

**Revue Internationale de**

ISSN 0980-1472

**systemique**

SYSTÈMES HIÉRARCHIQUES ET COMPLEXITÉ

Vol. 5, N° **1**, 1991

**afcet**

**Dunod**

**AFSCET**

**Revue Internationale de**  
**systemique**

**Revue**  
**Internationale**  
**de Sytémique**

volume 05, numéro 1, pages 71 - 76, 1991

Une typologie des hiérarchies

Bernard Walliser

Numérisation Afscet, janvier 2016.



Creative Commons

## UNE TYPOLOGIE DES HIÉRARCHIES

B. WALLISER

École Nationale des Ponts-et-Chaussées-C.E.R.A.S. <sup>1</sup>

---

### Résumé

Si les hiérarchies partagent une forme arborescente, on peut en distinguer quatre types fondés respectivement sur un critère de classification qualitative, d'emboîtement structurel, de régulation fonctionnelle et de succession génétique. Ces catégories sont illustrées par des systèmes naturels, technico-sociaux ou conceptuels, examinées dans leurs rapports de complémentarité-substituabilité et étudiées quant à leurs propriétés d'organisation, de fonctionnement et d'évolution.

### Abstract

If all hierarchies share an arborescent form, one can distinguish four different types grounded respectively on qualitative taxonomy, structural nesting, functional control and genetic succession. These categories are illustrated by natural, socio-technical or conceptual systems, examined as for their complementarity-substituability links and studied as to their organization, functioning and evolution properties.

La notion de hiérarchie renvoie à l'image d'une structure arborescente où plusieurs objets ont des relations « verticales » orientées avec un objet de niveau supérieur, plusieurs de ces objets de niveau supérieur étant reliés à leur tour à un objet encore supérieur. Elle s'oppose à l'image d'une structure réticulaire où des objets ont des relations « horizontales » entre eux, très enchevêtrées et faisant apparaître des boucles, si bien qu'il n'existe pas de préséance visible entre ces objets. Cependant, même dans une hiérarchie, les objets reliés à un objet d'ordre supérieur peuvent avoir des relations directes entre eux, la nature ou l'intensité de ces relations contribuant parfois à définir les niveaux successifs. Toujours dans une hiérarchie, les objets reliés à un

1. 28, rue des Saints-Pères, 75007 Paris.

objet d'ordre supérieur peuvent être à la fois ascendantes et descendantes, bien qu'elles soient alors différentes dans leur nature ou asymétriques dans leur intensité.

Les hiérarchies ont naturellement frappé par leurs caractères analogiques, ce qui a conduit à dégager des principes généraux rendant compte de leurs modes de fonctionnement ou justifiant leur existence même. Elles ont fait l'objet de jugements normatifs, tantôt pour célébrer leur simplicité et leur efficacité dans la maîtrise de la complexité, tantôt pour regretter leur rigidité et leur coercition dans le contrôle social. Mais les hiérarchies présentent aussi des différences sensibles, même si l'on en exclut les structures purement verticales (objets distingués selon une dimension unique) ou purement horizontales (objets regroupés en un ensemble unique). Aussi va-t-on d'abord construire une typologie des hiérarchies illustrée d'exemples concrets, examiner ensuite les rapports de complémentarité-substituabilité entre les types précédents, étudier enfin les propriétés d'organisation, de fonctionnement et d'évolution de chacun.

### 1. Les types de hiérarchies

Les hiérarchies peuvent être différenciées en quatre types fondamentaux :

- dans les « hiérarchies qualitatives », plusieurs objets sont classés selon la « similarité de leurs propriétés » en une sous-catégorie homogène, plusieurs sous-catégories étant elles-mêmes regroupées en une catégorie plus large, ce qui fait passer du niveau particulier au niveau général à travers divers « degrés » par un lien de « subdivision » ;
- dans les « hiérarchies structurelles », plusieurs objets sont rassemblés selon leur « proximité spatiale » en un sous-ensemble homogène, plusieurs sous-ensembles étant eux-mêmes intégrés en un ensemble plus étendu, ce qui fait passer du niveau micro au niveau macro à travers diverses « strates » par un lien de « subjacence » ;
- dans les « hiérarchies fonctionnelles », plusieurs entités sont situées sous l'« autorité décisionnelle » d'une entité régulatrice supérieure, plusieurs entités supérieures étant elles-mêmes coordonnées par une entité plus élevée, ce qui fait passer du niveau infra au niveau supra à travers divers « échelons » par un lien de « subordination » ;
- dans les « hiérarchies génétiques », plusieurs entités sont issues par « filiation temporelle » d'une entité originelle commune, plusieurs entités originelles étant elles-mêmes engendrées par une entité en amont, ce qui fait

passer du niveau postérieur au niveau antérieur à travers diverses « générations » par un lien de « subséquence ».

Pour les systèmes naturels, les hiérarchies qualitatives concernent par exemple la classification des molécules en familles selon leurs propriétés chimiques ou la classification des animaux en espèces, genres, ordres selon divers critères. Les hiérarchies structurelles renvoient à la structure emboîtée du monde physique, des particules élémentaires aux atomes et aux molécules, ou à celle du monde biologique des cellules aux organes et aux organismes. Les hiérarchies fonctionnelles se rencontrent avec la régulation du système nerveux sous l'autorité du cerveau ou l'organisation de certaines sociétés animales autour d'éléments dirigeants. Les hiérarchies génétiques sont illustrées par les réactions physico-chimiques en chaîne ou par les arbres généalogiques reflétant la descendance d'un couple d'animaux.

Pour les systèmes technico-sociaux, les hiérarchies qualitatives concernent la classification des automobiles selon leur marque et leur type ou la classification des entreprises selon leurs produits ou leur statut. Les hiérarchies structurelles renvoient à la structure en poupées russes des ordinateurs formés de « tiroirs » composés eux-mêmes de « portes logiques » ou d'une ville formée de quartiers composés eux-mêmes d'immeubles. Les hiérarchies fonctionnelles apparaissent pour la régulation d'un avion à travers des commandes superposées ou la gestion d'une entreprise, des décisions stratégiques aux programmes tactiques et aux actions opérationnelles. Les hiérarchies génétiques s'observent quant aux séquences d'innovations techniques engendrées par une découverte initiale ou aux filières industrielles transformant les facteurs de production primaires en biens finaux.

Pour les systèmes conceptuels, les hiérarchies qualitatives concernent la classification des langues naturelles selon leurs similarités et leur origine, ou la classification des modèles scientifiques selon leur degré de généralité. Les hiérarchies structurelles renvoient à l'emboîtement que réalise une langue de la lettre au mot ou à la phrase ou à celui que réalise un modèle des variables aux relations et aux systèmes de relations. Les hiérarchies fonctionnelles se rencontrent dans les logiciels d'ordinateurs, où un programme commande à des sous-programmes mobilisant des instructions, ou dans un système juridique, où une constitution contrôle des lois qui encadrent des décrets. Les hiérarchies génétiques concernent les arbres de raisonnement formalisant la résolution d'un problème (y compris les grammaires génératives) ou les arbres de décision définissant les actions successives de divers joueurs.

## 2. Les relations entre les hiérarchies

Les quatre types de hiérarchies admettent diverses lignes de clivage :

- les hiérarchies qualitatives et structurelles sont des hiérarchies d'emboîtement, fondées sur un principe d'inclusion, où les objets du niveau supérieur sont les ensembles du niveau inférieur, alors que les hiérarchies fonctionnelles et génétiques sont de succession, fondées sur un principe d'influence, où les objets du niveau supérieur sont de même nature que ceux du niveau inférieur ;
- les hiérarchies qualitatives concernent des objets qui sont rassemblés selon leur similarité, sans avoir forcément de relations directes (matérielles ou logiques) entre eux, alors que les autres hiérarchies concernent des objets qui ont généralement de fortes interactions du fait de leur proximité ou leur séquentialité ;
- les hiérarchies génétiques renvoient explicitement à une vision diachronique et n'existent que par cette temporalité, alors que les autres hiérarchies répondent à une vision synchronique et restent invariantes sur une certaine période, même si des phénomènes dynamiques se déroulent en leur sein.

Certaines hiérarchies sont en fait superposables au sens où, pour une même structure arborescente entre objets, les relations peuvent concevoir une double lecture. Ainsi, les hiérarchies qualitatives coïncident avec les types suivants si les critères utilisés pour classer les objets sont justement leur appartenance à un même ensemble, leur complémentarité fonctionnelle ou leur origine commune (classification des animaux d'après la phylogénèse). De même, les hiérarchies structurelles et fonctionnelles se confondent lorsqu'un sous-ensemble intégré est « représenté » par un des éléments assurant un rôle de leadership (organigramme d'une entreprise). Enfin, les hiérarchies fonctionnelles et génétiques se télescopent si les objets placés sous l'autorité d'un objet de rang supérieur ont été engendrés par lui (autorité parentale dans une famille).

Certaines hiérarchies s'avèrent aussi enchâssées, au sens où les objets d'une hiérarchie d'un type sont déjà des hiérarchies d'un autre type. Ainsi, on peut avoir une hiérarchie qualitative retenant comme propriété de classement des objets la similitude de leur structure hiérarchique, de leur régulation hiérarchique (organisation centralisée vs décentralisée) ou de leur engendrement hiérarchique. De même, on peut rencontrer une hiérarchie fonctionnelle composée d'objets formés d'une hiérarchie structurelle (régulation d'une raffinerie composée d'hommes et de machines). Enfin, on peut observer une hiérarchie génétique où chaque objet engendré est lui-même une hiérarchie structurelle ou fonctionnelle (processus d'ontogénèse).

Finalement, certaines formes de hiérarchies apparaissent comme hybrides entre plusieurs types purs sans constituer pour autant de types autonomes.

Ainsi, les « hiérarchies d'emboîtement temporel » distinguent des phénomènes de court, moyen et long terme, définis par la vitesse de variation des variables correspondantes, les variables lentes « encadrant » les variables rapides et les variables rapides s'« intégrant » en variables lentes (pour la production d'un bien, technologie → qualité → prix → quantité). De même, les « hiérarchies de récurrence » considèrent à chaque niveau des méta-objets définis sur les objets de niveau inférieur, situation qui se rencontre particulièrement dans les systèmes conceptuels où existe une specularité entre individus, en particulier quant aux savoirs (Pierre sait que Paul sait que l'accident s'est produit) ou aux préférences (Pierre aimerait que Paul soit altruiste).

## 3. Les propriétés des hiérarchies

Les propriétés des hiérarchies peuvent être étudiées sur trois plans :

- leur organisation est arborescente, les nœuds étant formés d'objets homogènes ou hétérogènes et les relations propres liant chaque objet en principe exclusivement à un objet immédiatement supérieur, l'arbre étant en outre caractérisé par sa profondeur (nombre de niveaux) et son extension (nombre moyen de descendants par objet) ;
- leur fonctionnement résulte des comportements complémentaires ou substituables des différentes entités, et des interactions concrètes de types et fréquences variables entre les niveaux, la structure d'ensemble étant parfois en relation avec un environnement lui-même hiérarchisé avec une communication à chaque niveau ;
- leur évolution couvre la construction initiale qui se fait très naturellement par niveaux successifs, mais aussi la restauration ultérieure qui concerne soit la modification ou le remplacement modulaire des éléments, soit la restructuration ou la redéfinition du réseau de leurs relations.

Les hiérarchies qualitatives ont une organisation arborescente très stricte, car elles sont construites directement par le modélisateur de façon à découper des classes exclusives et exhaustives. Les hiérarchies structurelles sont formées d'entités causales souvent spécialisées qui s'imbriquent, les niveaux étant relativement nets et séparés par des frontières matérialisées, chaque niveau étant dès lors redevable d'une description propre, qui se veut néanmoins complète (biologie moléculaire, cellulaire ou organique). Les hiérarchies fonctionnelles sont formées d'entités finalisées aux buts souvent différents, celles de niveau supérieur s'occupant de problèmes plus généraux, avec des finalités plus profondes, dans un environnement plus vaste, sur un horizon plus long et avec des actions moins fréquentes (en particulier, théorie des jeux ou des

équipes). Les hiérarchies génétiques ont une organisation moins nettement arborescente, un évènement pouvant résulter de plusieurs autres espacés dans le passé.

Les hiérarchies qualitatives n'ont pas de fonctionnement au sens propre, mais les objets réunis dans une classe sont plus semblables entre eux qu'avec les autres. Les hiérarchies structurelles forment des « systèmes quasi décomposables », où les objets intégrés dans un ensemble ont des relations plus fortes entre eux qu'avec les objets extérieurs, et où le niveau micro fait apparaître par agrégation des propriétés émergentes tandis que le niveau macro impose au niveau micro des contraintes globales (passage de la micro à la macro-physique). Les hiérarchies fonctionnelles connaissent des relations intra-niveaux autant qu'inter-niveaux, ces dernières pouvant être ascendantes et porter sur des informations progressivement agrégées, filtrées et abstraites, ou descendantes et porter sur des prescriptions progressivement décomposées, détaillées et concrétisées (passage de l'opération militaire au plan de bataille). Les hiérarchies génétiques ont un « fonctionnement » éphémère qui coïncide avec leur organisation.

Les hiérarchies qualitatives sont conçues par le modélisateur qui définit la place et le nombre des niveaux en fixant des seuils dans l'indice de similarité entre objets. Les hiérarchies structurelles se forment, par génération spontanée ou par construction humaine, niveau après niveau à partir du bas à travers des « structures intermédiaires stables », en profitant de discontinuités dans l'échelle des intensités des relations entre les objets (ordre des quatre forces physiques). Les hiérarchies fonctionnelles sont souvent construites d'abord de toutes pièces, puis elles sont modifiées en agissant sur les objets par complexification et spécialisation, duplication ou fusion, voire changement de niveau, les relations étant elles-mêmes réorganisées (recherche d'une coordination optimale). Les hiérarchies génétiques sont enfin élaborées à partir du sommet, et ne sont plus modifiées ultérieurement que si elles sont conceptuelles.

#### Bibliographie

- A. KOESTLER et J. SMYTHIES, *Beyond reductionism*, Hutchinson, 1969.  
 M. D. MESAROVIC - D. MACKO et Y. TAKOHARA, *Theory of hierarchical multi-level systems*, Academic Press, 1970.  
 H. H. PATTEE, *Hierarchy Theory*, George Braziller, 1973.  
 H. SIMON, *The sciences of the artificial*, M.I.T. Press, 1969, trad. franç. l'Epi, 1974.  
 P. WEISS, *Hierarchically organized systems in theory and practice*, Hafner Publishing Company, 1971.  
 L. L. WHYTE, A. G. WILSON et D. WILSON, *Hierarchical structures*, Elsevier, 1963.

## SYSTÈMES HIÉRARCHIQUES ET VARIABLES GLOBALES

P. AUGER

Université de Bourgogne <sup>1</sup>

#### Résumé

Nous considérons un système structuré de manière hiérarchique et contenant un très grand nombre d'éléments en interaction. Tout comme dans nos précédents articles, le système hiérarchique est composé de groupes d'états que peuvent occuper les éléments au cours du temps. Nous supposons que les interactions intra-groupe sont très fortes par rapport aux interactions inter-groupe. A chaque groupe, nous associons une variable globale généralisée qui contrairement à nos articles précédents n'est pas toujours définie par le nombre total d'éléments d'un groupe. Nous présentons une méthode générale qui permet d'obtenir des équations différentielles qui gouvernent la dynamique de ces variables globales généralisées. Pour cela, nous réalisons le produit scalaire entre un vecteur système et un vecteur de référence. Le vecteur système est défini par un vecteur dont les composantes sont les dérivés premières des variables d'états du système alors que dans tous les cas, le vecteur de référence est choisi pour éliminer les termes intra-groupe de la dynamique des variables globales. On montre que ces variables globales sont lentes en regard des variables d'états. Les paramètres de ces équations de la cinétique des variables globales dépendent de fréquences intra-groupe qui permettent de coupler la cinétique intra-groupe et la cinétique des variables globales. Nous présentons un exemple écologique d'un ensemble d'espèces en interactions proie-prédateur organisé hiérarchiquement avec des simulations sur ordinateur. Cette nouvelle méthode nous permet d'obtenir des équations dynamiques gouvernant l'évolution au cours du temps des variables H du modèle de Lotka-Volterra.

1. Biomathématiques, laboratoire d'Ecologie, faculté des Sciences, B.P. 138, 21004 Dijon, France.