Notes

L'un des intérêts de cette intervention de Thom au Wistar Institute est le débat, car il fournit un des premiers exemples de ce que Thom a appelé la « *two fold way* » de la TC.

L'indépendance par rapport au substrat. — Sans doute que l'un des principes thomiens qui a le plus étonné les scientifiques est celui de « l'indépendance par rapport au substrat » qui affirme que la géométrie des morphologies observées dans la nature est en grande partie indépendante de la physico-chimie spécifique du substrat. Thom le formule dans [**51**] dès la phrase d'ouverture en disant qu'il utilise le terme de « morphogenèse »

> « pour désigner tout processus créateur (ou destructeur) de formes ; on ne s'occupera ni de la nature (matérielle ou non) du substrat des formes considérées, ni de la nature des forces qui causent ces changements. »

« Difficile à admettre » comme le reconnaît Thom lui-même, ce principe est justifié par l'existence des théorèmes de classification des singularités et de leurs déploiements universels, théorèmes qui montrent qu'il existe des modèles géométriques universels en quelque sorte « platoniciens ». Il se passe avec les CE ce qui se passe avec les solides platoniciens (les sous-groupes finis de rotation de $\mathbf{R}^3$). Mais un tel principe vient remettre en cause l'évidence que la physico-chimie interne du substrat doit être la cause de sa morphologie externe. Bien sûr, le substrat est dans sa matérialité la cause matérielle des morphologies ; mais, selon Thom, il n'en est pas la cause formelle.

Les deux voies : déduction ou abduction. — Dans les années 1970, cette difficulté sera thématisée par ce que Thom a appelé la « *two fold way* » de la TC.

1. — Dans la « première voie », on connaît explicitement les dynamiques internes $X_u(x)$ et on en déduit les morphologies externes (U, K_U). Cest le cas en physique par exemple pour les caustiques en optique géométrique et ondulatoire (intégrales oscillantes), pour les ondes de choc, pour les transitions de phases et les phénomènes de rupture de symétrie.

2. — Dans la « seconde voie », on continue à supposer qu'il existe des dynamiques internes mais on ne les connaît pas. On observe seulement les morphologies externes (U, K_U) et l'on cherche à en abduire les dynamiques internes les plus simples susceptibles de les engendrer. Cela est justifié car les dynamiques internes sont en général considérablement sous-déterminées par rapport aux

morphologies externes dans la mesure où une partie considérable de leur activité *n'est pas morphogène*. Dans [**51**], Thom explique que sa « tentative »

> « consiste à essayer de décrire les modèles dynamiques compatibles avec une morphologie empiriquement donnée. »

Un des premiers exemples de cette stratégie est la façon dont, partant de la phénoménologie des potentiels d'action neuronaux, Christopher Zeeman est « remonté » abductivement aux équations de Hodgkin et Huxley [Ze2].

Le débat. — Cette méthodologie qualitative inhabituelle a suscité bien des débats, et cela dès le tout début. La discussion [**56**] de 1969 au Wistar Institute en témoigne. Reprenons-en les termes :

1. — D'abord, en réponse à une remarque du généticien Marcello Siniscalco, Thom réaffirme sa position platonico-géométrique (seconde voie) :

> « My fundamental claim is that any stable structure owes its stability to a kind of geometrico-algebraic archetype which has a kind of platonic existence ; e.g., a mathematical structure, of which living beings are just a particular realization. »

2. — Le généticien Walter Bodmer lui rétorque alors que tout (les singularités, les instabilités, les bifurcations, les morphologies) doit dériver des équations explicites des systèmes (première voie) :

> « The equations that you have should describe what you are looking at. To get something useful out, it seems to me you have to put in a determinate system of equations. »

3. — Thom répond qu'il ne considère pas des systèmes d'équations explicites mais des structures géométrico-algébriques où les équations n'interviennent qu'à homéomorphisme près, ce qui exige un « qualitative thinking » (seconde voie).

4. — Et lorsque Bodmer lui répond que le qualitatif n'est que du quantitatif affaibli (première voie),

5. — Thom interjecte « No, No, No » (seconde voie), ce qui permet à Vittorio Defendi de conclure ironiquement : « On this hopeful note of common agreement, the conference was ended. »

Vers un fonctionnalisme morphologique. — En fait la seconde voie de la TC n'a rien de particulièrement surprenant. Dans un contexte certes très différent, elle est assez analogue à ce que l'on rencontre en informatique où des idéalités symboliques organisées syntaxiquement et sémantiquement par

des langages — des « softwares » — se trouvent implémentées, compilées, réalisées dans des machines physiques — des « hardwares ». La thèse de l'indépendance des softwares par rapport aux hardwares est alors tout à fait banale et s'appelle « fonctionnalisme ». On peut dire que Thom a développé un fonctionnalisme morphologique où des idéalités morphologiques locales (CE, chréodes, etc.) organisées syntaxiquement et sémantiquement par un langage géométrique multidimensionnel se trouvent implémentées dans des substrats biologiques.

Références

[Ze2] Zeeman C.: Differential equations for the heartbeat and nerve impulse, *Towards a Theoretical Biology* (C.H. Waddington, ed.). Edinburgh University Press **4** (1972), pp. 8–67.

J. P.