

Ilya Prigogine : une interdisciplinarité vécue.

Pasquale Nardone physicien, professeur à l'ULB et à La Cambre

En 1977 Ilya Prigogine reçoit le prix Nobel de chimie pour « ses contributions à la thermodynamique de non-équilibre et particulièrement pour sa théorie des structures dissipatives ». Presque tout est dit dans le choix de la phrase de présentation du prix Nobel.

Le parcours de Prigogine est particulièrement exemplaire quand on parle d'interdisciplinarité. Partant de questions ancrées essentiellement dans son domaine de prédilection : la chimie, il va développer une conception qu'il va sortir de son domaine de naissance pour le transposer dans quelques domaines annexes. S'entourant alors d'une équipe importante de jeunes chercheurs, chacun d'eux va exploiter ses idées dans une voie différente.

En sciences, le point de départ est toujours un ensemble de questions à l'intérieur d'un corpus de concepts. Prigogine, comme chimiste et physicien, s'attaque à la thermodynamique et à la physique statistique. Ses questions sont alors : qu'est-ce que l'équilibre thermodynamique ? Qu'est-ce que l'entropie et sa croissance au cours du temps ? Comment expliquer l'apparition de structures complexes, comme les êtres vivants, dans ce cadre ? Mais Prigogine a aussi une formation philosophique poussée. Il étend donc l'amplitude des questions : qu'est-ce que le temps ? Qu'est-ce que l'irréversibilité, alors que toutes les lois physiques fondamentales sont réversibles ?

Un chercheur classique reste souvent dans son domaine d'expertise en utilisant « sa boîte à outils conceptuels » ; mais un chercheur de talent ouvre de nouvelles voies en puisant soit dans son imagination, soit dans d'autres boîtes à outils. En résumant de façon un peu excessive, c'est ce que Prigogine a fait. Il a quitté le champ classique de la physique statistique pour explorer les phénomènes stochastiques. Dans cette nouvelle vision les réactions chimiques ne sont pas étudiées dans la physique des interactions, mais comme des processus aléatoires entre des états initiaux et finaux. Avec évidemment un ingrédient important, venant de la chimie, une rétroaction, un « feedback », entre les états finaux et initiaux.

La notion de « feedback » existait dans le corpus de l'électronique et de la cybernétique. Mais l'application de cette injection de la sortie d'un phénomène dans l'entrée de ce qu'il va produire, va, avec Prigogine, produire des équations de comportement qui sont non-linéaires. La non-linéarité est certes connue en physique (la loi de gravitation, par exemple, est non-linéaire) mais dans ce nouveau contexte de la chimie, elle indique qu'il y a plusieurs états stationnaires, plusieurs équilibres possibles, ce qui était absolument nouveau. Cette approche stochastique et l'apparition de la non-linéarité avec ces états stationnaires différents vont donner des comportements temporels nouveaux.

Comment un système à plusieurs états se comporte-t-il ? La boîte à outils prigoginienne contient aussi des ordinateurs et la possibilité de faire des simulations numériques. Son équipe ne s'en prive pas ! Les solutions de ces équations nouvelles se matérialisent en images et titillent l'imagination de ses chercheurs. Par exemple les solutions donnent des comportements périodiques dans le temps. La réaction chimique oscille ! Du jamais vu à l'époque. Ces simulations vont être matérialisées concrètement dans de vraies réactions chimiques, la réaction de Belousov-Zhabotinski par exemple. Mais surtout elles ouvrent de nouvelles perspectives : il existe bien des réactions chimiques qui donnent le temps, comme des horloges. Dans ces réactions les réactifs donnent les produits et les produits donnent les réactifs périodiquement. Dans la réaction de Belousov-Zhabotinski, par exemple, on voit la couleur de la solution passer du rouge au blanc puis quelques secondes plus tard du blanc au rouge et ainsi de suite. Une nouvelle discipline naît dans l'équipe de Prigogine : la

chronobiologie avec Albert Goldbeter entre autres. Cette approche donne aussi des comportements périodiques dans l'espace. Enfin on peut comprendre l'apparition des taches chez les coccinelles ou les raies blanches et noires des zèbres. Encore une fois une partie des chercheurs de Prigogine vont se focaliser sur ce champ nouveau, avec cette fois l'apparition de structures spatiales. Cette approche stochastique fait apparaître donc ce qu'il cherchait : une structuration tout en préservant la thermodynamique. La vie peut donc s'expliquer dans le cadre rationnel de la thermodynamique !

Les mots « structure » et « équilibre » métaphorisent une quantité impressionnante de concepts dans toutes les activités intellectuelles : des mathématiques jusqu'à la sociologie. Mais pourquoi se limiter aux réactions chimiques ? Avec Jean-Louis Deneubourg, chimiste de l'équipe de Prigogine, la même approche sera appliquée pour comprendre les comportements des insectes sociaux. Fourmis, cafards, mais aussi les oiseaux, les poissons, les poules etc... forment des structures spatiales et temporelles. Avec de simples règles de comportements, comme avec les molécules, à nouveau la non-linéarité et le hasard engendrent des comportements étonnants. Au laboratoire, Jean-Louis Deneubourg expérimente avec des colonies de fourmis et trouve en effet non seulement les structures des nids mais aussi l'émergence, notion nouvellement réactivée, c'est à dire la possibilité pour que le comportement global « trouve » la solution à un problème. En posant un obstacle entre le nid et la source de nourriture la colonie évite l'obstacle et retrouve la source de nourriture, alors qu'aucune loi d'interaction ne contient cette solution. Une nouvelle discipline : l'éthologie expérimentale et théorique naît !

Prigogine fait encore appliquer ses idées à l'économie et à la sociologie : comment comprendre la structuration d'une ville, la circulation routière etc.... Surtout ses idées se propagent dans d'autres disciplines comme la psychologie ou la musicologie. D'autres chercheurs reprennent les outils conceptuels et métaphoriques qu'il a développés pour s'inspirer dans leurs champs de recherche.

Ilya Prigogine a donné donc un bel exemple, unique à l'ULB, d'un foisonnement interdisciplinaire intense avec comme conséquence un élargissement de notre perception et de notre compréhension de la nature dans tous ses aspects. Des groupes de recherche, aujourd'hui autonomes, sont nés de cette vision du « patron » (comme ses chercheurs l'appelaient) et de nouvelles disciplines ont été créées témoignant, s'il fallait encore le faire, de l'importance de ses conceptions et de la puissance de l'interdisciplinarité.

Aujourd'hui, les séminaires Penser la science de l'ULB ont été instaurés à la mémoire de ce Prix Nobel initiateur.