que des erreurs de retournement, de valeurs opposées).

Cette première variante du coefficient attribue donc la même performance aux cas de prévisions "pas de changement", prévision d'une série constante, et changements opposés.

De plus, U_1 n'apprend rien sur l'importance relative des erreurs de prévision; par exemple: $U_1=0{,}30$ ne veut nullement dire 30% d'erreur. Ces défauts conduisent à ne pas préférer cette variante.

c La variante U_2

- Le coefficient U_2 multiplié par 100 donne le pourcentage d'erreur exprimé par rapport à la valeur des observations normée etcentrée sur l'origine;
- La valeur U_2=1 (100%) signifie que l'erreur de prévision est de même ordre de grandeur que celui des observations, ou correspond à la prévision continuelle "pas de changement" si on l'exprime sur les différences;
- Selon U_2, on peut faire pire que prévoir en utilisant toujours la dernière valeur observée (extrapolation "naïve), ou de se tromper chaque fois de signe. En effet, U_2>1 implique une erreur de prévision "moyenne" supérieure à l'ordre de grandeur des observations – ou leur différence première selon la formulation.

d La variante U_3

Si U_3=1, le prévisionniste ne fait pas mieux que d'utiliser R_{t-1} pour prévoir R_t. Il peut faire pire puisque U_3 peut dépasser 1.

6.4.4 Décomposition du coefficient d'inégalité de THEIL (*op. cit*).

Le dénominateur des coefficients U sert à définir l'unité de mesure, mais c'est le numérateur (N) qui indique l'importance de l'erreur, étant son "RMS", c'est-à-dire le fameux "Root Mean Square". Il est intéressant de décomposer le carré de ce numérateur en trois termes, dont chacun concerne un type d'erreur de prévision spécifique. H. THEIL propose la décomposition suivante de N^2:

Soient S_P et S_R les écarts types respectifs (résumant l'amplitude des variations), et r le coefficient de corrélation de PEARSON entre P et R. La décomposition est:

$$\text{(b)} \qquad N^2 = \frac{1}{T}\cdot\sum(P_t - R_t)^2 = (\bar{P} - \bar{R})^2 + (S_R - S_R)^2 + 2(1-r)S_P S_R$$

Soit symboliquement: $U_M+U_S+U_C$; la démonstration en est si facile que même DE BRUYN a pu la faire (cours de *Méthodes Quantitatives*, ULg, 1969-2003). Dans (b) on constate que:

- Le premier terme est nul s'il y a égalité des moyennes; si ce n'est pas le cas, il y a erreur dite de *tendance centrale*;
- Le deuxième terme, impliquant la différence des écarts-types, montre l'erreur de dispersion, donc de différence entre les ampleurs des variations: c'est l'erreur d'*amplitude*;
- Le troisième terme est nul si r=1, ou encore si la *covariance* des prévisions et réalisations, $r.S_P.S_R$, est maximale, c'est-à-dire vaut le produit des écarts-types S_PS_R. Dès lors, les erreurs de prévision qui conduisent à une valeur positive du troisième terme sont dues à la *covariation* incomplète;

Numériquement, soit la ~~putréfaction~~ décomposition:

$$10{,}1 = 0{,}250 + 2{,}168 + 7{,}682$$

Dans ce cas, l'erreur de covariation incomplète (erreurs de signes) serait dominante (7,682) tandis que l'erreur de tendance centrale est négligeable.

©CDB

6.4.5 Les proportions d'inégalité

Pour obtenir enfin une vision *relative* de cette composition, il suffit de diviser chacun des termes par leur somme N^2. Ce sont alors les *proportions* d'inégalité, respectivement la proportion de *biais*, la proportion de *variance* (parlant de l'amplitude) et la proportion de *covariance*. Dans ce cas, il est évident que:

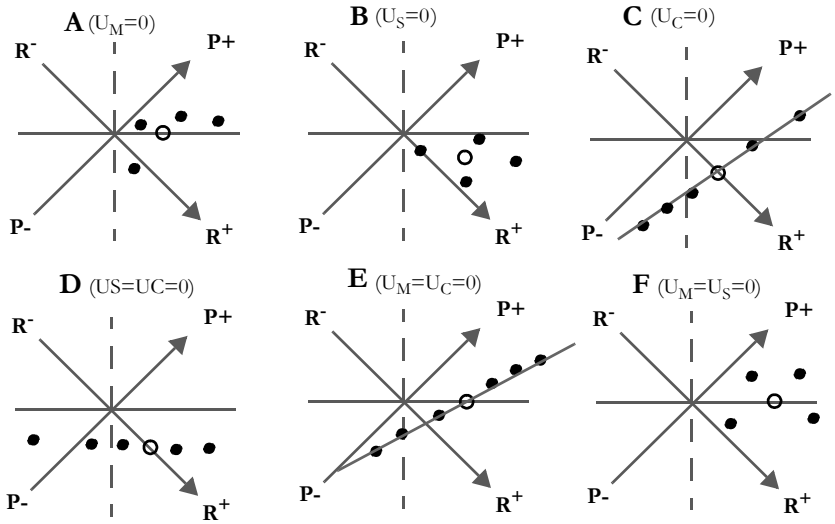
$U_M+U_S+U_C = 1$ (mais il est indéterminé si $P_t = R_t$ pour tout t)

Dans l'exemple cité:

$U_M = 0{,}025, \quad U_S = 0{,}215, \quad U_C = 0{,}761$

La Figure **26** présente 6 graphiques didactiques montrant diverses proportions d'inégalités des prévisions-réalisations.

Figure 26. Schémas-types des proportions d'inégalité



La Figure **26** se lit comme suit:

- Sur les trois premiers graphiques, une des proportions est nulle;
  - Dans (A), on a $U_M=0$, parce que le centre de gravité des points qui y sont portés (représenté par un petit cercle) repose sur la ligne des prévisions parfaites;
  - Dans (B), $U_S=0$ parce que les prévisions et réalisations ont le même écart-type;
  - Dans (C), $U_C=0$ parce que le coefficient de corrélation vaut 1 - ce qui implique une relation linéaire parfaite entre les prévisions et les réalisations.

Dans le second groupe, deux des proportions sont nulles, de sorte que les erreurs de prévision peuvent être attribuées à une source seulement. Par exemple, dans (F) les points sont distribués de façon quasi-aléatoire autour de la ligne des prévisions parfaites.

De façon générale:

- Le biais de *niveau* U_M est évidemment grave, mais l'observateur attentif peut le repérer et envisager son explication et donc son amélioration;
- La composante de *variance* appelle la précaution suivante: si les prévisions sont faites par extrapolation, par exemple en utilisant un modèle de lissage et projection, n'oublions pas que la série extrapolée - lissée - ne projette pas la composante irrégulière et dans ce cas il y a une raison "automatique" d'avoir une inégalité de variance entre cette projection et les réalisations au temps t+h, à savoir x_{t+h}, qui elles, comprennent cette composante; ce rapport entre les variances est d'ailleurs connu pour certains modèles d'extrapolation.

  Pour respecter les ordres de grandeur des variances, il faudrait confronter une extrapolation lissée avec les valeurs lissées des réalisations, ce qui comprend un "biais instrumental" (la même procédure est utilisée pour l'élaboration et la validation) mais donne un réalisme à la notion de prévision de ce qu'on appelle la *tonalité*;
- L'erreur de *covariance*, U_M, rend pessimiste, car elle est souvent due à une incapacité ou impossibilité de prévoir les sens de changements, donc d'appréhender des facteurs de retournements. Toutefois, si c'est dû à un mauvais choix de modèle, par exemple ne pas faire intervenir des composantes périodiques, ce diagnostic est utile pour en guider l'amélioration.

6.4.6 Modèle triangulaire de la décomposition

On peut présenter la décomposition dans un triangle équilatéral représentant le lieu de toutes les compositions possibles contraintes par les relations suivantes:

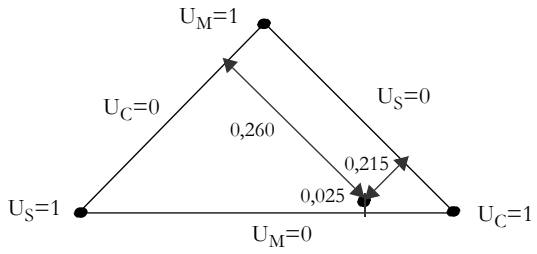
$$U_M + U_S + U_C = 1$$

$$U_M , U_S , U_C , \geq 0$$

Les sommets de ce triangle correspondent à une composante unitaire, les autres étant nulles, et un point intérieur correspond à l'absence de composante nulle. Le graphique de la Figure **27** montre la situation du point de la performance prévisionnelle de l'exemple numérique cité ci-dessus, à savoir:

$U_M = 0{,}025$; $U_S = 0{,}215$; $U_C = 0{,}761$.

Figure 27. Triangle des proportions d'inégalité



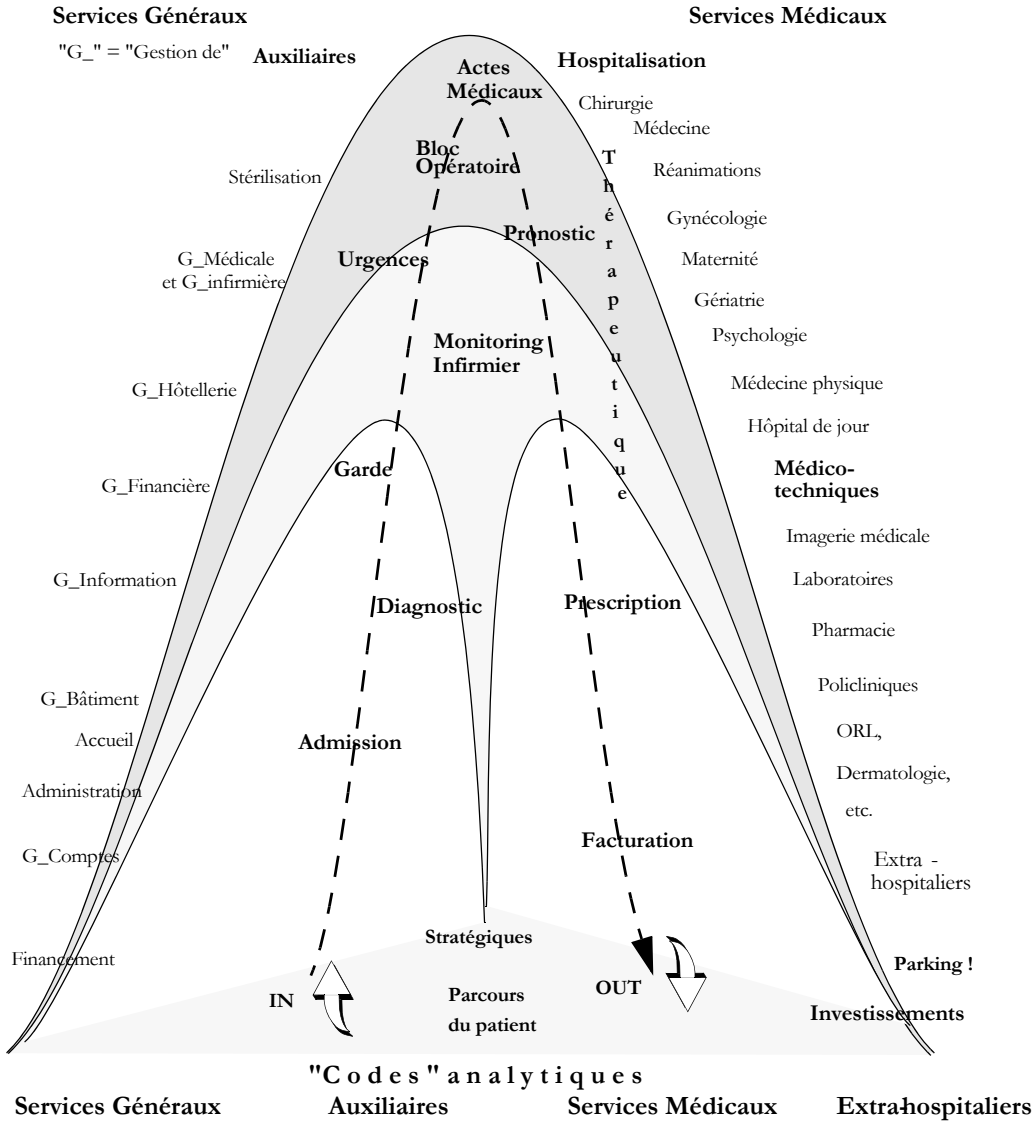
©CDB

7 Un modèle de processus réel: la visite d'un hôpital

7.1 Le papatte dans un hôpital

Le parcours du patient dans un hôpital (dit le "papatte") est un processus décrivant la tranche d'histoire hospitalière d'un patient-type; il est initié à la fin de l'exposé «La Systémographie», précisément à la section **7.4**, en tant que "Modèle graphique des secteurs hospitaliers". Il présentait sous une élégante coupole les centres d'activités qui correspondent à la suite des codes analytiques d'un hôpital belge. Pour avoir sous les yeux une référence commode, ce schéma est repris ici, mais concentré, en tant que Figure **28**.

Figure 28. Rappel du schéma général du processus hospitalier



Le patient chemine donc sur ce processus "global"; le Tableau **6** en reprend à présent tous les événements en séquence, en y associant chaque fois des questions très intelligentes pour satisfaire les petit(e)s curieux(ses?).

Ce tableau donne donc explicitement le "processus", et peut servir de base à la construction de la majeure partir de l'information hospitalière – ce qui n'a été fait que dans deux hôpitaux, à savoir ceux qui ont vu ce tableau et ce schéma .

Cette correspondance sera utilisée ensuite dans l'évaluation de la qualité, qui est elle aussi fondée sur ce parcours.

Tableau 6. Parcours du Patient d'un hôpital et questions associées

Centre d'activité et Agent	Thèmes	Parcours du Patient Thèmes + actions	Questions	Sources de données
	Identification	Source Genre Âge Origine Statut Social Statut administratif	Qui? D'où? Féminin, masculin? Catégorie? Adressé par? Écon.faible? Assurable?	
	Description	Type d'admission Urgence Transfert interne Récurrence Motif initial	Est quel cas? Via quel? Qui n'en veut plus? Revient déjà? Pourquoi?	
	Anamnèse	Antécédents Statut médical Dossier médical Dossier infirmier	Quelle génétique? A eu quoi? On l'a retrouvé?	
	Diagnostic	Consultation Tests Analyses Symptômes déficitaires Nb de Systèmes physiologiques atteints	Quoi? Aurait quoi? Pronostic ?	
	Séjour	Choix du séjour Via Policlinique Techniques Médicales Spécialité, Service Médecin Mode de séjour Choix Assist. morale	Qui décide? Par quelle voie? Où? Quel? Chez qui? Avec quelle aide?	
	Pathologie	Diagnostic Principal Diagnostics secondaires Maladies contagieuses	Raison du séjour? À quoi d'autre? Est contagieux?	
	Thérapeutique	Procédures médicales Intervention Techniques à Risque Médication	Par quelles? Quelle procédure? Avec quelles?	

©CDB

Centre d'activité et Agent	Thèmes	Parcours du Patient Thèmes + actions	Questions	Sources de données
	Séjour	Processus de soin Durée de séjour Durée exceptionnelle Transfert interne Monitoring Infirmier Accompagnement	Est bien? Dans quelles conditions? Reste longtemps?	
	Réponse	Taux de revalidation Réadaptation Complications Effets iatrogènes	Va mieux? Autonome? A attrapé quoi ici?	
	État à la sortie	Résultat Nouveau statut médical Taux de succès	Se porte bien? Guérit bien? Réussi?	
	Destination	Type de sortie Fiche d'évaluation Retour à domicile	Vers où? Qu'en pense-t-il? Est pris en charge?	
	Transfert	Transfert externe Transfert interne	Maison de repos? S. Psychologie?	
	Suivi	Suivi ultérieur Dossier de décharge	Reste en contact?	

7.2 Les saisies d'information

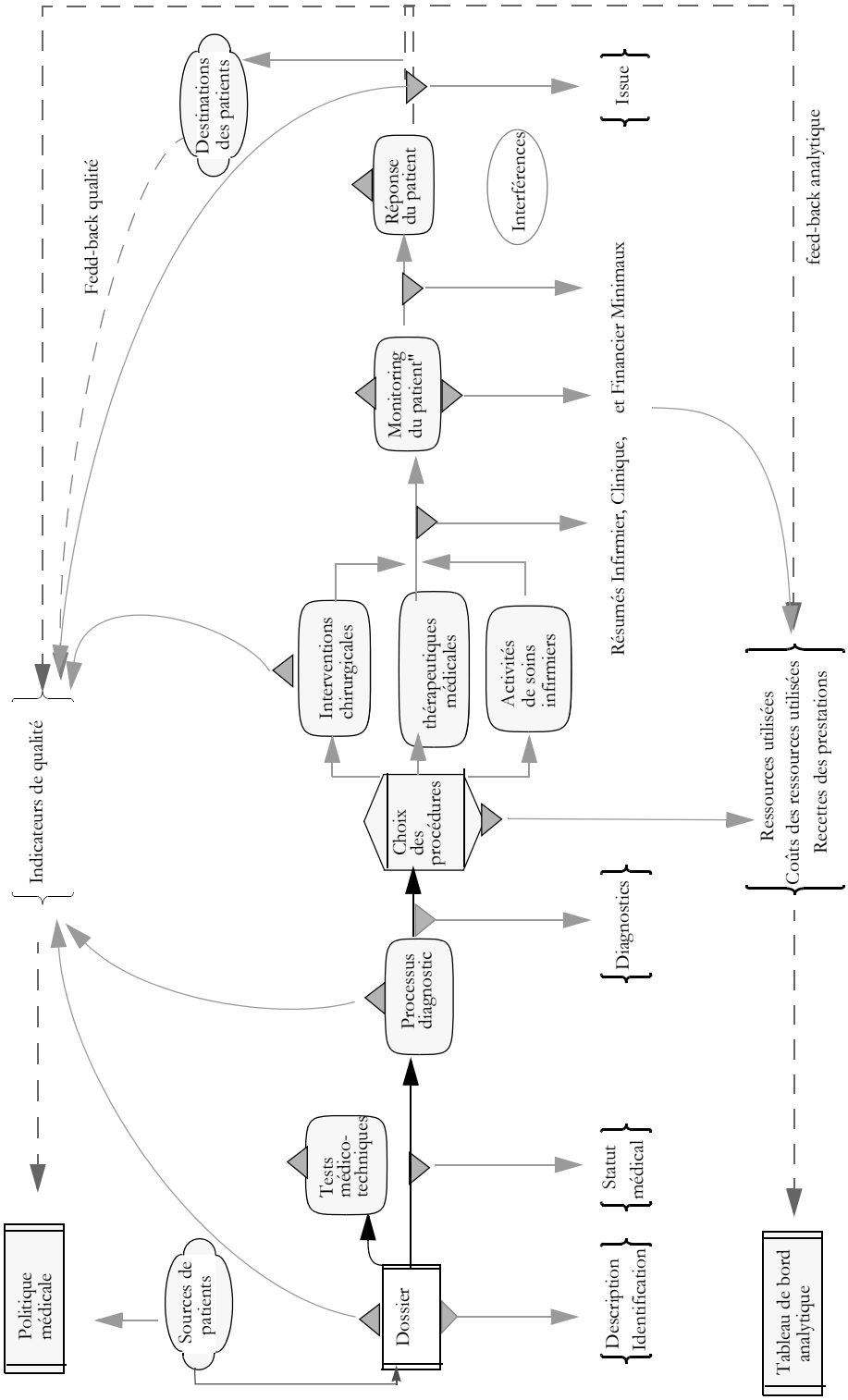
La Figure **29** reprend le processus en tant que générateur des événements. Ses capteurs d'information (par exemple des terminaux dans des salles, ou des appareils de surveillance) deviennent, dans une mise en œuvre informatique, les moyens de saisir et transmettre les données de gestion médicale, infirmière et administrative (et donner lieu à facturation). Via ces capteurs et des collections d'informations qui en sont issues, il est alors organisateur de l'information médicale et celle des soins infirmiers.

La spécification des collections d'informations associées est toutefois allégée sur cette Figure **29**, mais est reprise avec tous les égards dus aux Lecteurs dans l'exposé sur «Les Processus et synthèses d'information de gestion».

Ce processus sert de support au thème de l'*évaluation* (appréciative et qualitative); il formera aussi la liste des thèmes des enquêtes, des analyses *appréciatives* et des analyses de la qualité dans l'exposé sur «L'Évaluation hospitalière». En tant que "business process" fondamental, il est le support de l'organisation de l'information selon la liste des thèmes de la gestion médicale, la liste des thèmes de la gestion des soins infirmiers et celle des thèmes de toutes les enquêtes et analyses appréciatives.

Ces aspects sont repris dans les exposés sur «L'Évaluation hospitalière», et «Entrevue avec l'information».

Figure 29. Le Parcours du patient dans un hôpital et ses saisies d'information



©CDB

8 Les voies des modèles de processus

8.1 Le baiser chinois

Le silence agressif des Lecteurs en dit long sur le succès de ces descriptions de processus. Évidemment, décrire une femme n'est pas la séduire, et son feed-back ne peut être que postérieur au signal reçu.

C'est hélas ce qui se passe souvent en sciences trans-humaines, où l'on s'estime vite content en pensant que la *description* de l'objet suffit pour son *analyse*, alors qu'elle n'est qu'une phase, normalement initiale, de l'investigation. Cette dernière demande en outre une *évaluation* et des propositions, s'il y a lieu, d'une *intervention* sur cet objet.

En exploitant plusieurs types de représentations offerts en systémographie, la description a ici suivi pour guide la complexité croissante, en ce sens qu'elle a intégré successivement les facteurs statiques, par les configurations passives, puis le facteur dynamique en introduisant les processus. L'analyse, puis le contrôle des processus sous consigne, sont confiés aux exposés spécifiques qui portent ces titres.

Les configurations *statiques* ont été construites en définissant d'abord correctement l'objet concerné, à savoir les entités et les relations qui le composent; la description verbale s'en est occupé, et cette précision du verbe aide aussi à obtenir une suffisante monosémie des représentations. Ensuite, comme pour la mode italienne, la simplicité et l'élégance naturelles des Lectrices, comme celles des Vestales de Florence, prennent le relais.

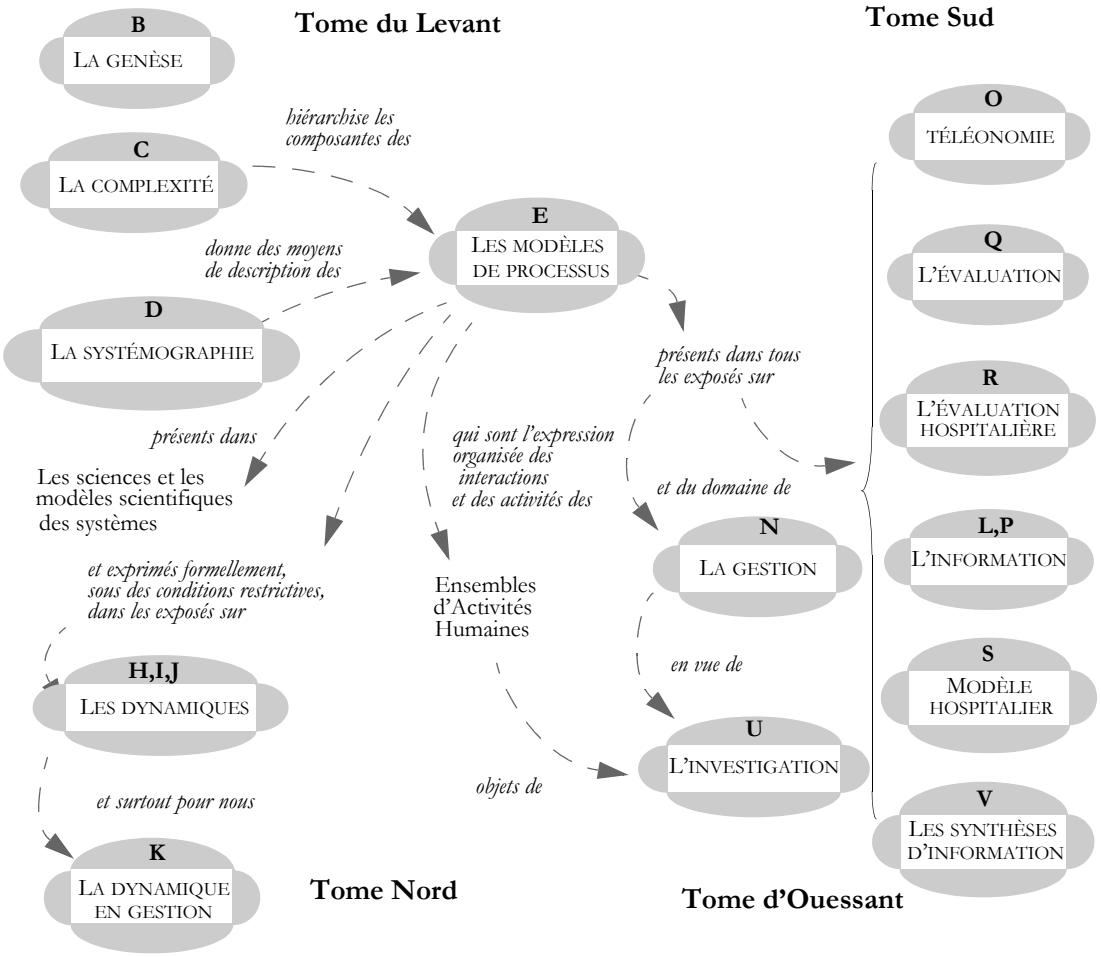
Mais le passage difficile en description graphique est celui du *temps*, et dès lors celui du *processus* activé, actif, qui fait quelque chose, ou le subit. Plus complexe encore à représenter est le facteur de contrôle, où l'objet se voit confier une consigne et doit alors ahaner dans une vaine poursuite d'une cible qui se défile en sentant sur soi l'haleine des processus qui la poursuivent.

Dessiner que le temps passe de gauche à droite n'est pas une solution, bien que l'œil ait été gravement biaisé par cette pratique honteuse. En systémique, le temps n'est pas une variable "cartésienne" au sens de la géométrie et ne se prête pas à figurer sur un tel axe. Il n'est d'ailleurs que de suivre ce temps dans les exposés sur la dynamique, et surtout dans le problème de l'*évolution* des EAH, pour s'y sentir dans un *champ de tension*.

Alors qu'on croit le dominer, on sera effaré de sentir le temps, dopé depuis sa naissance, nous dépasser sans un regard en arrière.

8.2 Le nauticiel de la description de processus

Figure 30. Nauticiel des exposés issus de la description de processus



©CDB

9 Document E: C'est la vie!

Ce document E rend hommage à JOËL DE ROSNAY qui, dans son ouvrage *Les origines de la vie* (Seuil, Paris, 1966) a su apporter un superbe et... vivant exemple de processus illustrant cet exposé. Comme c'est une illustration invitée, et non une contribution de ces exposés, les arguments sont rédigés ici d'après la même source. Ce processus fondamental de la vie est reproduit ici par trois figures issues de l'auteur cité, dont on dit juste assez ici pour donner envie de la consulter.

- La première figure, **31**, redessinée depuis celle de la page 49 de l'ouvrage, résume le principe des deux étapes essentielles, à savoir la *photosynthèse* et la *respiration*.

- Les Figures **32** (p.57) et **33** sont un processus imagé du chloroplaste. Il effectue la transformation de l'énergie lumineuse du soleil en énergie chimique, la *photosynthèse*. Celle-ci procède à partir de gaz carbonique, d'eau et d'énergie et, via les cellules végétales et leur chlorophylle, fournit du glucose et rejette (merci) de l'oxygène. Facile: il suffit de se saisir de l'énergie électromagnétique des photons et de la mettre en réserve dans les liaisons chimiques du glucose.

  On notera sur cette figure l'usage des transpositions d'un domaine à l'autre, typiquement ici l'exploitation des représentations du domaine "mécanique" dans le domaine "organique" et ce, avec un sens didactique qui prévaut d'ailleurs dans tout l'ouvrage. Les électrons, eux, y sont en revanche des petits foetus de schtroumpfs, ou des têtards d'ectoplasmes, on ne sait trop bien. Ce qui est certain, c'est qu'ils montrent fort bien comment ils accomplissent leur boulot.

- La troisième figure (**34**) est celle de la page 60 de la source, avec en apparence une chasse de toilette dont le réservoir contient des ions d'hydrogène (ce qui est parfaitement hygiénique et stérile) – et sans doute un clin d'oeil de DE ROSNAY. Quoi qu'il en soit, le vrai travail bien illustré est de recharger les molécules d'*A*dénosine *DiP*hosphate (A*DP*) en *T*riphosphate (A*TP*), en utilisant donc l'énergie solaire. Cette ATP est capable de décharger son énergie très rapidement (c'est une sorte de petite bombe) et est donc la réserve d'énergie organique universelle.

Tout en remerciant le fournisseur (DE ROSNAY), on commence à effleurer aussi des relations entre l'énergie, la matière et l'information, que l'on retrouvera avec impatience et bonne humeur dans l'exposé sur « L'Information et sa thermodynamique».

Figure 31. «La circulation de l'énergie dans le monde vivant»

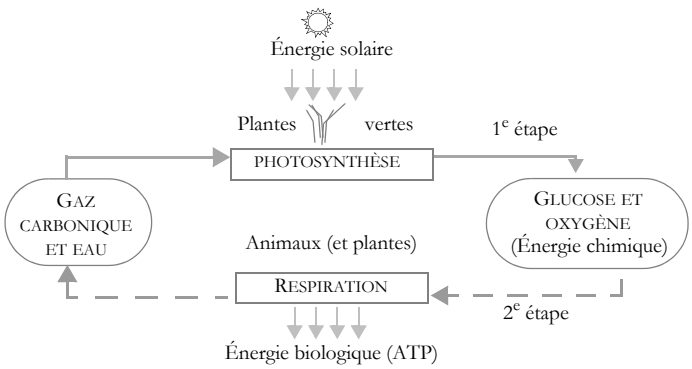
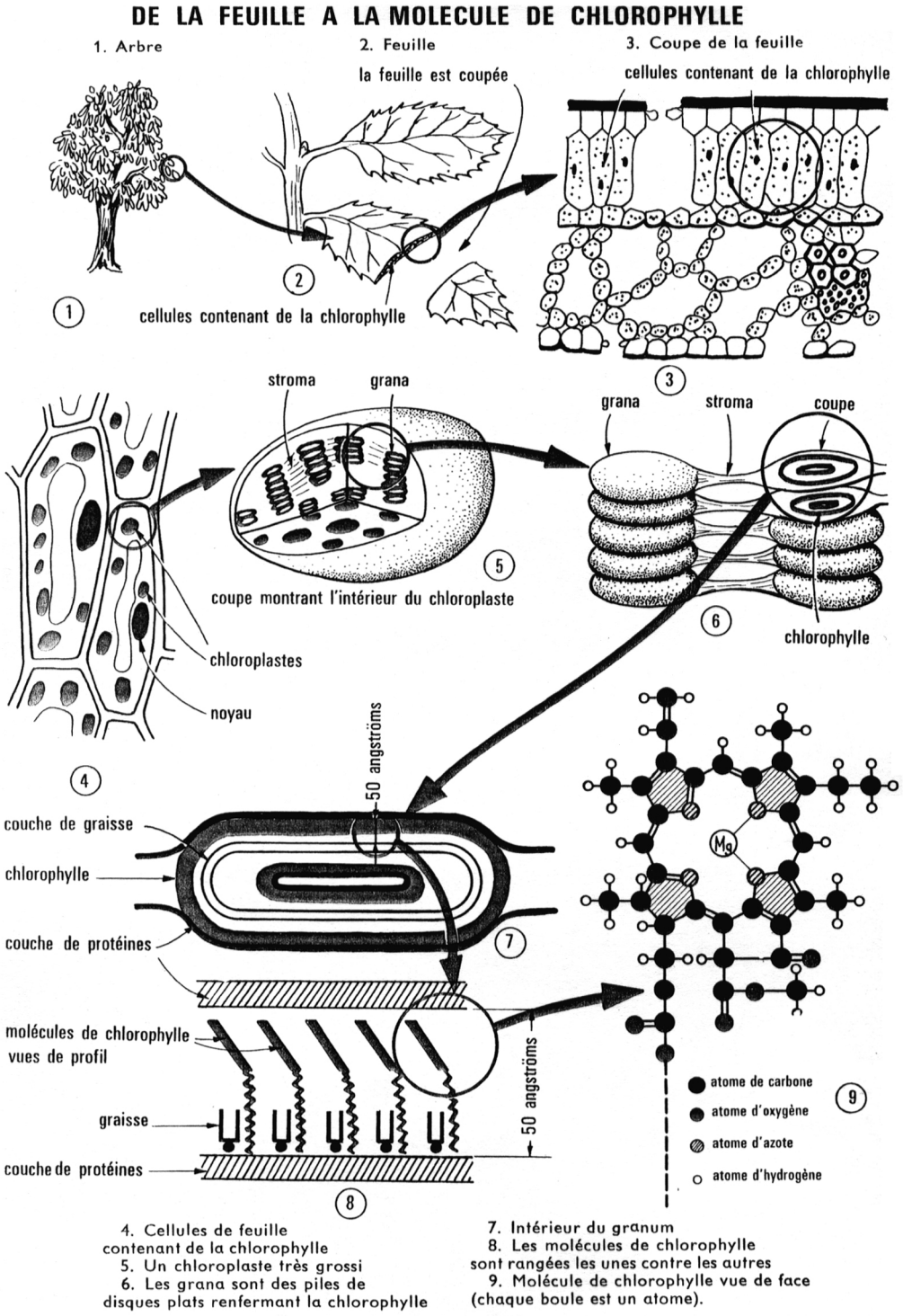
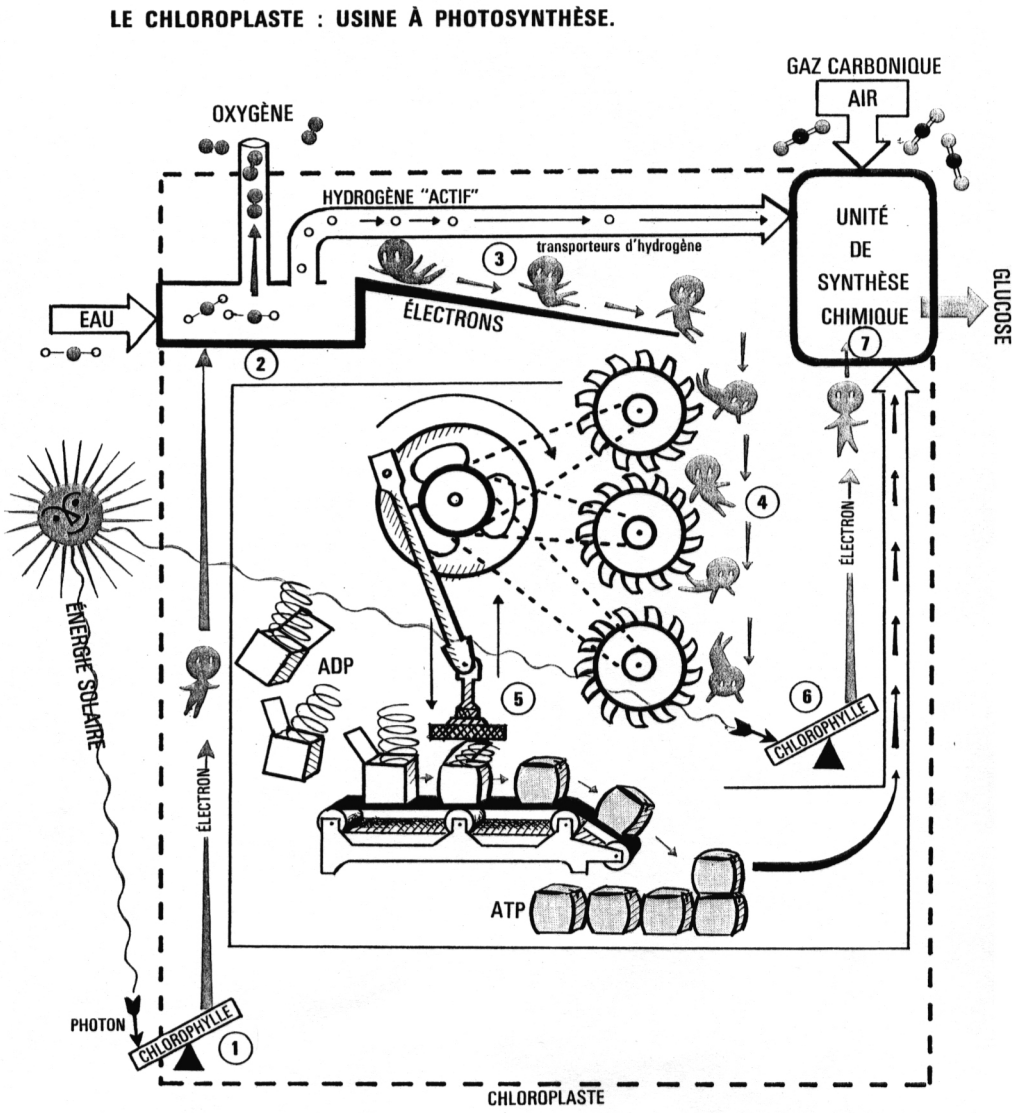


Figure 32. Dur de la feuille!



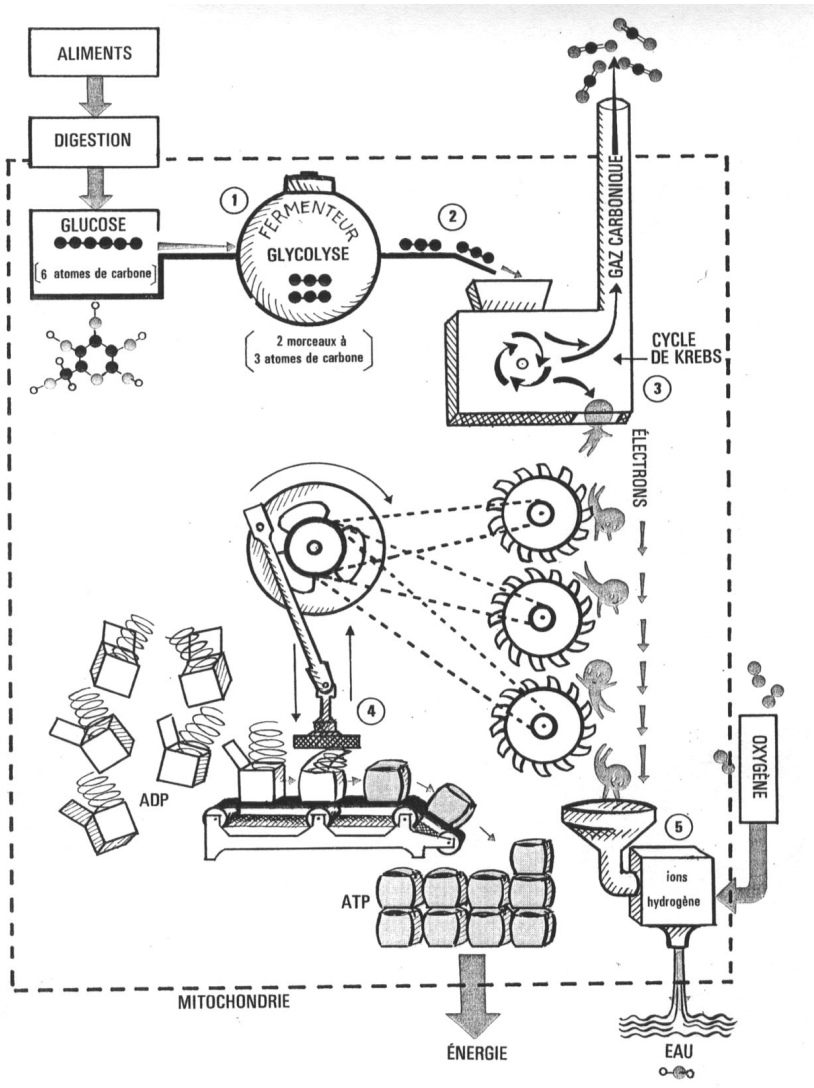
©CDB

Figure 33. Phase 1: On respire!



Sous l'effet des photons solaires, les électrons de la chlorophylle sont portés à un niveau énergétique élevé (1). L'énergie de ces électrons excités sert, probablement, dans un premier temps, à couper en deux la molécule d'eau (2). Résultat : de l'oxygène gazeux se dégage dans l'atmosphère. Des électrons et de l'hydrogène « actif » sont collectés par des transporteurs chimiques (3).
Le flux des électrons cascadant vers un niveau énergétique plus bas, abandonne graduellement son énergie à une chaîne de transporteurs d'électrons (figurés par les roues à aube) (4). Cette énergie sert à actionner la machine à recharger l'ADP et ATP (par l'intermédiaire du piston et du tapis roulant, évidemment imaginaires) (5).
Enfin, les électrons excités à nouveau – probablement par l'intermédiaire d'une autre molécule de chlorophylle (6) – sont utilisés avec les hydrogènes « actifs » et de l'ATP, dans l'unité de synthèse chimique (7). Ils servent à attacher les éléments de construction provenant du gaz carbonique pour former la molécule de glucose.

Figure 34. Phase 2: la fermentation (*op. cit.* p. 60)



LA MITOCHONDRIE : CENTRALE ÉNERGÉTIQUE DE LA CELLULE.

©CDB