AFSCET

Res-Systemica

Revue Française de Systémique

Fondée par Evelyne Andreewsky

Volume 17, automne 2017

Robert Vallée, pionnier français de la cybernétique

Res-Systemica, volume 17, article 04

Sur les “éléments propres” de Heinz Von Foerster

Robert Vallée

Revue Internationale de Systémique,
volume 01, numéro 1, pages 37 - 46, 1987.

10 pages

REVUE INTERNATIONALE DE SYSTEMIQUE
Vol 1, N° 1, pp 37-46

SUR LES "ELEMENTS PROPRES" DE HEINZ VON FOERSTER

Robert VALLEE

Université Paris-Nord

Résumé
En utilisant des concepts que nous avons introduits antérieurement, nous généralisons, au cas de deux sujets s'inter-observant et interagissant, le point de vue de Heinz von Foerster concernant un sujet et un objet. Le cas linéaire récurrent est étudié en détail et le cas linéaire différentiel est signalé. On propose des conclusions concernant une "épistémo-praxéologie" prenant en compte la subjectivité et l'objectivité.

Abstract
With the help of concepts we have already introduced, we generalize, to the case of two inter-observing and interacting subjects, the point of view of Heinz von Foerster concerning a subject and an object. The linear recurrent case is studied in details and the linear differential one is briefly presented. Conclusions are proposed concerning an "epistemo-praxiology" involving both subjectivity and objectivity.

1. Le point de vue de Heinz von Foerster concernant un sujet et un objet.

On sait que Heinz von Foerster (1976), inspiré par Jean Piaget (1975), s'est interessé au comportement d'un sujet S face à un objet O. Il désigne, à un instant donné, par obs le couple des observables obs. S concernant le sujet et obs.O concernant l'objet. Il représente par COORD le couple des "coordinations" coord.S concernant le sujet (réarrangements internes ayant trait au sujet) et coord.O concernant l'objet, couple qui a pour effet de donner le couple obs à l'instant suivant. Un temps discret se trouve donc introduit, certainement pour des raisons de simplicité. De cette façon il est possible d'écrire à l'instant n+1, avec des notations évidentes,

$$obs_{n+1} = COORD\ obs_n$$

et aussi

$$obs_n = COORD^{(n)}\ obs_o$$

Dans ces conditions et sous réserve d'une convergence difficile à préciser dans un cadre aussi général, il vient :

$$obs_\infty = COORD\ obs_\infty,$$

de sorte que obs_∞, couple des observables concernant le sujet S et l'objet O, tel qu'il se manifeste asymptotiquement, c'est-à-dire lorsque n tend vers l'infini, apparaît comme *un point fixe* de l'opérateur COORD. Ou encore, de façon métaphorique, car l'opérateur COORD n'a aucune raison d'être linéaire, obs apparaît comme un *"élément propre"* associé à une "valeur propre" égale à 1, de l'opérateur COORD. L'ensemble de tous les obs possibles est, a priori, quelconque (vide, fini, dénombrable ou non dénombrable) mais, en toute hypothèse, il ne dépend que de l'opérateur COORD. Le choix entre les éléments de cet ensemble est impliqué par obs_o.

Notre but est maintenant de présenter les idées de Heinz von Foerster, en les *généralisant au cas de deux sujets S_1 et S_2* (Vallée 1983,84), dans un cadre différent, avec des notations distinctes des précédentes.

2. *Généralisation au cas de deux sujets s'entre-observant et interagissant.*

Les deux sujets S_1 et S_2 sont assimilés à deux systèmes dynamiques dont les états, à l'instant n, sont respectivement $x_1(n)$ et $x_2(n)$ appartenant, pour simplifier, à deux espaces vectoriels réels de dimensions finies. Le nombre n est un entier quelconque de sorte que nous faisons l'hypothèse d'un temps "discret", ne serait-ce que pour nous rapprocher de la formalisation de Heinz von Foerster. Le sujet S_1

prend connaissance de son état et de celui de S_2 par l'intermédiaire d'un "*opérateur d'observation* " O_1 (Vallée 1951,55,73,74) agissant sur couple (x_1, x_2) des fonctions $n \to x_1(n)$ et $n \to x_2(n)$ décrivant les évolutions de S_1 et de S_2. Cet opérateur est causal en ce sens qu'il agit, à l'instant n, seulement sur les valeurs de x_1 et de x_2 en n et antérieures à n. S_1 a donc de (x_1,x_2) une perception O_1 (x_1,x_2) qui lui est révélée au fur et à mesure de l'écoulement du temps, à l'instant n il n'en connaît que la restriction à $]-\infty,n]$.

S_1 élabore une fonction de décision $D_1O_1(x_1,x_2)$ en faisant agir un *opérateur de décision* D_1 sur O_1 (x_1, x_2), opérateur causal lui aussi, n'impliquant en n que la partie de O_1 (x_1, x_2) déjà révélée. La suite des valeurs prises par D_1O_1 (x_1, x_2) est la suite des *commandes* instantanées que S_1 applique à ses propres effecteurs pour modifier son état au fur et à mesure de l'écoulement du temps. Remarquons que, pour des raisons de simplicité, O_1 et O_2 ne dépendent, en ce qui concerne leur structure, ni de l'instant (ils ne vieillissent pas), ni de l'état de S_1, ni de celui de S_2 (ils sont insensibles à l'ambiance interne ou externe).

On peut expliciter l'équation d'évolution, de type récurrent, du système S_1 en supposant, pour simplifier, que les "opérateurs d'observation" et de décision sont à action instantanée (ils agissent seulement sur le présent des fonctions arguments) et que les dynamiques de S_1 ne dépend pas de l'instant n. Il vient alors pour S_1:

$$x_1(n+1) = f_1(x_1(n), D_1O_1(x_1(n),x_2(n)), x_2(n)),$$

x_1 (o) étant donné. En effet l'état à l'instant n+1 dépend, pour des raisons "dynamiques", de l'état à l'instant n, de la commande à l'instant n , élaborée par S_1 et de l'état, à l'instant n, de S_2 qui agit là par sa propre "présence". Le choix de l'instant initial n_o = O n'implique aucune perte de généralité puisque l'équation d'évolution ne fait pas intervenir explicitement le temps. Avec les hypothèses analogues, nous avons pour le système S_2 :

$$x_2(n+1) = f_2(x_2(n), D_2O_2(x_1(n),x_2(n)), x_1(n)),$$

En posant $\xi(n) = (x_1(n), x_2(n))$ on peut condenser les deux équations d'évolution, concernant S_1 et S_2 en une seule concernant le système global S constitué par le couple de sujets S_1 et S_2. Il vient alors :

$$\xi(n+1) = f(\xi(n), DO(\xi(n)) = g(\xi(n)),$$

$\xi(o)$ étant donné et $DO(\xi(n))$ désignant le couple $(D_1O_1(\xi(n)), D_2O_2(\xi(n)))$.

L'opérateur g implique la dynamique et les propriétés d'observation et de décision de l'ensemble des deux systèmes, c'est-à-dire des sujets S_1 et S_2 et non pas seulement d'un sujet et d'un objet. *En cas de convergence* $\xi(n)$ tend vers $\xi(\infty)$ qui est un *point fixe* ou "*élément propre*" de g puisque dans ce cas $g(\xi(\infty)) = \xi(\infty)$.

Ce que S_1 connaît alors de S_1 et de S_2 est l'image $O_1(\xi(\infty))$ de $\xi(\infty)$ par O_1 et ce que S_2 connaît de S, et de S_2 est $O_2(\xi(\infty))$. Les connaissances de S_1 et de S_2 se stabilisent sur des images qui, chacune, impliquent les propriétés de S_1 et de S_2. Ces images sont aussi nombreuses que les bassins d'attraction de g, elles sont implicitement sélectionnées par la valeur initiale $\xi(o)$.

Si l'on veut se placer dans le cas particulier où S_1 est bien un sujet mais où S_2 est un objet, il convient de supprimer dans f_2 le terme en $D_2O_2(x_1(n), x_2(n))$ et dans f_1 le terme, isolé, $x_2(n)$, ce dernier point étant discutable et dépendant de la définition d'un objet qui peut agir ou ne pas agir, par sa simple "présence", sur le sujet, alors qu'il agit certainement par la voie de l'observation faite par le sujet. Alors $\xi(n)$ correspond à ce que Heinz von Foerster désigne par obs_n et g correspond à l'opérateur COORD.

Revenons au cas de deux sujets; la relation de récurrence :

$$\xi(n+1) = g(\xi(n))$$

avec $\xi(o)$ donné, exprime aussi que la fonction ξ, ou $n \to \xi(n)$, qui décrit l'évolution conjointe des états S_1 et de S_2, c'est-à-dire l'évolution du système global S, satisfait une équation de la forme :

$$\Omega(\xi) = \xi$$

où l'opérateur fonctionnel Ω est facile à concevoir. La fonction apparaît alors comme *point fixe* de Ω, c'est un *"comportement propre"* au sens de Heinz von Foerster, celui du couple des deux sujets S1 et S2.

3. Cas linéaire récurrent avec deux sujets

Le cas linéaire, ici récurrent, peu réaliste par certains aspects, a l'avantage de permettre une étude plus détaillée. Il a l'inconvénient de conduire, le plus souvent, en cas d'existence d'un point fixe, au vecteur nul, ce qui peut paraître très particulier.

Nous avons alors, toujours dans l'hypothèse de structures invariantes dans le temps,

$$x1\,(n+1) = A1\,x1\,(n) + B1\,D1\,O1 \begin{bmatrix} x1\,(n) \\ x2\,(n) \end{bmatrix} + B'1\,x2\,(n)$$

et

$$x2\,(n+1) = A2\,x2\,(n) + B2\,D2\,O2 \begin{bmatrix} x1\,(n) \\ x2\,(n) \end{bmatrix} + B'2\,x1\,(n)$$

$x_1(o)$ et $x_2(o)$ étant donnés, les opérateurs "d'observation" et de décision instantanés étant, ici, représentés par les matrices O_1 et D_1 pour S_1, O_2 et D_2 pour S_2. De façon plus condensée nous pouvons écrire, le symbole $\varnothing$ représentant dans chaque cas une matrice nulle,

$$\begin{bmatrix} x1\,(n+1) \\ x2\,(n+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A1 & \varnothing \\ \varnothing & A2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x1\,(n) \\ x2\,(n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B1\,D1\,O1 \\ B2\,D2\,O2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x1\,(n) \\ x2\,(n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varnothing & B'1 \\ B'2 & \varnothing \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x1\,(n) \\ x2\,(n) \end{bmatrix}$$

ou encore, en désignant par ξ (n) la matrice colonne constituée par $x_1(n)$ et $x_2(n)$ et représentant l'état du système global S formé par le couple (S_1, S_2)

$$\xi(n+1) = (A + BDO + B')\,\xi(n)$$

avec des notations évidentes en ce qui concerne A et B' et en posant :

$$B = \begin{bmatrix} B1 & \emptyset \\ \emptyset & B2 \end{bmatrix} \qquad D = \begin{bmatrix} D1 & \emptyset \\ \emptyset & D2 \end{bmatrix} \qquad O = \begin{bmatrix} O1 \\ O2 \end{bmatrix}$$

C'est l'opérateur linéaire A+BDO+B' qui joue ici un rôle de l'opérateur COORD, il fait intervenir de façon particulièrement claire la dynamique du couple (S_1,S_2) exprimée par A, les propriétés d'observation et de décision de S_1 et de S_2 représentées par BDO (où B joue un rôle de transmission) les interactions directes entre S_1 et S_2 par B'. En particulier, en cas de convergence, on a :

$$\xi(\infty) = (A+BDO+B')\,\xi(\infty),$$

le point fixe $\xi(\infty)$ appartient au noyau Ker (A+BDO+B'-I).

Du point de vue dynamique nous avons, comme conséquence évidente de la relation de récurrence, $\xi(n) = (A+BDO+B')^n\,\xi(o)$.

Si toutes les valeurs propres de A+BDO+B' sont, en module, strictement inférieures à un, $\xi(n)$ converge, lorsque n tend vers l'infini, vers $\xi(\infty)$égal au vecteur nul de l'espace des états de S et cela quel que soit $\xi(o)$. Sinon $\xi(n)$ s'éloigne à l'infini sauf, dans certains cas, si la matrice A+BDO+B'-I est singulière donc si son déterminant est nul ce qui implique que le nombre un est valeur propre de A+BDO+B'. Dans ce cas si $\xi(o)$ appartient à Ker (A+BDO+B'-I), $\xi(n)$ demeure constamment égal à $\xi(o)$ et si $\xi(o)$ n'appartient pas à Ker (A+BDO+B'-I), $\xi(n)$ tend dans certains cas vers un élément de ce noyau dépendant de $\xi(o)$ tandis que dans d'autres cas $\xi(n)$ s'éloigne à l'infini.

Le seul cas vraiment *intéressant, mais exceptionnel, est celui où* A+BDO+B'-I *est singulière*. Dans ce cas l'image par O_1 du noyau, soit O_1Ker(A+BDO+B'-I) est *l'ensemble de toutes les perceptions, invariantes dans le temps, que S_1 peut avoir de S_1 et de* S_2 et O_2Ker(A+BDO+B') est l'ensemble analogue pour S_2. Du point de vue dynamique, si les valeurs propres de A+BDO+B', autres que celle qui est égale à un, ont toutes leurs modules strictement inférieurs à un alors $\xi(n)$ tend vers un élément du noyau dépendant de $\xi(o)$ comme nous l'avons déjà annoncé plus haut.

De même qu'au paragraphe précédent la fonction ξ, qui décrit l'évolution conjointe des sujets S_1et S_2, est un *point fixe* d'un opérateur Ω, ici linéaire.

Si l'on veut retrouver le cas, considéré par Heinz von Foerster, d'un sujet et d'un objet, on doit prendre pour O_2 une matrice nulle et, de façon plus discutable, comme nous l'avons déjà fait remarquer, remplacer B_1 par une matrice nulle.

Le cas où les matrices A et B' sont nulles, ce qui signifie que S_1 et S_2 n'ont *pas de dynamiques propres* ($A_1 = A_2 = \emptyset$) et que S_1 et S_2 *n'interagissent pas par simple effet de "présence"* ($B'_1 = B'_2 = \emptyset$), est intéressant bien qu'assez particulier. Les deux sujets interagissent seulement par suite des *observations* faites et des *décisions* prises en conséquence qui affectent chacun des systèmes au vu de l'autre et de lui-même. On a

$$\xi(n+1) = BDO\ \xi(n)$$

et par suite, en cas de convergence, $\xi(\infty)$ est point fixe de BDO donc élément de Ker (BDO-I). En multipliant à gauche par O, après avoir posé $Y(n) = O\xi(n)$, il vient :

$$Y(n+1) = OBD\ Y(n).$$

Dans ces conditions, en cas de convergence,

$$Y(\infty) = OBD\ Y(\infty)$$

et $Y(\infty)$est *point fixe* de OBD et élément de Ker (OBD-I). Le vecteur $Y(\infty)$ est un vecteur composite, il équivaut au couple $(O_1\xi(\infty), O_2\xi(\infty))$ des *perceptions* stabilisées en $n = \infty$, d'une part, que le sujet B_1 a de lui-même et de S_2 et, d'autre part, que le sujet S_2 a de S_1 et de lui-même. Remarquons que les matrices carrées BDO et OBD ne sont en général pas inversibles car la matrice O décrit un processus, ici linéaire, de perception comportant en général une perte "d'information". Dans ces conditions Ker(BDO-I) et Ker(OBD-I) ne contiennent pas seulement le vecteur nul, ce qui correspond au cas intéressant auquel il a été fait allusion plus haut.

4. Conclusions

Si nous avons adopté le cadre du *temps discret*, c'est, comme nous l'avons dit, pour ne pas nous éloigner trop de la présentation de Heinz von Foerster. L'usage d'un *temps continu* et d'équations différentielles remplaçant les équations de récurrence est parfaitement licite. Dans le cas linéaire on est alors amené à considérer des équations différentielles du type :

$$d\xi(t)/dt = (A+BDO+B')\,\xi(t)$$

ce qui donne :

$$\xi(t) = e^{(A+BDO+B')t}\,\xi(o)$$

et fait intervenir le noyau Ker(A+BDO+B'). Des considérations tout à fait analogues à celles développées dans le cas discret sont alors possibles (Vallée 1983,84).

Il est évident, d'autre part, que le cadre choisi est fondamentalement macroscopique. Le problème du sujet et de l'objet en mécanique quantique, problème dont on sait tout l'importance, n'est nullement envisagé ici.

Quelles conclusions cette étude qui généralise et précise le point de vue de Heinz von Foerster, peut-elle suggérer ? A partir du cas d'un sujet et d'un objet, Heinz von Foerster propose une épistémologie "circulaire" d'où l'observateur n'est pas exclu. Il ajoute : "les objets" paraîssent résider exclusivement dans la propre expérience que le sujet a de ses coordinations sensorimotrices c'est-à-dire que les "objets" paraîssent être exclusivement subjectifs". Il se pose alors la question de l'objectivité qu'il propose de réintroduire par la considération de plusieurs sujets se reconnaissant comme tels.

Il faut néanmoins remarquer que, même dans le cas d'un sujet et d'un objet, la stabilisation qui s'effectue, en cas de convergence, asymtotiquement en un point attracteur (pour prendre la circonstance la plus simple) ne dépend pas uniquement de l'opérateur g. C'est particulièrement net dans le cas non linéaire où le bassin attracteur en cause est déterminé par l'état initial du système global constitué par le sujet et l'objet ou par les deux sujets. Toute l'objectivité n'est donc pas évacuée mais elle est tempérée par le rôle de l'opérateur g qui exprime les propriétés intrinsèques des deux systèmes et leurs inter-relations, caractéristiques de leurs subjectivités.

Pour résumer nous pourrions dire, dans le cas de *deux sujets*, que la *connaissance qu'ils peuvent acquérir l'un de l'autre*, c'est-à-dire de leurs états, *ne peut pas se stabiliser dans tous les cas, des conditions de convergence sont nécessaires qui dépendent de la structure du système global constitué par les deux sujets.* Lorque de telles conditions sont réalisées il y a stabilisation asymptotique, "rapide ou lente", et *les images que le sujet* S_1 *se fait de lui-même et du sujet* S_2, *que le sujet de* S_2 *se fait de* S_1 *et de lui-même, sont les images par l'"opérateur d'observation* O_1 *pour* S_1, *par l'opérateur d'observation"* O_2 *pour* S_2, *d'un point fixe du système global* S constitué par les sujets S_1 et S_2. Dans le cas général, non linéaire, *plusieurs points fixes sont possibles, celui qui émerge est celui associé au bassin d'attraction auquel se trouve appartenir* ξ *(o)* et par suite ξ (n) et donc toute la trajectoire du système global. Ce que chaque sujet finit donc parconnaître de lui-même et de l'autre dépend à la fois de l'état initial du couple des sujets, donc finalement de la trajectoire de de couple (c'est la part de l'*objectivité*) et aussi de la structure même du système global constitué par les deux sujets (part de la *subjectivité*). Cette subjectivité, ou mieux cette *intersubjectivité,* fait intervenir la structure même des deux système et de leurs interactions : leurs *dynamiques*, leur mode d'*interaction directe* et surtout leur type *d'inter-connaissance* par l'intermédiaire des "*opérateurs d'observation* " O_1 et O_2 suivis par les *opérateurs de décision* D_1 et D_2 qui engendrent des modifications des états de S_1 et de S_2. Ces résultats demeurent, en se particularisant, dans le cas d'un sujet S et d'un objet O. Ce que S parvient à connaître de lui-même et de O, car on ne peut faire de séparation autre qu'articicielle, dépend de conditions initiales et de l'intersubjectivité sujet-objet, la "subjectivité" de l'objet se réduisant à sa dynamique et à ses facultés éventuelles d'interaction directe.

Finalement l'épistémologie qui paraît émerger de ces réflexions est une épistémologie où la subjectivité est mise en évidence mais d'où l'objectivité n'est nullement exclue, où les interactions entre sujets impliquent observations, décisions et par suite actions qui modifient les sujets eux-mêmes, de façon plus ou moins importante suivant les cas. Ces interactions perturbatrices de l'objectivité peuvent être réduites au prix d'efforts d'autant plus grands que la réduction est plus radicale. Le mieux est de les accepter mais de ne pas ignorer leur présence. Cette épistémologie subjectiviste ne peut, sans un parti-pris artificiel, être séparée d'une praxéologie que l'on a vu apparaître dans l'intervention des opérateurs de décision, générateurs d'actions. C'est en fait l'esquisse d'une *épistémo-praxéologie mathématique* que l'on peut entrevoir dans l'essai de formalisation que nous avons proposé.

Références

Foerster, H. von, "Objects : tokens for (eigen)-behaviors", *Cybernetics Forum*, t. 8, n° 3-4, p. 91, 1976, version française "Formalisation de certains aspects de l'équilibration des structures cognitives", in *Epistémologie génétique et équilibration, Hommage à Jean Piaget*, sous la direction de B. Inhelder, R. Garcias et J. Voneche, Delachaux et Niestlé, Neufchâtel, 1977.

Piaget, J., *L'équilibration des structures cognitives*, Presses Universitaires de France, Paris, 1975.

Vallée, R., "Sur deux classes d'opérateurs d'observation", *Comptes rendus par l'Académie des Sciences*, t. 241, p. 179, 1951.

Vallée, R., "Un aspect du problème de l'observation", *Methodos Linguaggio e Cibernertica*, vol. 7, n° 28, p. 289, 1955.

Vallée, R., "Sur la formalisation mathématique en théorie de l'observation", in *Actes du 7ème Congrès International de Cybernétique*, p. 225, Association Internationale de Cybernétique, Namur, 1973.

Vallée, R., "Observation, decision and structure transfers in systems theory", 2nd European Meeeting on Cybernetics and Systems Research, Wien, 1974, in *Progress in Cybernetics and Systems Research*, vol. 1, p. 15, Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 1975.

Vallée, R., "About Heinz von Foerster's eigen-elements", International Conference on Systems Science 8, Wroclaw, 1983, *Systems Science*, vol. 10, n.1, p.81, 1984.

Vallée, R., Eigen-elements for observing and interacting subjects, in *Cybernetics and Systems Research 2*, p. 89, North Holland, 1984.