

# La théorie du champ biologique (2)

*Analyse de différents phénomènes dans les systèmes vivants  
avec la théorie du champ biologique vectoriel*

**Dans une première partie, l'auteur a défini les fondements de la théorie du champ biologique vectoriel et a montré comment Gurwitch a appliqué celle-ci à la morphogenèse.**

**Il montre ici que la théorie du champ biologique peut se révéler un outil d'analyse extrêmement fructueux pour l'ensemble des manifestations du vivant, notamment le phénomène fascinant de la mitose.**

**Cette partie peut bien sûr être lue de façon indépendante, mais il est recommandé, pour en saisir le fond, d'avoir lu la première partie.**

**S**elon les principes épistémologiques de Gurwitch, on démontre la fécondité d'une théorie que lorsque celle-ci permet d'élaborer des hypothèses de travail que l'on peut vérifier expérimentalement. Cohérent avec lui-même, Gurwitch tenta donc par tous les moyens de vérifier sa théorie du champ biologique en la confrontant au domaine incroyablement étendu des phénomènes biologiques (A.G. Gurwitch, 1944 ; A.G. Gurwitch, *Biologie analytique*, non publié). En dehors de la morphogenèse qui, en quelque sorte, donna le jour à la théorie du champ, il a touché à des problèmes aussi variés que la différenciation, l'histogenèse, la mitose, le métabolisme, le système fonctionnel neuromusculaire, l'organisation fonctionnelle dynamique du cortex cérébral et certains aspects de la sphère psychique (connexions somatopsychiques), y compris le problème philosophique de l'indétermination psychique.

## 1. EXEMPLES DE MORPHOGENÈSE

Dans la morphogenèse du développement de la phalange du triton (Anikin, 1929), les déformations des noyaux cellulaires en fonction des coordonnées spatiales furent expliquées par la présence d'un champ de construction abstrait et invariant, adapté à ce cas précis (figures 12 et 13, *Fusion* n° 71). La même phénoménologie morphogénétique peut être analysée avec la conception du champ vectoriel, qui explique aisé-

ment les déformations et les mouvements des cellules, le modèle de l'interaction entre deux cellules (figure 18, *Fusion* n° 71) étant une illustration évidente de ce point (il suffit de comparer les figures 12 et 18, *Fusion* n° 71). La construction du champ réel de la phalange conduit aux mêmes résultats que ceux auxquels aboutit Anikin, en calculant à partir de la formule abstraite.

L'exemple le plus frappant est le développement de vésicules cérébrales à partir du tube neuronal initialement lisse de l'embryon de poulet. Ce modèle a beaucoup de points communs avec l'ouvrage de référence de Gurwitch, *Le mécanisme de l'hérédité des formes*, dans lequel la notion de « morphologie dynamique préformée » fut introduite pour la première fois (A.G. Gurwitch, 1914). En construisant les champs externes réels à partir des parois épithéliales opposées du tube, on a pu prévoir la localisation des changements dans la courbure des parois, ces points étant de mieux en mieux exprimés. En conséquence, le tube neural se divise en cerveaux antérieur, moyen et postérieur (figure 25). A partir de la configuration du champ réel, les phénomènes tels que le mouvement giratoire des axes du noyau, leurs réorientations, les mouvements cellulaires, etc., peuvent être parfaitement décrits (figures 2 à 7, *Fusion* n° 71).

En dehors des deux objets ayant servi au développement des premières conceptions de champ (morphologie dynamique préformée), Gurwitch est parvenu à construire par un champ vectoriel une étape plus universelle du développement initial — la gastrulation, précisément celle de l'oursin (A.G. Gurwitch,

1944). Bien que la blastula de l'équiderme soit idéalement symétrique par rapport à tous les axes, les cellules dans la région du futur entoderme sont un peu plus grandes (hautes) que celles de la région du futur ectoderme et, en retour, leurs noyaux sont situés un peu plus loin de la surface de la blastula que ceux appartenant à d'autres régions de la blastula. Ces différences suffisent à provoquer une invagination locale qui se met en place suivant les schémas découlant des postulats de base du champ (figures 22 et 23, *Fusion* n° 71 ; **figure 26**). Ces schémas indiquent que même un faible degré d'anisotropie du champ entraîne, dans ce cas simple, des conséquences morphologiques significatives. Une fois l'invagination terminée, la tendance à aller vers l'extérieur chez les cellules mésenchymales de l'entoderme nouvellement formé s'explique par l'influence du champ des cellules voisines (figure 23, *Fusion* n° 71). C'est de là que découle l'arrangement ultérieur des cellules mésenchymales sous la forme d'un anneau entourant le boyau primaire invaginé. Si l'on prend en compte l'arrangement asymétrique (incliné) des axes de l'invagination, on peut alors expliquer les transformations ultérieures de la gastrula sphérique (**figure 26**) en un pluteus bilatéralement symétrique (le pluteus est une forme larvaire chez les échinodermes).

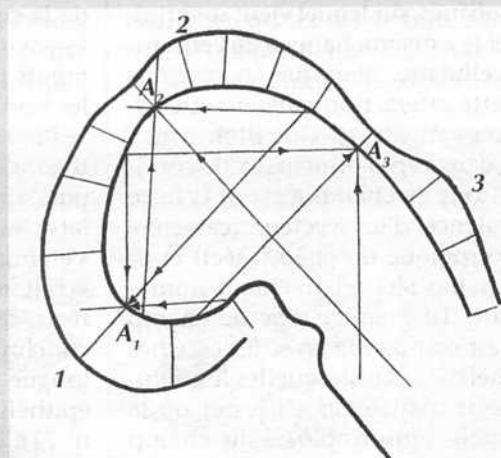
## 2. DIFFÉRENCIATION ET HISTOGENÈSE

On appelle « différenciation », l'apparition d'une divergence dans les développements de cellules embryonnaires appartenant au même ensemble cellulaire (parfois même voisines dans cet ensemble). Les différences, une fois apparues, deviennent de plus en plus marquées et la diversité des processus est d'autant plus évidente. L'évolution globale des processus qui interviennent dans les cellules qui se différencient et qui mènent à l'acquisition par les cellules d'une certaine spécificité cellulaire est désignée par le terme d'« histogenèse ».

La différenciation, en tant que phénomène, présente des obstacles insurmontables pour la conception préformiste. L'équipotentialité qui

## Figure 25 - Construction simplifiée du champ réel sur les vésicules cérébrales de l'embryon de poulet

Le contour intérieur est une coupe médiane du cerveau d'un embryon de poulet de 40 heures. L'interaction de champ entre trois régions ( $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$ ) est conditionnée par trois vecteurs : la normale au point considéré et deux autres vecteurs orientés de  $45^\circ$  par rapport à la normale. Les valeurs des vecteurs résultants permettent de prédire le contour morphogénique des étapes suivantes (contour extérieur), qui décrivent la subdivision du cerveau en trois vésicules : antérieure (1), médiane (2) et postérieure (3). (Tiré de Gurwitch, 1944.)



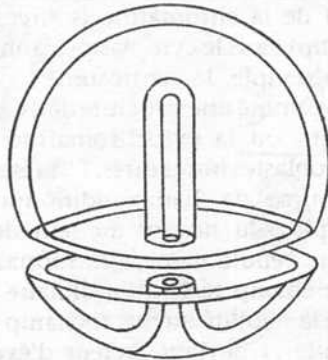
découle du principe de Driesch, suivant lequel le destin de la cellule dépend de son emplacement dans le tout, signifie pour l'essentiel que tout déplacement de cellules au sein de l'ensemble ne changera pas le résultat final (équifinalité). Ce « destin » sera particulièrement réalisé par la

différenciation, que l'on peut considérer comme une première marque de la « main du destin ». Dans ce cas, l'équipotentialité signifie donc « réalité » de la divergence observée entre les cellules en voie de différenciation (l'absence de toute entité prédéterminée pouvant être responsable des différences observées).

Le principe épigénétique se présente donc ici de la façon la plus énigmatique — encore plus incompréhensible que dans le cas de la morphogenèse. Dans ce dernier cas, on pouvait encore faire intervenir l'action de « forces » (vecteurs) *déplaçant les cellules de façon « mécanique »* (ce qui est également mystérieux mais, au moins, on fournit, en quelque sorte, une idée plus simple du mode d'action d'un facteur d'organisation hypothétique quelconque, même s'il s'agit d'un facteur indéterminé comme une entéléchie). Dans le cas de la différenciation, la « position au sein du tout » est réalisée grâce à plusieurs processus intracellulaires qui déterminent les caractéristiques de l'histogenèse.

La théorie du champ vectoriel décrit le problème de la différenciation au moyen d'hypothèses relativement simples (A.G. Gurwitch, *Biologie analytique*, non publié). Contrairement à la détermination préformiste, la « réalité » de la divergence apparue entre les cellules au moment de la différenciation est due à l'évolution conti-

## Figure 26 - Schéma d'une section de la gastrula de l'oursin au niveau de l'anneau mésenchymal



On suppose que la section correspond au « niveau zéro » du vecteur résultant de toutes les cellules de l'ecto- et de l'entoderme. (Tiré de Gurwitch, 1944.)

nuelle du champ intégral réel — aussi bien celui de l'ensemble cellulaire que celui de chaque cellule individuelle. Gurwitsch considère le champ réel de chaque cellule comme un « microchamp » composé des cellules voisines, sur lequel vient se surimposer le « macrochamp » de l'ensemble cellulaire. Bien que les résultats de cette interaction puissent être extrêmement divers, Gurwitsch considère deux types principaux de configurations de champ réel : a) la forte prévalence d'un vecteur (caractère anisotropique du champ réel) et b) un champ réel relativement homopolaire. Le premier type de champ réel est compatible avec les couches épithéliales dans lesquelles les cellules sont spatialement liées et où le caractère anisotropique du champ réel peut persister pendant un certain temps. C'est le cas dans les zones marginales de macrochamps réels (aux surfaces des complexes cellulaires multicouches) et on peut ainsi supposer des *différences zonales* du champ réel de l'ensemble (macrochamp). Au sein d'une même zone, on peut trouver des différences entre les champs réels de cellules individuelles (microchamp) qui se manifestent par l'apparition de « zones de condensation zéro » (figure 17, *Fusion* n° 71), avec forte concentration de molécules excitées qui facilitent certaines réactions chimiques et la formation de « vestiges » irréversibles.

Ainsi, les champs réels d'ensembles homogènes composés de cellules équipotentielles peuvent induire des différences, aussi bien au niveau des couches cellulaires qu'au niveau cellulaire individuel ; ces différences peuvent devenir irréversibles. Le phénomène de différenciation est ici décrit du point de vue épigénétique, compatible avec les concepts expérimentalement prouvés d'équipotentialité et d'équifinalité. Les considérations ci-dessus sur l'origine de la divergence comme cause de différenciation sont renforcées par le fait que l'on observe des différences qui sont à la fois zonales et individuelles dans les zones marginales comme, par exemple, dans la différenciation des cônes et des bâtons de la rétine (différenciation zonale) et dans celle des neuroblastes (différenciation individuelle).

La manifestation la plus intéressante de l'histogénèse, selon Gurwitsch, apparaît dans la déviation

de plus en plus marquée du principe cellulaire, tellement évident pendant la première période embryonnaire (avant la différenciation). On peut l'exprimer soit par la reconstruction complète de l'organisation initiale de la cellule (par exemple myoblaste—symplaste) ou la formation d'éléments intercellulaires (par exemple, les fibrilles de collagène).

Pour décrire ce dernier cas avec la théorie du champ biologique, on s'appuie sur l'un de ses principaux postulats : les vecteurs de champ cellulaire s'étendent au-delà des frontières de la cellule. Dans le concept des champs réels, ce postulat est renforcé par la conclusion sur l'effet de champ à longue distance dû à une couche épithéliale (figures 19 et 20, *Fusion* n° 71). Les champs réels dans les zones intercellulaires forment non seulement des « points zéro » mais aussi des « lignes zéro » ou des « surfaces zéro » qui, étant des zones de condensation, favorisent la synthèse des chaînes de peptides orientées suivant les directions des « surfaces de condensation ». Même si toutes ces considérations semblent d'une certaine manière très simples, Gurwitsch souligne qu'elles permettent néanmoins de comprendre la stricte régularité de l'orientation des fibrilles dans les plaques osseuses, la cornée ainsi que dans différentes formations cuticulaires ou squelettiques chez les invertébrés.

Quant à la reconstruction de l'organisation cellulaire, Gurwitsch accepte l'hypothèse qu'il existe plus d'une source de champ, au moins dans certains types de cellules. Cette hypothèse est confortée par la preuve de la présence de structures contenant de la chromatine (sources de champ) dans le cytoplasme, comme, par exemple, le centrosome (considéré comme une structure dérivée du noyau) ou la cytochromatine des neuroblastes immatures. La présence de sources de champ additionnelles (en plus du noyau) au sein de la même cellule mène à la formation d'un champ réel intracellulaire qui brise la stabilité du macrochamp réel installé et devient facteur d'évolution irréversible dans le domaine intracellulaire, tandis que l'ensemble a terminé son développement morphogénétique. Ceci peut expliquer les changements cellulaires continus qui constituent le processus de l'histogénèse.

### 3. MITOSE

Le meilleur exemple de l'analyse de champ liée au niveau subcellulaire est sans doute la description correcte de la mitose, celle-ci présentant une chaîne très compliquée d'événements, réalisés en séquence avec une remarquable et stricte coordination dans le temps et l'espace. Toutes les étapes du « phénomène miraculeux de la caryocinèse » [la caryocinèse est la phase de la mitose au cours de laquelle le noyau est dédoublé, *NdT*] (A.G. Gurwitsch, 1941) furent analysées en grand détail par Gurwitsch, grâce aux postulats du champ vectoriel, et furent décrites de façon très complète dans son œuvre encore non publiée, *La théorie de la mitose* (1954). Cependant, ces constructions purement modélisatrices furent corroborées de façon brillamment illustrative par les études réalisées par E. Puchalskaya sous la conduite directe de Gurwitsch.

Ces études portaient sur les vésicules cérébrales des embryons d'amphibiens, notamment la salamandre, les méristèmes de bulbe d'oignon [le méristème est un tissu jeune qui engendre les autres tissus d'un organe, et dont les cellules très serrées sont en voie de cloisonnement, *NdT*] et les microsporocytes de mélèze (*Larix sp.*). On trouva que dans un grand nombre de mitoses, les figures cariocinétiques sont asymétriques, en particulier au cours de l'anaphase et de la télophase [troisième et dernière étape de la mitose, *NdT*]. L'asymétrie s'exprimait par la distorsion du fuseau achromatique qui, « normalement », est rectiligne, et dans le déplacement ou la rotation des figures chromatiques [figures formées par les chromosomes au cours de la mitose, *NdT*] de la fin de l'anaphase et de la télophase. Des observations plus poussées firent apparaître que cette asymétrie s'observait généralement lorsque les cellules voisines connaissaient également des mitoses, mais à un stade antérieur (par exemple la spirème, un stade où les chromosomes sont en pelote pendant la prophase, et la métaphase) alors que les mitoses isolées étaient habituellement symétriques (figure 27a). Le voisinage des cellules parvenues à des stades préliminaires de la mitose ne suffisait pas toujours à provoquer l'asymétrie. Celle-ci dépendait de cer-

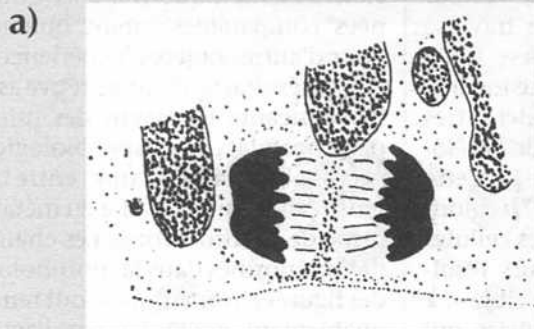
taines orientations stériques spécifiques des figures de la spirème ou de la métaphase dans les cellules voisines (**figures 27b et c**).

On explique habituellement que l'asymétrie observée est due à des facteurs mécaniques : les cellules aux stades antérieurs de la mitose ont une pression interne plus forte qui serait

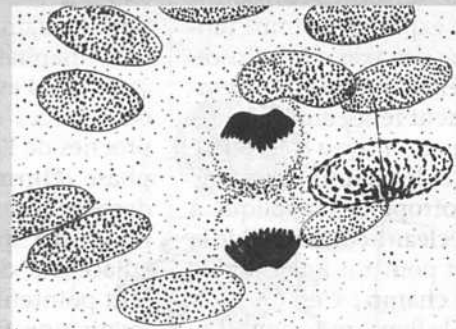
à l'origine d'une pression mécanique sur leurs voisines. Pour les cellules cérébrales d'amphibiens, le déplacement asymétrique de la figure mitotique n'était généralement pas suivi d'un changement quelconque aux frontières cellulaires mais, vu l'indétermination de ces frontières et la petite taille des cellules, il était impossible

d'exclure le facteur mécanique. Par contre, dans les cellules végétales, surtout dans les méristèmes de bulbes d'oignon, dotées d'enveloppes épaisses et rigides, les contours clairs et distincts de la cellule restaient inchangés dans les cas de forte asymétrie, ce qui permettait d'exclure l'hypothèse mécanique. Toutefois, le fait

### Figures 27 - a) à f)



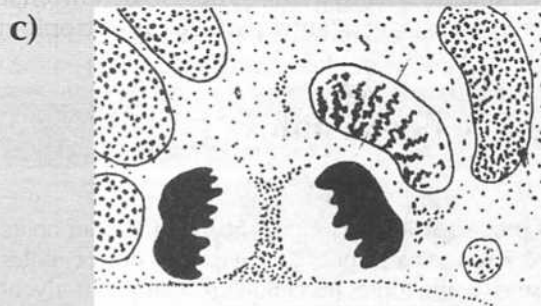
a)



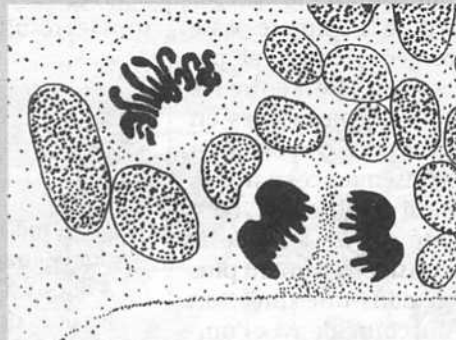
b)

a) Mitose isolée dans la vésicule cérébrale de la salamandre. Les figures mitotiques sont symétriques.

b) Télaphase symétrique l'axe long (vecteur hétéropolaire) de la spirème proche ne traverse pas la figure mitotique.



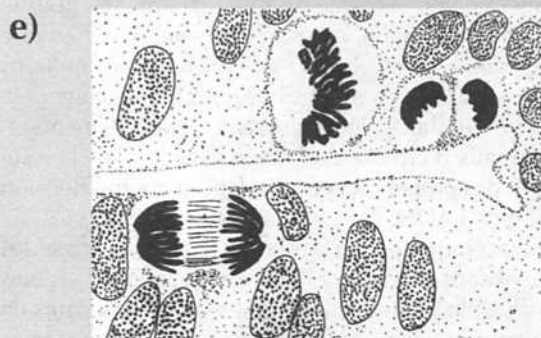
c)



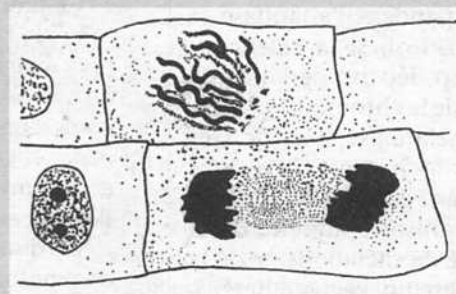
d)

c) Télaphase asymétrique dans le voisinage d'une spirème (vésicule cérébral de la salamandre). L'axe long de la spirème traverse la figure mitotique et l'on observe le déplacement de la figure télaphasique fille la plus proche.

d) Télaphase asymétrique dans le voisinage de la métaphase. L'axe long de la métaphase adjacente traverse l'une des figures mitotiques filles, ce qui est corrélé avec son déplacement.



e)



f)

e) Télaphase asymétrique sous l'influence d'une métaphase adjacente (vésicule cérébrale de la salamandre). En haut : télaphase asymétrique qui est traversée par l'axe de la métaphase ; en bas : anaphase symétrique qui n'est pas traversée par l'axe de la métaphase.

f) Influence de la spirème sur la figure mitotique télaphase (bulbe d'oignon). L'axe long hétéropolaire de la spirème traverse la figure mitotique : déplacement de l'une des figures mitotiques filles.

(Tiré de Puchalskaya, 1947.)

le plus important était que le voisinage de cellules aux spirèmes n'était pas la seule condition de l'induction de l'asymétrie : il fallait que les figures chromatiques de la spirème et de la métaphase soient orientées spécifiquement par rapport aux cellules arrivées au stade de l'anaphase ou à la télophase, dans lesquelles l'asymétrie mitotique était observée.

L'analyse de ce phénomène étonnant au moyen des postulats du champ vectoriel reposait sur l'hypothèse de travail suivante : l'anisotropie du champ exprimée comme rapport spécifique des axes de l'ellipsoïde du champ élémentaire impulsional est également reliée aux vecteurs qui émanent du noyau considéré comme source de champ. Le même principe anisotropique s'applique à tout dérivé nucléaire contenant de la chromatine et pouvant jouer le rôle de source de champ ; c'est précisément le cas de la figure mitotique. Les calculs montrent que si l'on prend en compte la forme spécifique (en fer à cheval) des chromosomes dans la spirème et la métaphase, le vecteur champ résultant de la spirème passe par son centre géométrique et par son « ombilic » — l'endroit entre les parties pliées des chromosomes en forme de fer à cheval. Ce vecteur est caractérisé en conséquences par l'hétéropolarité, ce qui signifie que, bien qu'il soit orienté sur les axes de la spirème, il est considérablement plus fort (plus long) dans une direction préférentielle qui coïncide avec l'ombilic de la spirème. Par ailleurs, le métabolisme de la chromatine augmente substantiellement pendant la mitose, atteint un maximum à la métaphase et décroît ensuite considérablement pendant l'anaphase et la télophase. Ainsi, si la valeur du vecteur champ dépend de l'activité métabolique de la chromatine, la spirème et la métaphase sont de très fortes sources de champ. Et le vecteur champ résultant dans la spirème, du fait de la loi anisotropique et de la forte intensité du métabolisme de la chromatine, est un vecteur hétéropolaire à fort module, pointant préférentiellement dans une direction qui coïncide avec l'ombilic de la spirème. Cette hypothèse de travail étant utilisée pour l'explication du phénomène, on obtint les résultats suivants (Puchalskaya, 1947).

On nota que l'asymétrie dans l'anaphase et la télophase était observée

dans les cas où la spirème ou la métaphase intervenant dans les cellules voisines étaient orientés de telle façon que la direction du vecteur champ hétéropolaire résultant traversait les figures de l'anaphase ou de la télophase (**figures 27c à l**). Toutes ces illustrations obtenues sur différents objets d'expérience démontrent la même régularité. A l'inverse, dans tous les cas où les figures de la spirème ou de la métaphase des cellules voisines étaient orientées de telle façon que la direction de leur vecteur hétéropolaire résultant ne traverse pas l'anaphase ou la télophase, il n'y avait pas d'asymétrie, même lorsque ces sources de champ étaient très proches de l'anaphase ou de la télophase (**figures 27a, b et j**). Cette dernière figure (**figure 27j**) montrant deux spirèmes dans les cellules adjacentes dont les vecteurs résultant pointent « à côté de la cible », à savoir une figure de télophase qui reste parfaitement symétrique, semble démontrer le triomphe de l'hypothèse de travail adoptée.

Avec un traitement statistique de tous les résultats (les données présen-

tées ici furent obtenues sur les méristèmes des bulbes d'oignon), nous obtenons les chiffres suivants : a) sur un total de 339 cas de mitoses isolées, 35 étaient asymétriques (10,3%) ; b) sur un total de 115 cas où la direction des vecteurs résultant des spirèmes voisines coupait les figures mitotiques, 113 étaient asymétriques (98,3%) ; c) sur un total de 303 cas où la direction des vecteurs résultant des spirèmes voisines ne coupait pas les figures mitotiques, 2 seulement étaient asymétriques (0,7%). Des données comparables furent obtenues pour d'autres objets d'expérience.

Ces résultats sont une preuve assez convaincante en faveur des principaux postulats du champ biologique vectoriel, sur la corrélation entre l'intensité du champ et celle du métabolisme de la chromatine. Les changements énormes dans la morphologie des figures chromatiques sont remarquablement expliqués par l'action répulsive du champ vectoriel de la spirème, qui a un vecteur résultant fort à cause, d'une part, de la forte activité de synthèse de chromatine et, d'autre part, de l'anisotropie et de

## Qu'est-ce que la mitose ?

La mitose est l'un des processus les plus étonnants de la vie, au cours duquel une cellule « mère » donne naissance, par division, à deux cellules « filles ». Dans un organisme vivant, toutes les cellules somatiques dérivent les unes des autres et ont le même contenu « informationnel » contenu dans les molécules d'ADN qui constituent leurs chromosomes. Avant la mitose proprement dite, on commence donc par dupliquer les chromosomes de la cellule mère. Pendant la mitose, ces paires de chromosomes vont se déplacer en un même lieu, puis se séparer tous ensembles pour donner naissance à deux ensembles de chromosomes.

Ce processus extrêmement complexe joue un rôle fondamental pour la santé de l'individu. Chez un être humain, on estime en effet que, rien que pour maintenir un nombre constant de globules rouges, il faut deux millions de mitoses par seconde dans les cellules souches de globules. Comment le corps d'un individu arrive-t-il à répliquer incessamment et massivement son matériel génétique avec un taux d'erreurs extrêmement réduit ? Cela reste encore mystérieux, en dépit des progrès accomplis dans la compréhension des processus de réparation de l'ADN.

On distingue généralement cinq étapes de la mitose : dans la *prophase*, les chromosomes se condensent dans le noyau cellulaire et deviennent visibles au microscope, sous forme de filaments enchevêtrés en pelote. Au cours de la *prémétaphase*, l'enveloppe du noyau se fragmente et les chromosomes s'orientent par rapport aux pôles. Suit la *métaphase*, qui forme une figure de fuseau reliant deux pôles, avec tous les chromosomes rassemblés dans le plan équatorial de ce fuseau. C'est le moment de la séparation en deux ensembles, consommée pendant l'*anaphase*, qui voit chacun repartir vers le pôle. Enfin, la télophase voit la reconstitution des enveloppes nucléaires, pour former deux nouveaux noyaux.

EG

l'hétéropolarité très marquées de son champ.

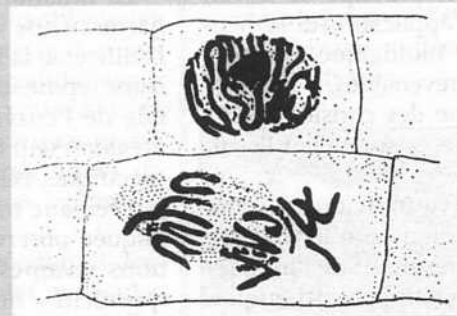
Ces extraordinaires résultats furent publiés en russe dans une édition non périodique d'un petit recueil d'articles sur la mitogenèse et la théorie du champ biologique (Puchalskaya, 1947). Ils sont passés complètement inaperçus dans le milieu scientifique occidental.

#### 4. PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES RÉVERSIBLES

Bien que l'élaboration d'une théorie du champ biologique par Gurwitch fût basée sur les problèmes fonda-

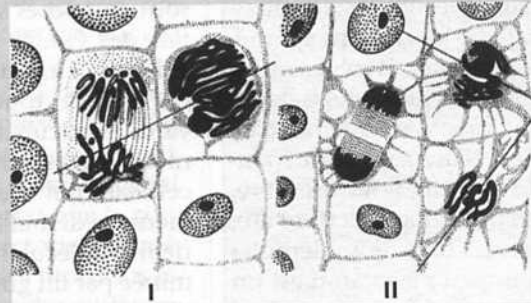
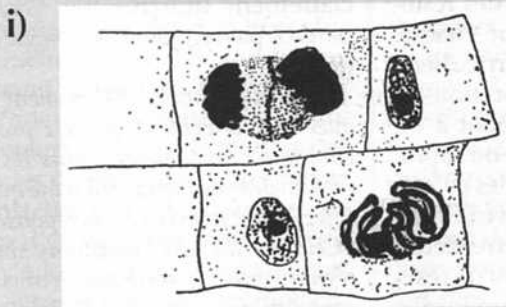
mentaux de la biologie du développement, les processus réversibles devaient forcément être abordés, dès lors que la théorie commençait à toucher tous les niveaux de l'organisation biologique, y compris le niveau moléculaire. Cependant, l'intérêt passionné que Gurwitch portait aux processus de l'excitation nerveuse et aux régularités de fonctionnement

Figures 27 - g) à l)



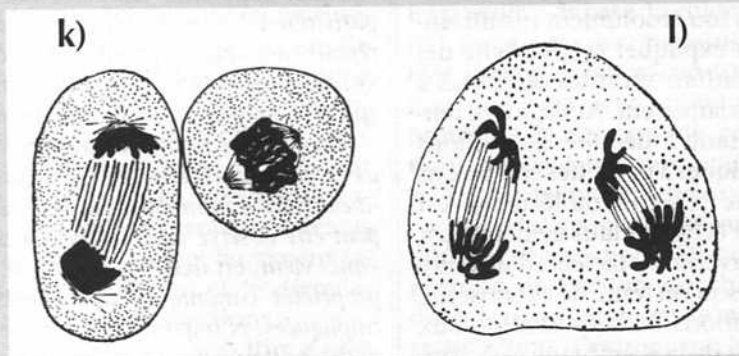
g) Influence de la spirème sur la figure mitotique anaphase (bulbe d'oignon). L'axe long hétéropolaire de la spirème (à gauche) traverse la figure anaphase : déplacement de l'une des figures mitotiques filles.

h) Une influence plus forte de la spirème sur la figure mitotique anaphase. L'axe long hétéropolaire de la spirème (à droite) traverse la figure anaphase et cela correspond avec la distorsion de la figure.



i) Influence de la spirème sur la figure mitotique télophase (bulbe d'oignon). L'axe long hétéropolaire de la spirème (à gauche) traverse l'une des figures mitotiques filles de la télophase, ce qui correspond avec son déplacement.

j) Illustration de l'influence de l'arrangement spatial mutuel des figures mitotiques sur leur morphologie. I. L'axe long hétéropolaire de la spirème traverse la figure anaphase et cela correspond avec la distorsion de la figure ; II. Les axes longs hétéropolaires de deux spirèmes adjacents ne traversent pas la télophase située tout près, qui reste parfaitement symétrique.



k) Influence de l'arrangement spatial mutuel des figures mitotiques sur leur morphologie (microsporocyte de mélèze). Deux microsporocytes maternels : déplacement de l'une des figures télophases filles qui est traversée par l'axe long de l'anaphase précoce.

l) Influence mutuelle de deux mitoses se déroulant dans un microsporocyte maternel. On constate l'asymétrie des parties supérieures des figures mitotiques, qui sont davantage rapprochées (influence de l'anisotropie du champ).

(Tiré de Puchalskaya, 1947.)

du cortex cérébral apparut plus tôt (A.G. Gurwitch, 1929) : cela faisait partie de son intérêt général pour les processus physiologiques considérés comme des réactions réversibles, qu'il essayait d'appréhender avec les mêmes principes suprêmes d'équipotentialité et d'équifinalité. La découverte du rayonnement mitogénétique de dégradation (A.G. Gurwitch, 1937b ; A.G. Gurwitch, L.D. Gurwitch, 1937a, 1937b) fournit la base expérimentale d'une conception de constellations moléculaires non équilibrées qui apparaurent rapidement comme le principe de travail essentiel pour l'application de la théorie du champ biologique vectoriel aux processus réversibles.

Le fil logique des considérations de Gurwitch sur ce sujet était le suivant.

Le cycle de la vie individuelle, après un développement embryonnaire « sans limite » résultant de l'interaction entre des champs synthétiques réels en évolution perpétuelle, finit par se terminer et cela correspond à la stabilisation du champ résultant pour l'ensemble. Ainsi, les processus irréversibles progressifs s'interrompent graduellement et sont remplacés par des processus réversibles stationnaires. En parallèle, les champs synthétiques réels cessent d'évoluer et les champs cellulaires individuels, identiques et invariants, deviennent de plus en plus efficaces et indépendants. Il ne s'agit pas, pour ainsi dire, d'un champ de fond permettant aux processus réversibles de se dérouler indépendamment ; le champ est un facteur invariant spécifique de l'espèce qui détermine le caractère conservateur de différentes « actions » ou réactions réversibles.

Nous allons maintenant traiter, de façon résumée, de l'analyse de champ menée par Gurwitch sur les principaux types de processus réversibles.

## Principaux processus métaboliques

Le métabolisme, l'un des principaux problèmes de la biochimie classique et de la biologie moléculaire moderne, est la parfaite image des énormes progrès réalisés grâce à la tendance analytique qui domine actuellement les sciences biologiques.

A première vue, il ne semble pas y avoir de faille dans ses fondements théoriques et on peut se demander s'il est nécessaire de lui appliquer les principes « suprêmes » que nous avons considérés plus haut. De même, l'enzymologie, à la base de la biochimie du métabolisme, est l'une des branches les plus élaborées des sciences biologiques. Le dogme moderne incontesté « gène-enzyme » semble servir de pont magique entre la haute sphère des facteurs de détermination (et de régulation) et le niveau inférieur des exécutants.

La situation n'est pourtant pas si harmonieuse que cela. En fait, tout l'édifice de la biochimie du métabolisme repose sur la notion fondamentale de l'enzyme considéré comme un catalyseur biologique hautement spécifique, censé fournir au niveau moléculaire toute la spécificité compliquée observée sur les manifestations vivantes. Toutefois, la « forte spécificité » de l'enzyme correspondant à la « forte spécificité » des manifestations vivantes observées doit être projetée sur un réseau extrêmement compliqué de « chemins métaboliques » commandés par les enzymes. Les schémas de ces chemins sont composés sur la base des résultats des études menées sur chaque réaction enzymatique particulière. Cependant, toute manifestation vivante particulière intervenant à un niveau supérieur (cellulaire ou supra-cellulaire), si elle est due à des événements se déroulant à un niveau inférieur (moléculaire), doit être déterminée par un grand nombre de réactions enzymatiques très coordonnées dans l'espace et le temps. Il devient évident qu'en dernière instance, c'est précisément cette coordination qui détermine la spécificité des manifestations vivantes. Les conditions des réactions enzymatiques définies en termes purement chimiques sont inadéquates (ou absolument insuffisantes) pour expliquer la spécificité des manifestations vivantes observées à l'échelon supérieur. Ainsi, toute tentative visant à déduire des actions enzymatiques à partir des conditions du même échelon moléculaire est vouée à l'échec. Il faut évidemment faire intervenir des facteurs d'un autre type. Lorsqu'on tente de circonscrire les conditions de coordination aux structures de la membrane cellulaire (appareil de Golgi, réticule endoplasmique, cytosquelette intracellulaire,

etc.), on se heurte au même obstacle logique : l'architecture spécifique des structures de la membrane, censée fournir l'arrangement spatial spécifique des processus chimiques *in vivo*, ne préexiste pas dans une forme spécifique définie mais est elle-même constituée grâce à certaines réactions synthétiques spécifiques.

Faire entrer en jeu le génome ne sauve pas la situation puisque le problème de la coordination des réactions enzymatiques est remplacé par celui de la coordination du déclenchement des gènes respectifs, ce qui aboutit à la même impasse logique. Le problème est ainsi simplement déplacé à un niveau de plus en plus lointain, jusqu'au point où il commence à apparaître comme l'une des questions éternelles de la « philosophie de la nature », inaccessible à l'analyse scientifique. A ce moment, tout questionnement semble indécis et déplacé (comme les vaines dissertations sur la nature des lois naturelles ou sur la divisibilité à l'infini des particules élémentaires) puisqu'il mènera inévitablement à une réponse tautologique. Cependant, la tautologie est bien souvent imaginaire ou temporaire et cette situation fut clairement illustrée par Gurwitch dans ce passage de son *Biologie analytique* :

« A la question : "Comment expliquer le fait évident que les processus chimiques se déroulent dans les systèmes vivants de façon différente que ceux intervenant *in vitro* ?", la réponse sera : "Cela est dû aux conditions spéciales régnant dans les systèmes vivants". A la question suivante : "Quelle est l'essence de ces conditions ?", la réponse sera : "Les conditions sont dues à des combinaisons de molécules dans les systèmes vivants que nous n'avons pas encore constatées mais qui sont, en principe, constatables". A la question suivante : "A quoi sont dues ces combinaisons particulières de molécules ?", la seule réponse possible du point de vue conventionnel sera : "A des conditions spéciales propres aux systèmes vivants".

« Sous cette forme, la tautologie est assez claire mais elle découle en fait de la conviction immuable que tout ce qui peut être observé dans les systèmes vivants vient, en dernière instance, des propriétés canoniques des molécules impliquées. N'importe quelle autre hypothèse allant au-delà de cette assertion est déclarée tautologique puisque, selon sa définition même, elle ne peut être

réduite à un schéma moléculaire. Le cercle vicieux de cette argumentation est évident : l'hypothèse en discussion, bien que non conventionnelle, peut échapper à la tautologie si on définit de façon restrictive [ce que sont les « conditions spéciales »]. Elle ne semble incompréhensible que si on la considère du point de vue canonique. »

L'hypothèse non conventionnelle discutée, définie de façon restrictive et non réduite aux propriétés canoniques des molécules, est le facteur champ qui coordonne les processus enzymatiques au niveau moléculaire et qui « subordonne » les conditions de coordination au niveau moléculaire aux conditions de champ régnant aux niveaux supérieurs (cellulaire et supracellulaire). En utilisant le vocabulaire de la théorie du champ biologique vectoriel, les conditions spécifiques aux processus chimiques intervenant dans les systèmes vivants sont réalisées par les *constellations moléculaires non équilibrées*. Celles-ci comprennent notamment des molécules de protéine excitées dont l'orientation spécifique au sein de la constellation est déterminée par les vecteurs résultants du champ synthétique réel. L'orientation spécifique au sein de la constellation de molécules non liées chimiquement amène les conditions spécifiques suivantes :

1. L'orientation parallèle (le long des vecteurs champ résultants) des molécules de protéine excitées dans les constellations est à l'origine de niveaux d'énergie communs. En conséquence, lorsqu'un quantum d'énergie est absorbé par l'une des molécules appartenant aux constellations, il peut circuler jusqu'aux limites de la constellation. Cela signifie que tous les quanta d'énergie absorbés par toutes les molécules excitées — membres des constellations — vont dans une espèce de pool énergétique commun (c'est précisément l'énergie nécessaire au maintien en continu de l'état non équilibré des constellations et donc la même énergie qui se trouve libérée sous forme de rayonnement mitogénétique de dégradation après la destruction de la constellation). À l'évidence, ces niveaux d'énergie communs peuvent largement favoriser la réalisation et le déroulement de certaines réactions.

2. L'orientation spécifique des molécules excitées au sein des constellations peut provoquer des condi-

tions stériques spécifiques (et donc multiformes) pour la facilitation ou l'empêchement du déroulement de certaines réactions chimiques qui, *in vitro*, sont respectivement de faible et forte probabilités.

3. Du fait de la réalisation de certaines réactions chimiques (enzymatiques) *in vivo*, grâce à l'orientation spatiale spécifique des molécules de protéine excitées au sein des constellations non équilibrées, des *composés et structures stables* peuvent alors se former (les vestiges, ou *vestigia*, suivant la terminologie de Gurwitch) et jouer un rôle dans la régulation et la coordination de réactions chimiques dans les systèmes vivants (par exemple, la distribution intracellulaire spécifique de différents enzymes liés à la membrane qui fournissent un grand nombre de chaînes spécifiques de réactions enzymatiques coordonnées).

Les conséquences décrites ci-dessus d'une orientation des molécules par le champ au sein des constellations non équilibrées (« la discipline moléculaire en déséquilibre », selon Gurwitch) sont essentiellement l'expression de ces conditions spécifiques notoires qui déterminent la façon particulière dont se déroulent les réactions chimiques, celle-ci n'étant pas due aux propriétés intrinsèques des molécules impliquées. La notion de « conditions spécifiques » est dépourvue de toute tautologie puisqu'elle a ici la signification restreinte de *paramètre spatial*.

Si on veut démontrer que la conception de champ vectoriel est adéquate pour analyser les processus réversibles, on s'y prendra différemment que pour l'analyse de la morphogénèse. Dans ce dernier cas, le critère d'applicabilité de la conception du champ repose sur les données de configurations géométriques de différentes parties de l'embryon qui peuvent être modélisées en utilisant les postulats de base du champ vectoriel. Dans le cas des processus réversibles, l'argumentation consiste à affirmer que l'on peut appliquer à ce problème le concept de constellations moléculaires non équilibrées, lui-même déduit de la preuve expérimentale du rayonnement mitogénétique de dégradation. Dans ce cas, le postulat de l'action du champ en découle nécessairement de même que sa définition : l'existence et le renouvellement des constellations moléculaires non équilibrées est possible

grâce à un facteur qui est extérieur aux constellations mais qui n'est pas leur propriété intrinsèque. Le caractère du champ vectoriel réel et le lien entre l'intensité du champ et l'activité métabolique fait du champ réel un outil plus puissant, qui n'est pas seulement un « facteur principal » de la morphogénèse, mais également un agent de coordination et de régulation dans la réalisation des processus métaboliques réversibles.

Les considérations qui précèdent ouvrent une *terra incognita* pour les études expérimentales de la coordination des processus métaboliques en connexion avec l'état non équilibré du substrat moléculaire dans les systèmes vivants. ■

#### Références bibliographiques

Anikin, A. W., 1929, *Das morphogene Feld der Knorpelbildung*, W. Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik, 114, 549-577.

Gurwitch, A. G., 1914, *Der Vererbungsmechanismus der Form*, W. Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik, 39, 516-577.

Gurwitch, A. G., 1937a, *Mitogenetic analysis of the excitation of the nervous system*, Amsterdam.

Gurwitch, A. G., 1937b, *Le rayonnement de dégradation du système nerveux central*, Archives des sciences biologiques, 45, 53-57, (en russe).

Gurwitch, A. G., 1941, *Journal autobiographique*, non publié.

Gurwitch, A. G., 1944, *La théorie du champ biologique*, Ed. Sovetskaya Nauka, Moscou, (en russe).

Gurwitch, A. G., 1954, *Biologie analytique*, non publié.

Gurwitch, A. G., 1954, *La théorie de la mitose*, non publié.

Puchalskaya, E., 1947, « Morphological alteration of mitotic figures resulting in their interaction », in *Coll. of Works on Mitogenesis and the Theory of Biological Field*, Edité par A. G. Gurwitch - Académie des sciences médicales d'URSS, pp.148-173, Moscou (en russe).

Dans le prochain  
numéro nous  
publierons la  
troisième et dernière  
partie de cet article  
portant sur la  
neurophysiologie