

Ilya Prigogine et les Structures Dissipatives

Andé 2013, Eric Beaussart.

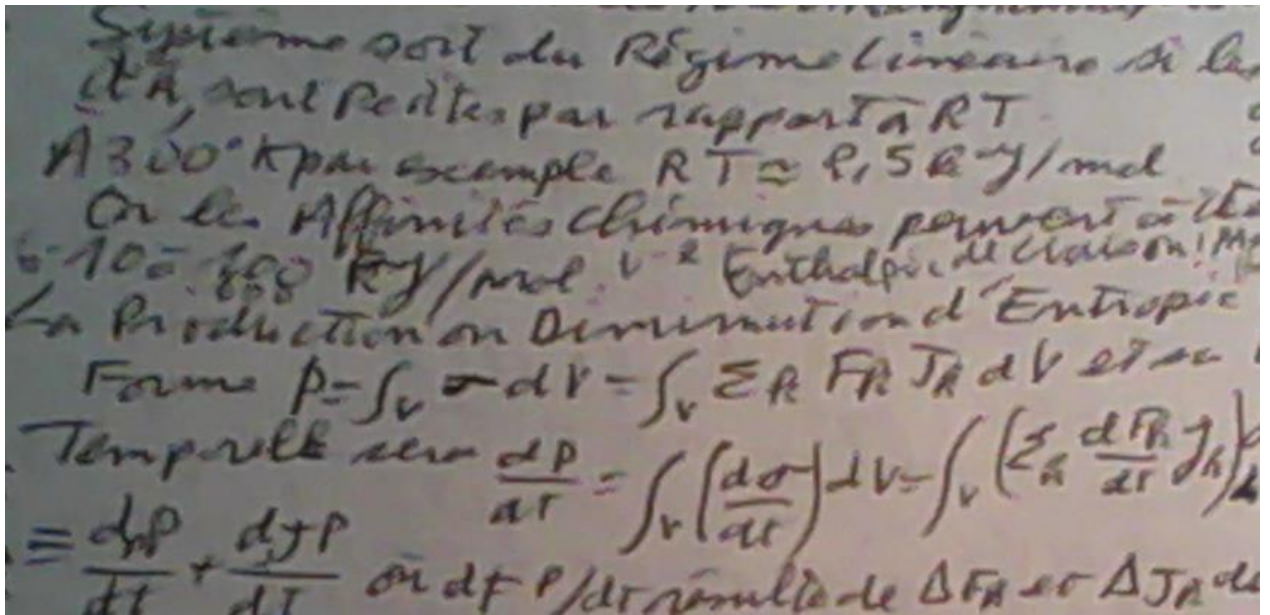
Introduction

- Inutile de présenter Ilya Prigogine, d'origine russe et vivant en Belgique. Son Nobel de 1977 l'a rendu assez célèbre. Quoique, c'est surtout ses collaborations avec Isabelle Stengers qui l'ont rendu fameux. Il faut dire d'emblée qu'il fut le disciple de Théophile De Donder (1870 – 1957).
- Pour ne plus avoir à y revenir, voici une bibliographie sommaire :
- D'abord ce qui m'avait paru nécessaire pour cette occasion : De Ilya Prigogine et Dilip Kondepudi : « Thermodynamique – Des moteurs thermiques aux structures dissipatives » ; Editions Odile Jacob, coll Sciences, 1999.
- Sur 300 pages, guère plus d'une vingtaine maximum sur les structures en question !
- Pour ce qui est en bibliothèque publique nous avons d'abord eu : De Ilya Prigogine : « Physique, Temps et Devenir » ; Fayard 1982. Du même : « Entre le Temps et l'Éternité » Fayard 1988. Idem : « Les Lois du Chaos » ; Flammarion 1994. Idem : « La Fin des Certitudes (Théorie des Systèmes Chaotiques) » ; Odile Jacobs 2009. Ce à quoi on peut ajouter : De Nicolis G. : « À la rencontre du Complexe » avec participation de Prigogine, PUF 1992. De Benkirane Réda : « La Complexité Vertiges et Promesses » ; Le Pommier 2002.

Observations :

- Les Systèmes "intéressants", puisque Variés et Variables, Oscillent, Non pas loin, mais près d'un Équilibre, souvent Asymptotique, à la Lisière du Chaos, mais aussi de l'Ordre Rigide. Et à mi-chemin entre Désordre Total de la Fumée et du "Chaud" ; et Ordre trop Parfait du Cristal et du "Froid".
- Mon idée a été de chercher chez Prigogine : les « Conditions nécessaires pour des Systèmes Dynamiques Stables mais Évolutifs ».
- Il nous dit que « Les Flux Thermodynamiques » notés J_α y sont hors des Domaines de Relations Linéaires avec les "Forces Thermodynamiques" notée J_{F_α} , et le Système sort du Régime Linéaire si les Affinités notées A_k , dues à ces "Forces", sont petites par rapport à RT ».
- Produit de R , la constante dite des Gaz Parfaits, et de la Température.
- Nous développerons et expliquerons ci-après.
- Mais auparavant, il est dit que nous devons nous adapter à la situation pour qu'un Message passe. Ci-dessous un extrait de notes de lectures :

« La Question du Formalisme » ?



- Même mises au net, les quelques trente pages manuscrites, à peu près quinze dactylographiées, vous rebutteraient par la quantité d'équations différentielles qu'on y trouve. De plus, les Formules sont faites de Symboles souvent mal connus ! Nous n'avons pas le temps ici, même pour ceux qui "suivraient", de donner les détails des Calculs !
- Mais si Prigogine n'a mis que 240 pages de Thermodynamique « classique » pour à peine 60 de « futuriste », c'est que en plus, il abrège déjà là par des références à des travaux antérieurs dans des ouvrages, de lui ou d'autres, plus ou moins récents et plus ou moins connus !
- Sans compter tous les endroits où il met : « Nous nous contenterons de développer au premier Ordre » ! Autrement dit de « Calculer à la "Louche" » !
- Au détriment de la « Vérité » des Choses !
- Ce qui peut être légitime en pratique, mais pas pour la "Théorie" du Phénomène !
- Que faire quand l'on est aussi médiocre infographiste que moi ?
- Vous dire ce qui suit !

Quelques idées sur les Structures Dynamiques :

- D'abord, une **Structure** c'est :
 - – Des **Éléments** en nombre quelconque, dont on ne spécifie pas nécessairement le contenu, comme Choses Objets d'une Catégorie et normalement placés aux sommets d'un graphe, et :
 - – Des **Relations** en nombre fini, dont on ne spécifie pas la nature, telles les Liens, en Liaisons Relationnelles, Flèches d'une Catégorie, et normalement figurées par les arêtes d'un graphe, dont on définit la Fonction, en général par certaines Spécifications : Voir « Interrelation », et ne pas confondre Relation avec Opération ;
 - – Avec donc des **Résultats** quant aux Éléments Composants, ne serait-ce que de Valences Spécifiques d'Objets et Connexités, de Positions, de Liaisons, de Distances.

- Une **Dynamique**, c'est :
 - — La Partie de la Physique relative aux **Forces** (en Grec "dynê"), et à la Notion de Force; et les **Déplacements**, donc hors équilibres traités par la Statique, en Instabilités donc.
 - — Relatif à l'Étude des Faits dans leurs Causes et leurs Effets.
 - S'oppose à Statique, Équilibré, Stable, et, au sens où l'on y introduit la Force, à la Cinématique qui, elle, n'en tient pas compte.
 - Théorie qui vise à l'Interprétation d'une Situation qui résulte d'Influences produites à des Époques différentes et manifestées à un même moment ou provoquées à une même Date, mais successivement ressenties.
 - Voir à Dose, Diachronie, Impulsion, Conatus, Quantum, Action, Énergie, Niveau, Transfert, Date, Instant, Durée, Situation, Repère, Référentiel, Sensation, Aperception, Perception, Interprétation, Transformation, Traduction, Règle, Loi, Coïncidence.
 - — Relatif à l'Efficacité et à la Puissance d'Action d'un Agent.
 - Qui considère les Choses dans leur Mouvement et leur Devenir.
Voir Mécanique, Cinématique.
 - — Qui manifeste de la Vitalité, une Motilité, de l'Énergie.
 - Partie de la Mécanique qui étudie le **Mouvement** d'un Mobile considéré dans ses rapports avec les Impulsions et les Forces qui en sont les Causes.
 - Voir à Potentiel, Puissance, Tonus, Impulsion, Force, ... ;
Structures d'Équations Différentielles décrivant des États, Niveaux, Puits, Sources, Énergie, Phase, Transformation, En opposition à Cinématique et Statique.

• Structure Dissipative :

- Je vous renverrai à la « Dropbox » pour « Dissiper » et bien d'autres mots, comme « Complexe » !
- Toute Structure qui n'est pas Complexe est Dissipative, au sens où les Flux qui l'atteignent tendent en totalité à la Désagréger, de plus avec quelque Seuil Fixe, par exemple de Fusion.
Toutefois, nous considérons ici celles qui Subsistent assez longtemps pour interagir avec d'autres, et cela parce qu'elles s'Alimentent de Flux Permanents d'Énergie.
- Les Structures Dissipatives dont il est question ici donc sont celles, Complexes, où la Structure tend à Réguler cette Désagrégation, par Capacité à Prélever une Partie de tout

Flux pour Se Construire, et à Rejeter Activement les Parties de tout Flux qui ne contribuent pas à son Maintien et sa Croissance. Car les Seuil Fixes sont remplacés par des "Plages" où le Régime de Réaction aux Actions Externes par Flux change mais Régule encore.

- Ce dans la mesure où une Structure Complexe est plus Fragile qu'une simplement Compliquée. Mais tend à s'Auto-organiser à la manière de Transitions de Phase Continues dont le Germe est intrinsèque et se manifeste dans des Conditions bien précises définies en un « Point Critique » autour duquel son État fluctue.
- Une telle structure tend donc à Perdre de ses Parties, et de son Énergie interne, en un Flux "Dissipé".
- Mais ce qu'elle Absorbe passe en plusieurs parts :
 - Son Énergie de Liaison ;
 - Son Énergie Interne d'Activité Propre éventuellement ;
 - Ses Constituants en Anabolisme de Croissance, mais aussi de Remplacement des Pertes une fois sa Taille maximale atteinte.

Prigogine Chimiste

- Nous avons vu que Prigogine a été l'élève de De Donder, qui a été un grand Chimiste Classique, mais qui a aussi tenté de ressusciter l'idée, déjà présente au temps de Goethe, d’Affinité. Nous y reviendrons.
- La Chimie Classique avait bien des bases Physiques, mais Thermodynamiques et non Stéréochimiques, Géométriques et Topologiques, pour ne pas parler de Physique Quantique.
- Considérant quelque Synthèse, les plus intéressantes « Consommaient de l'Énergie », et surtout « peu à peu », d'étape en étape.
- Freidrich Wöhler (1800 – 1882) a été le fondateur de la Chimie Organique et le premier à opérer de telles Synthèses.
- À toute Température « hors Congélation », il y a Ruptures occasionnelles de Molécules par « Agitation Thermique ». Même pour l'Eau entre 1 et 99°C, il y a environ $1/10^{-7}$ Molécules qui sont « H^+ » et « OH^- » au lieu de H_2O . Chacun aura reconnu le fameux « PH7 » par exemple pour l'Eau Neutre des aquariums !
- Ces Destructures de Combinaisons sont à Compenser pour les Structures un peu Complexes.
- Des Synthèses intéressantes ont été empiriquement observées depuis l'Antiquité, comme celle de l'Alcool et du "Caillé".

Synthèse et Complexion

- Qu'est-ce que la Complexité d'une Structure ici ?
- C'est son « Degré de Complexion ».
La Complexion étant ici un "État cohérent" pour une Durée de au moins "e" fois le "Temps de Planck" du Système, Temps nécessaire à une "Variation" pour "traverser" le Système.
- La "Variation" pouvant être vue comme une "Inflexion", une Courbure dans un Espace, d'où une "Onde Propre" et une "Fonction d'onde" notée Ψ .
D'où des Conditions d'Interférences, donc de Couplage, et des Temps de Latence, d'Amortissements et de Relaxation, où la Contrainte sera divisée par "e".
Bref en Harmonies, en Accords Compatibles par la Commensurabilité, la Congruence des Parties.
- Les Vitesses de Réactions selon les Activités ; les Vitesses de Progression de Réactions selon les Affinités.
- Et, à la fois Résistance aux Perturbations et Sensibilité à quelque "Bruit".

Synthèses intéressantes

- Nous avons cité la production d'Alcool et le Caillé comme Synthèses intéressantes.
- Au XIXème siècle, on a voulu, non seulement faire confiance aux « Ferments » pour opérer, mais de plus chercher ce que sont les « Ferments » en question.
- Dès que l'on a pu les «extraire », il a été évident que des « Protéines » étaient les « facteurs » en question.
- Baptisées « **Enzymes** », ces « Corps » présentaient des Caractères remarquables :
 - Action à Doses très faibles.
 - Récupérables après Action.
 - Spécificité des Matières à Traiter et Obtenues.
 - Plages de Températures précises et étroites.
- Et quelques autres, mais l'important étaient ces effets de « Catalyse » !
- Bien entendu, depuis, l'étude des « Catalyses Organiques » a beaucoup avancé !

• Activité, Liaisons, et Changements d'États.

- L'Activité Chimique a été étudiée, définie, entre Lewis en 1913 et De Donders en 1915 comme : $\mathcal{A} = f_i / f_j^\circ$ pour la "Fugacité de l'Espèce \mathcal{X}_i " sur "Fugacité de \mathcal{X}_i dans un État "Standard"". En fait, la Persistance d'une Espèce Chimique, même très fragile, isolée, peut être extrêmement longue. C'est toute Rencontre, même avec un Choc infinitésimal, avec quelque autre Objet, qui peut, soit la Briser, soit la faire se Lier avec la Chose en question !
- En 1923, De Donders a précisé :
- Pour le Mélange Mij de Constituants et la Transformation Trc telle que $\sum v_i M_i = 0$, l'Avancement ξ variera de $d\xi$ et $dS = dQ / T + d\sigma$. Soit $Td\sigma = TdS - dQ \geq 0$ et $T d\sigma/dt = T d\sigma/d\xi d\xi/dt = \mathcal{A} v \geq 0$.
Et $v = d\xi/dt$ et $\mathcal{A} = T d\sigma/d\xi$.
- Voilà que je me lance dans le Formalisme ! \mathcal{A} est en tout cas en Joules sur Moles !
- Par ailleurs tel " \mathcal{X}_i " pourra être ici une Espèce chimique, là tel autre " \mathcal{X}_i " une "Force de Liaison", un habitué faisant la différence par le contexte !
- En tout cas, les « Forces de Liaisons » peuvent être très faibles telles celles dites « De Van der Waals » impliquées dans les « Liaisons de "Pont Hydrogène" », plus fortes pour celles dites « Ioniques », et encore plus pour les « Covalentes » !
- Chacun sait qu'un Flocon de neige est moins solide que du Sel, lui-même moins robuste que de la Paraffine !
- Or, les Molécules qui nous intéressent participent des Trois !
- Et si telle Chaîne est assez résistante aux Ruptures, elles changent de « Conformation » assez facilement !
- Et tout ici, De Donders ne pouvait pas le savoir, et Prigogine à peine, dépend de faits « Stéréochimiques » et non « Ioniques » !

C'est pourquoi les tentatives d'estimations des Affinités selon d'autres Critères que Géométriques sont souvent assez différentes de ce qui est Mesuré selon les Critères proposés par De Donder & allii !

Conditions nécessaires pour qu'un Système Dynamique soit Oscillant :

- Conditions nécessaires pour qu'un Système Dynamique soit Oscillant, hors Équilibre Statique mais dans un Bassin d'Attraction, une Plage d'Activité :
 - Il existe, comme pour toute "Machine Thermique", selon Principe de Carnot, le Second Principe, une Source Chaude, et une Source Froide, donc un Flux, par exemple Entrant de « choses B » et Sortant de « choses X ».
 - Le Système comporte plusieurs Chaînes de Réactions Couplées et au moins un Cycle de au moins Trois Réactions telles que $A + B = C$, $C + D = E$, $E + G = A + X$. Généralement Trois Cycles de ce genre et plus, et Couplés, au moins en ce qui concerne quelque forme d'Échange, entre eux.
 - Les Flux Thermodynamiques notés J_{α} y sont Hors des Domaines de Relations Linéaires avec les « Forces Thermodynamiques notées " F_{α} " ».
 - Corrélativement, il existe une Structure Optimale où, si le Système Passe par cet État, ou très près, il est en un Point de Lagrange. Donc dans une Plage où les Trajectoires d'États et Phases de Transitions convergent pendant ce qui sera la « Durée de Vie » du Système ».

Conclusion Rapide mais pas Hâtive !

- Comme l'Électricité entre le XVIIème siècle de Guericke et le XIXème de Ampère, la Chimie Organique entre Wöhler et nos jours a bien changé !
- L'Électricité de « Vitreuse » et « Résineuse » étant devenue « Positive » et « Négative », l'Entropie a dû être aussi « Positive » ou « Négative ».
De même que l'Électron a dû devenir Négatif, l'**Absorption** d'Énergie en Liaisons telles que la Structuration se fasse, donc que l'Ordre Croisse, a été considérée comme Variation d'Entropie Négative !
- Mais, si sur beaucoup de points, la qualité des travaux, de De Donder à Prigogine est sans défauts hormis le détail de « Notation » évoqué supra ;
il est plus grave que les « **Formes** » des Molécules n'aient pas été mieux liées aux « Énergies » en jeu !
- Nous faire croire que la « Mécanique Statistique » joue seule et non les Caractères d'Espèces, d'Individus qui ne comptent pas par leurs Qualités, est bien plus grave encore !

• Merci de votre attention !

- PS : J'avais pensé à un exposé bien plus long et argumenté, mais j'ai mes « Notes », donc, "au plaisir d'en discuter avec Vous" !
- Il y aurait tout un Dictionnaire encyclopédique à ajouter, de « Altruisme » à « Zéolithe » !
- Prière de signaler à l'Auteur les « Mots à éclairer » !