

# Structures et oscillations

---

## 1. Introduction

Beaucoup de structures que l'on observe dans la nature sont dues à des réactions chimiques. On peut citer comme exemple les cristaux, les roches et autres minéraux qui sont le produit de l'agglomération de molécules ou atomes en structures ordonnées. Ce qui est mal connu, ou du moins, l'était avant les années 50, c'est que la plupart des structures provenant du monde vivant (structure des coquillages, taches sur le pelage de certains animaux, ...) sont le fruit d'un tout autre mécanisme : les réactions oscillatoires. En effet, certaines réactions chimiques oscillent dans le temps et/ou dans l'espace c'est à dire que la quantité de produit oscille également.

## 2. Mécanisme

Deux conditions doivent être remplies pour que l'on puisse observer l'apparition de motifs :

- La réaction doit être auto-catalysée c'est à dire qu'elle doit former un produit, provoquer un phénomène qui va agir en tant qu'activateur de la réaction. Il faut donc qu'elle obéisse à un mécanisme de « rétrocontrôle ».
- La réaction doit également être capable d'échanger de l'énergie et de la matière avec l'environnement, c'est à dire le milieu ambiant.

La variation de quantité de produits et de réactifs est due à la compétition entre un activateur qui va favoriser la formation de produit et un inhibiteur, qui va entraver le bon déroulement de la réaction. En fonction des concentrations, l'activateur ou l'inhibiteur prendra l'avantage. On observe alors la variation périodique des concentrations des réactifs/produits de la réaction au fil du temps.

Il est également possible d'obtenir des variations périodiques dans l'espace qui provoquent l'apparition de motifs géométriques. La forme de ces motifs, dépend de nombreux facteurs (conditions expérimentales, proportion des réactifs, ...).

## 3. Exemple de motifs et lien avec l'expérience

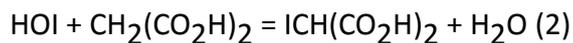
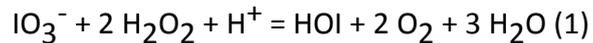
Les premières réactions chimiques oscillantes furent observées à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et au début du 20<sup>ème</sup>. Cependant ce n'est que récemment que les outils expérimentaux et théoriques ont été développés et ont pu permettre une meilleure compréhension de ces phénomènes.

Plusieurs modèles ont été élaborés pour expliquer les réactions chimiques oscillantes, notamment le modèle de Lotka, dit « modèle proie-prédateur » dont la compréhension est facile et intuitive. Il s'agit du modèle le plus simple qui permet d'appréhender les mécanismes de base du phénomène d'auto-catalyse.

Plusieurs réactions ont permis l'élaboration de ces modèles :

- Réaction de Belousov-Zhabotinsky
- Structures de Turing
- Motifs de Liesegang
- Réaction de Briggs-Rauscher

La réaction de Briggs-Rauscher est un parfait exemple d'une réaction chimique oscillante dans le temps. Son mécanisme simplifié est le suivant:



Ces motifs peuvent être observés à des échelles complètement différentes. Les exemples d'oscillations chimiques sont légions dans le monde du vivant.

Les cycles du sommeil, les battements du cœur, les cycles hormonaux, sont des exemples d'oscillations temporelles.

La forme des coquillages, la disposition des bactéries dans l'espace, les motifs dermatologiques (rayure des tigres, taches des léopards...) seraient quant à eux provoqués par des réactions cycliques dans l'espace.

#### 4. Conclusion et perspectives

Les secteurs d'applications sont divers et variés, on retrouve ces structures dans de nombreux domaines allant de la biologie aux sciences des matériaux, ainsi que dans la botanique, la géologie,...

Voici quelques exemples d'applications :

- Cycle de vie de l'acrasiale *Dictyostelium discoideum*, des bactéries qui, lorsqu'elles sont soumises à certaines contraintes vont s'agglutiner et former des spirales.
- Lors de la synthèse de nouveaux matériaux, il serait possible de favoriser la formation de certains motifs en faisant en utilisant des conditions chimiques et physiques adéquates.
- Les phénomènes de catalyses sont la plupart du temps soumis à des oscillations et la compréhension de ceux-ci permettrait de mieux contrôler les réactions catalytiques qui sont d'une importance capitale pour l'industrie.

La découverte de ces structures a également permis d'élargir le domaine de recherche de la thermodynamique. De nombreuses recherches seront encore nécessaires afin de comprendre ces phénomènes, c'est un domaine dans lequel il beaucoup reste à découvrir.