

# La dynamique des systèmes selon J.W. Forrester

Dans le cadre de la théorie générale des [systèmes](#) de L. von Bertalanffy, la dynamique des systèmes de J.W. Forrester s'intéresse à la façon dont se produisent les changements à l'intérieur des systèmes étudiés. C'est une méthode de «modélisation» apparue dans les années 60, lorsque J.W. Forrester était professeur à la "Sloan School of Management" du MIT et développée en France à partir de 1980, lors de la traduction en français de son livre intitulé «Principes des Systèmes».

Les modèles permettant d'appréhender la dynamique d'un système se fondent sur les concepts d'[interaction](#), de [rétroaction](#) et de [complexité](#). La conception d'un modèle de dynamique de système de type forrestérien consiste tout d'abord à définir la frontière entre le système et son «environnement». Les transformations du système résultent, en effet, de modifications plus ou moins contraires que subissent les intrants provenant d'autres systèmes ou de l'environnement. Ces transformations produisent, à leur tour, des extrants qu'absorbent l'environnement en général.

La construction d'un modèle forrestérien démarre par la réalisation d'un diagramme sagittal. Ce diagramme représente les différents éléments qui composent le système en terme de stocks et de «flux», et précisent les relations établies entre les différentes variables du système modélisé. C'est ce qu'on appelle le langage Dynamo. Les éléments de base du modèle sont :

- les variables de niveau ou d'état. Elles fonctionnent comme des accumulateurs. Ainsi, les variables d'état représentent des stocks dont la quantité varie à travers le temps en fonction des flux d'entrée et de sortie qui les alimentent et les vident. Les stocks sont utilisés pour représenter tant des accumulations matérielles (l'eau, les individus) qu'immatérielles (la connaissance).

La valeur de ces stocks renseigne sur l'état du système à chaque instant  $t$ . A chaque instant  $t$ , un stock représente l'accumulation passée des flux d'entrées et de sorties.

- Les flux transitent par le réservoir et en modifient donc l'état. Ils déterminent les variations dans les différents niveaux du système. Les vannes contrôlent les débits des différents flux. Chaque vanne peut être considérée comme un centre de décision, recevant des informations et les transformant en actions. En l'absence de flux, aucun changement dans la magnitude des stocks n'est possible.

- Les variables auxiliaires apparaissent dans le canal d'information. Elles peuvent être une constante, ou une fonction tabulée en fonction du temps  $t$  ou d'une variable quelconque. Ces variables auxiliaires sont très utiles pour intégrer de l'information qualitative et des délais dans les modèles. Elles permettent également de coupler des flux de nature différente, par exemple un flux d'automobiles et un flux d'hommes.

- Le canal d'information permet de connecter entre elles les variables du système et de simuler les rétroactions.

Les relations entre les variables du système sont formulées mathématiquement à partir par exemple de «lois» statistiques, de règles logiques (if then else). Des données quantitatives et qualitatives peuvent ainsi être intégrées au modèle.

Il est difficile de dissocier cette approche de l'outil informatique permettant sa mise en œuvre. A l'heure actuelle, Stella Research est l'un des logiciels le plus répandu pour modéliser et simuler les systèmes complexes selon les principes de formalisation forrestérienne de stocks et de flux. Ce logiciel comprend deux volets : un module graphique qui sert à construire le modèle puis à présenter les résultats sous forme de courbes, un module mathématique qui est un ensemble d'équations différentielles définies à partir du module graphique. Ainsi, l'équation différentielle simple d'un stock alimenté par un flux d'entrée et un flux de sortie s'écrit :  $dS/dt = Entrée - Sortie$ . Ces équations différentielles sont discrétisées en équation aux différences dans le logiciel Stella Research.

Les principaux symboles du module graphique du logiciel Stella Research sont représentés dans le tableau ci-après :

Quelques applications de modélisations en dynamique de systèmes ont été réalisées en France par des géographes. On peut citer le modèle AMORAL - «Analyse et Modélisation Rurale des Alpes» (Groupe Dupont, 1984), le modèle d'un

[système spatial](#) en zone frontalière franco-suisse (Jean-Pierre ChÃ©ry, 1998), le modÃ©le de Â«catastropheÂ» urbaine associant alÃ©a, [vulnÃ©rabilitÃ©](#) et effets de dominos (Damienne Provitolo 2002, 2005).

[gallery link="file" ids="1140"]

## Bibliographie

Bibliographie :

-De Rosnay J, 1975, Le macroscopie, Ed. du Seuil

-Forrester J.W., 1984, 3Ã©me Ã©dition, Principes des SystÃ©mes, Presses Universitaires de Lyon.

-Aracil J., 1984, Introduction Ã la Dynamique des SystÃ©mes, Presses Universitaires de Lyon.

-[https://en.wikipedia.org/wiki/System\\_dynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/System_dynamics)

HYP ER GEO