

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 18 (1936)

Artikel: Les frontières de la physique et de la biologie
Autor: Guye, Ch.-Eug.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-743069>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LES FRONTIÈRES DE LA PHYSIQUE ET DE LA BIOLOGIE¹

PAR

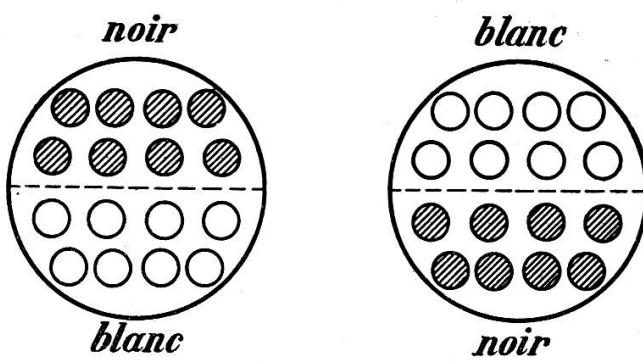
Ch.-Eug. GUYE

(avec 6 fig.)

(Quatrième mémoire)

SUR LES PROBABILITÉS D'APPARITION DES CONFIGURATIONS DISSYMETRIQUES.

Considérons en premier lieu le cas très simple de configurations symétriques et dissymétriques formées seulement de deux constituants, que nous appellerons les « grains noirs » et les « grains blancs ».

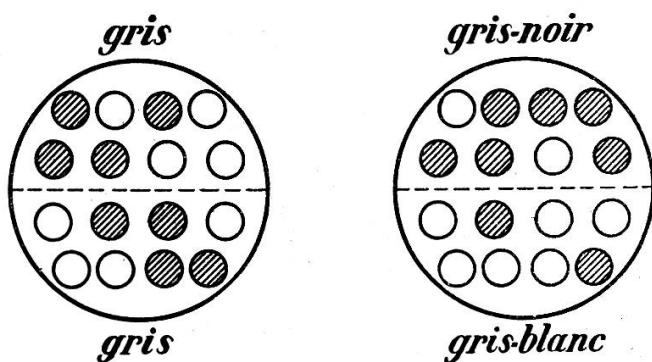


1

2

¹ Voir à ce sujet les Frontières de la Physique et de la Biologie. *Arch. des Sc. phys. et nat.* (janv.-févr) 1935 — (mai-juin) 1935 (janv.-fév.) 1936; notamment le premier de ces articles où la question des configurations dissymétriques est abordée dans une Note.

Les figures (1) et (2) nous représentent les configurations « *dissymétriques maxima* »; c'est-à-dire celles où chaque moitié du système ne renferme qu'une sorte de grains; la figure (3) désigne une configuration « *symétrique maximum* » en ce sens qu'elle renferme dans chaque moitié du système le même nombre de grains blancs et de grains noirs, quelle que soit d'ailleurs leur situation relative. Enfin la figure (4) nous montre une configuration intermédiaire.



3

4

Mais le fait qui doit avant tout retenir notre attention est que les *configurations dissymétriques* (types 1 et 2) *ont sur le milieu qui les entoure* (à distance sur notre œil en particulier) des propriétés différentes de celles que produisent les innombrables configurations plus symétriques (type 3) qui à notre échelle d'observation (c'est-à-dire à distance) ne nous livrent qu'un phénomène statistique (le gris). Les configurations dissymétriques, au contraire, laissent apparaître, à la même échelle d'observation, les propriétés des constituants (c'est-à-dire le noir et le blanc).

Or il est facile de démontrer, par les lois de l'analyse combinatoire¹ que l'apparition des configurations dissymétriques maxima est extrêmement rare relativement à celle des innombrables configurations qui se rapprochent du type 3. Elles sont même « relativement » d'autant plus rares que le nombre $2m$ des éléments constituants est plus grand.

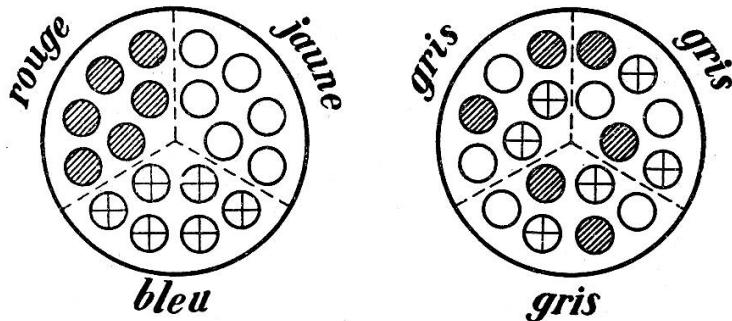
La probabilité d'apparition d'une configuration dissymétrique maximum (type 1 ou 2) est donnée par la relation

$$p = \frac{m! m!}{(2m)!}$$

m désignant le nombre total d'éléments que renferme chacune des moitiés du système.

Dans le cas où le système serait formé de trois constituants en nombre égaux (fig. 5 et 6), cette probabilité d'apparition serait²

$$p = \frac{m! m! m!}{(3m)!}$$



5

6

Ainsi que le montrent les formules précédentes, on voit que les probabilités d'apparition des configurations dissymétriques maxima sont extrêmement petites, dès que m atteint une certaine valeur.

Mais au lieu d'envisager le cas où la dissymétrie est maximum entre les deux moitiés du système, nous allons maintenant examiner de plus près celui où la dissymétrie est d'un degré

¹ Voir pour les démonstrations des diverses formules de cet article: C.-E. GUYE, Les Frontières de la Physique et de la Biologie. *Arch. des Sc. phys. et nat.* (5), 17, p. 24 (1935).

² On pourrait évidemment imaginer des cas beaucoup plus complexes dans lesquels les constituants d'espèce différente ne seraient pas en nombre égal et pour lesquels les probabilités d'occuper telle ou telle position ne seraient pas les mêmes.

quelconque, mesuré par la fraction n/m ; n désignant le nombre de grains (noirs ou blancs) que renferme l'une des moitiés du système (la partie supérieure, par exemple)¹.

On trouve alors que la probabilité d'apparition d'une configuration de degré dissymétrique déterminé n/m est donnée par la relation

$$p_{n/m} = [C_m^n]^2 \frac{m! m!}{(2m)!}$$

D'autre part le nombre de configurations différentes de degré dissymétrique n/m que l'on peut former avec les $2m$ grains est :

$$N = [C_m^n]^2$$

C_m^n désignant le nombre des combinaisons que l'on peut former avec m éléments pris n à n .

Dans le tableau suivant, nous avons réuni les valeurs que prennent N et $p_{n/m}$ pour les divers degrés de dissymétrie n/m ; et cela lorsque $m = 10$; $m = 100$ et $m = 1000$; de façon à bien mettre en évidence ce que deviennent ces valeurs lorsque m grandit.

L'examen de ce tableau nous montre en premier lieu que, *les configurations dont le degré de dissymétrie n/m s'écarte notablement de la valeur minimum n/m = 0.5 sont extrêmement peu nombreuses « relativement » à celles qui s'en rapprochent*. Leur probabilité d'apparition est toujours très faible et d'autant plus faible que le nombre des éléments constituants $2m$ est plus grand.

Par exemple la probabilité d'apparition d'une configuration de degré 0.9 est 0.00054 pour $m = 10$; elle n'est plus que de 3.3×10^{-33} pour $m = 100$. Pour $m = 1000$ elle serait de l'ordre de 10^{-321} ². (Calcul effectué par la méthode de Stirling).

¹ On remarquera que la dissymétrie est d'autant plus grande que le rapport n/m est plus voisin de l'unité ou de zéro. Dans le cas qui nous occupe cette dissymétrie est *minimum* lorsque $n/m = 0.5$.

$m = 10$				$m = 100$				$m = 1000$			
$\frac{n}{m}$	$N = [C_m^n]^2$	$p_{n/m}$		$\frac{n}{m}$	$N = [C_m^n]^2$	$p_{n/m}$		$\frac{n}{m}$	$N = [C_m^n]^2$	$p_{n/m}$	
1.0 (noir pur)	1	0.00000540		1.00 (noir pur)	1	1.105 $\times 10^{-59}$		1.000 (noir pur)	1	0.489 $\times 10^{-600}$	
0.9	100	0.000540		0.90	3×10^{26}	3.3×10^{-33}		0.900	4.13×10^{27}	2.02×10^{-321}	
0.8	2025	0.01097		0.80	2.9×10^{41}	3.2×10^{-18}		0.800	4.38×10^{431}	2.14×10^{-169}	
0.7	14400	0.0780		0.70	8.6×10^{50}	9.5×10^{-9}		0.700	2.94×10^{527}	1.43×10^{-73}	
0.6	44100	0.2388		0.60	1.9×10^{56}	2.4×10^{-3}		0.600	2.47×10^{581}	1.21×10^{-19}	
0.5 (gris moy.)	63504	0.3439		0.50	1.01×10^{58}	1.4×10^{-4}		0.500 (gris moy.)	7.31×10^{598}	3.57×10^{-2}	
0.6	44100	0.2388		0.60	1.9×10^{56}	2.1×10^{-3}		0.600	2.47×10^{581}	1.21×10^{-19}	
0.7	14400	0.0780		0.70	8.6×10^{50}	9.5×10^{-9}		0.700	2.94×10^{527}	1.43×10^{-73}	
0.8	2025	0.01097		0.80	2.9×10^{41}	3.2×10^{-18}		0.800	4.38×10^{431}	2.14×10^{-169}	
0.9	100	0.00054		0.90	3×10^{26}	3.3×10^{-33}		0.900	4.13×10^{27}	2.02×10^{-321}	
1.0 (blanc pur)	1	0.00000540		1.00	1	1.105×10^{-59}		1.000 (blanc pur)	1	0.489×10^{-600}	

En second lieu dès que m n'est plus très petit, le nombre des configurations, même très dissymétriques, devient très élevé « en valeur absolue », bien que leur probabilité d'apparition reste très faible. Alors que pour le degré de dissymétrie 0.9 le nombre des configurations différentes est de 100 lorsque $m = 10$, pour le même degré de dissymétrie il s'élève à 3×10^{26} lorsque $m = 100$; il est de l'ordre de 4×10^{279} pour $m = 1000$.

Enfin, on remarquera qu'au fur et à mesure que m grandit les configurations possibles se « resserrent » autour de la valeur de dissymétrie minimum $n/m = 0.5$.

Ainsi pour $m = 10$, il y a 68% des configurations qui ont un degré de dissymétrie compris entre 0.5 et 0.612; pour $m = 100$, 68% des configurations ont une valeur de n/m comprise seulement entre 0.5 et 0.535; pour $m = 1000$ il est compris entre 0.5 et 0.5112.

Il en résulte, comme on le verra de façon plus explicite dans la note ci-après, qu'au fur et à mesure que m grandit, la presque totalité des configurations ont une valeur de n/m qui s'écarte très peu de 0.5. Ces configurations jouissent par conséquent des propriétés statistiques des configurations symétriques, caractérisées dans l'exemple précédent par la notion de gris. D'autre part, il n'y a qu'une très petite fraction de l'ensemble des configurations qui peuvent être considérées comme dissymétriques et qui par conséquent sont susceptibles de faire apparaître les propriétés individuelles de leurs constituants. En d'autres mots, lorsque m grandit, on a comme un passage assez brusque des répartitions symétriques aux répartitions dissymétriques; c'est-à-dire des propriétés statistiques aux propriétés individuelles.

Note. — Le nombre total de configurations différentes que l'on peut former avec les $2m$ constituants est: $\frac{(2m)!}{m! m!}$; celui des permutations étant $(2m)!$

Mais lorsque m grandit, il y a avantage à faire usage des formules continues (voir pour ce problème particulier « Evolution physicochimique », p. 55 et suivantes).

Le nombre de configurations différentes que l'on peut alors

former avec $2m$ constituants et dont les écarts avec la moyenne sont compris entre $+x$ et $-x$ devient:

$$N_{-x}^{+x} = \frac{(2m)!}{m! m!} \frac{k}{\sqrt{\pi}} \int_{-x}^{+x} e^{-k^2 x^2} \cdot dx$$

$$\text{avec } k = \frac{2}{\sqrt{m}} \quad (a)$$

En posant $k^2 x^2 = \lambda^2$ (b); d'où $\lambda = \frac{2x}{\sqrt{m}}$ ou $x = \frac{\lambda}{2} \sqrt{m}$, cette expression devient, en tenant compte des relations (a) et (b);

$$N_{-\lambda}^{+\lambda} = \frac{(2m)!}{m! m!} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\lambda}^{+\lambda} e^{-\lambda^2} \cdot d\lambda = \frac{(2m)!}{m! m!} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{+\lambda} e^{-\lambda^2} \cdot d\lambda.$$

Quant à la probabilité d'apparition de configurations dont l'écart est compris entre $-\lambda$ et $+\lambda$, elle est:

$$p_{-\lambda}^{+\lambda} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\lambda} e^{-\lambda^2} \cdot d\lambda.$$

Sa valeur numérique est alors fournie par la table bien connue de l'intégrale définie.

On verrait aisément que le nombre des configurations pour lesquelles λ est compris entre 0 et 0.707, c'est-à-dire dont l'écart est compris entre 0 et l'abscisse du point d'inflexion de la courbe de probabilité ($\frac{d^2y}{dx^2} = 0$), est le 68 % du nombre total des configurations, quelque soit d'ailleurs m .

On remarquera en outre que dans les formules qui précèdent x représente la grandeur de l'écart (exprimée en nombre de grains) d'avec la valeur la plus probable; de sorte que les valeurs correspondantes de x seront pour les diverses valeurs de n/m

$\frac{n}{m}$...	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
($m = 10$)		5	4	3	2	1	0	grains
($m = 100$)		50	40	30	20	10	0	grains
($m = 1000$)		500	400	300	200	100	0	grains

Proposons-nous par exemple de calculer la probabilité d'apparition des configurations pour lesquelles $\frac{n}{m}$ est compris entre 0.5 et 0.7 on aura:

$$m = 10 \quad p_{0.5}^{0.7} = 0.9768 \quad (\text{d'après tableau})$$

$$m = 100 \quad p_{0.5}^{0.7} = 0.999999985 \quad (\text{d'après formule continue})$$

En d'autres mots lorsque $m = 100$, il n'y a que 15 configurations sur un milliard qui aient une dissymétrie supérieure à 0.7 ou si l'on préfère qui aient un écart x supérieur à 20 grains.

ESSAI D'APPLICATION AU CAS DES CONFIGURATIONS
MOLÉCULAIRES COMPOSÉES D'UN GRAND NOMBRE D'ATOMES
ET DE RADICAUX.

Les considérations qui précèdent s'appliquent en toute rigueur à des mélanges de grains; voyons maintenant dans quelle mesure on serait en droit de les appliquer à la formation de molécules complexes, constituées par un très grand nombre d'atomes ou de radicaux.

En premier lieu, il convient de remarquer que ces nombreux atomes et radicaux ne pourront se grouper de façon à constituer de très grosses molécules que s'ils peuvent se déplacer, en tout ou en partie, les uns par rapport aux autres. Vraisemblablement, ces déplacements se produiront le plus souvent sous l'action de l'agitation thermique et les rencontres qui en résultent donneront lieu soit à des associations nouvelles soit à des dislocations; et cela jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse entre ces diverses actions.

En outre, il semble assez probable que parmi les innombrables chocs qui se produisent tous ne seront pas suivis de la formation de groupements nouveaux ou de dislocations; il y en aura un nombre immense qui à la façon des chocs élastiques n'auront d'autre effet que de permettre les déplacements relatifs des divers constituants (atomes et radicaux). Et c'est en vertu de ce nombre immense de chocs et de leur complexité, que l'on

pourrait admettre, « dans une certaine mesure », comme on le fait d'ailleurs dans la théorie cinétique des gaz, que la probabilité qu'un élément constituant occupe après un temps suffisamment long telle position est sensiblement la même pour les divers constituants quelle que soit d'ailleurs leur position initiale et la direction de leur vitesse. Il va sans dire que des considérations de ce genre ne peuvent entrer en ligne de compte que si les constituants de la molécule (atomes et radicaux) sont en nombre très grand, comme c'est en particulier le cas de ces édifices complexes qu'on est convenu d'appeler les plus grosses molécules de la chimie organique.

Mais, d'autre part, il est bien évident que dans les groupements ou dislocations qui se produisent, la nature des constituants est un facteur dont on ne saurait nier l'importance; et notamment ce que nous appelons la « valence » doit jouer un rôle essentiel pour faciliter ou empêcher tel ou tel groupement ou dislocation de se produire. De ce fait, la valence doit introduire dans la probabilité des groupements ce que l'on pourrait appeler des « écarts systématiques »; de même, dans le mélange des poudres, si les grains noirs étaient plus lourds que les grains blancs, le mélange de plus grande probabilité, produit par agitation, serait un peu plus sombre à la partie inférieure du système qu'à sa partie supérieure.

Toutefois, il convient de remarquer que la notion même de valence est en réalité une notion macroscopique, résultant en définitive des lois statistiques de la physico-chimie. Lorsque nous la transportons sur l'atome individuel, elle ne semble pas avoir la fixité que nous lui attribuons schématiquement. C'est en effet ce que l'on observe par la déviation des rayons canaux où une même espèce d'atome peut porter un nombre très variable de charges positives, montrant ainsi que ces atomes ont perdu un nombre plus ou moins grand d'électrons et peuvent par conséquent posséder des valences très variables.

En d'autres mots, ce que nous appelons « la valence d'un atome dans une combinaison déterminée » est un phénomène statistique; mais le résultat est le même que si tous les atomes avaient individuellement une même valence. En réalité, comme

cela résulte de l'observation des rayons canaux, il se pourrait qu'un grand nombre d'entre eux aient une valence les uns plus grande, les autres plus petite, sans que le résultat statistique moyen soit en rien modifié.

Enfin, il y a lieu de tenir compte aussi de l'extrême variété et complexité des chocs qui sont susceptibles de se produire. Lorsque deux éléments constituants *a* et *b* viennent à se rencontrer, le résultat du choc ne dépend pas seulement de leur nature, de leur vitesse relative, de leur orientation mutuelle, mais aussi de la nature, de la position et de l'orientation des constituants variés ((*a*, *b*, *c*, *d*, ...)) qui les avoisinent immédiatement.

On voit donc par tout ce qui précède *combien le problème de la formation des configurations moléculaires, dans le cas de ces groupements que l'on est convenu d'appeler les grosses molécules, est un problème complexe*. Mais c'est précisément cette extrême complexité qui pourrait donner quelque valeur aux considérations que nous avons développées ci-dessus, et les rendre « *dans une certaine mesure* » applicables au cas de la formation de ces très grosses molécules¹.

Pour conclure, nous dirons qu'en l'absence de vérifications possibles, nous ne pouvons donc guère retenir que « *qualitativement* » les résultats énoncés plus haut dans le cas du mélange des poudres, à savoir: « que les configurations dissymétriques doivent d'une façon générale être très rares par rapport à celles qui présentent une symétrie plus complète; en second lieu, que ces configurations dissymétriques sont susceptibles

¹ Il va sans dire qu'il serait puéril de vouloir que les divers groupements d'atomes et de radicaux obéissent purement et simplement aux lois de permutations et de combinaisons également probables que nous avons énoncées dans un cas particulièrement simple. Si l'on voulait tirer de ce qui précède des conclusions plus précises, il conviendrait d'abord de considérer des cas moins simples que ceux qui ont servi de base à notre démonstration. En particulier on devrait considérer un plus grand nombre d'espèces de constituants (radicaux ou atomes), ne pas les supposer en nombre égal, ni considérer les diverses configurations qu'ils sont susceptibles de réaliser comme également probables.

de faire apparaître à l'échelle macroscopique, les propriétés individuelles sous-jacentes de leurs constituants; qu'enfin tout en étant « relativement » très rares, les configurations dissymétriques d'espèces différentes peuvent être néanmoins en nombre immense ».

En d'autres mots, dans la formation des très grosses molécules de la chimie organique, il doit y avoir comme une lutte entre l'agitation thermique qui tend à répartir uniformément tous les constituants, et les actions individuelles (valence, etc.) qui tendent à produire certaines configurations plus fréquemment que d'autres ou dans des proportions différentes.

Remarque importante. — Toutefois, il ne semble pas que le hasard de l'agitation thermique puisse être *seul* invoqué pour expliquer la formation de configurations moléculaires nettement dissymétriques; du moins si l'on suppose, *comme nous l'avons fait dans un cas particulièrement simple et de ce fait assez éloigné de la réalité, que toutes les configurations possibles sont également probables*.

On trouve alors, dès que le nombre des constituants ($2m$) est élevé, que la probabilité d'apparition de ces configurations dissymétriques est généralement si faible qu'elle correspond pratiquement à une impossibilité.

Pour s'en faire une idée et « à titre d'indication », supposons une substance dont la molécule serait formée de deux cents atomes de poids atomique moyen égal à 10; *ces atomes étant de deux sortes seulement*. Le poids moléculaire de cette substance serait égal à 2000 et si nous lui supposons une densité voisine de celle de l'eau, on trouve aisément par la connaissance du nombre d'Avogadro qu'un cm^3 de substance renfermerait environ 3×10^{20} de ces molécules; d'où pour le volume moléculaire $\frac{1}{3} \times 10^{-20} \text{ cm}^3$.

Or, la probabilité d'apparition d'une molécule de degré dissymétrique 0.9 est (voir tableau) $p_{0.9} = 3.3 \times 10^{-33}$. Il n'y aura donc « en moyenne » qu'une seule molécule sur $\frac{10^{3.3}}{3.3}$ qui satisfera à cette condition.

En d'autres mots, il faudrait envisager un volume de substance de $\frac{10^{33}}{3.3 \times 3 \times 10^{20}} = 10^{12} \text{ cm}^3$ pour avoir une chance d'avoir une seule molécule de dissymétrie 0.9; or cela correspond à un cube de substance d'environ 100 mètres de côté.

Si maintenant nous passons au cas où $m = 1000$ le poids moléculaire devient 20000; le nombre des molécules au cm^3 est 3×10^{19} et la probabilité d'apparition d'une configuration de degré dissymétrique 0.9 serait 2.02×10^{-321} .

Or, une probabilité aussi faible correspond pratiquement à une impossibilité telle qu'on peut affirmer qu'aucun fait ne semble plus impossible.

Pour qu'une telle éventualité se produisit, il faudrait en effet envisager un volume de substance qui dépasse toute imagination. Ce volume serait celui d'une sphère dont le rayon serait si grand que la lumière mettrait 10^{41} années à le parcourir; c'est-à-dire d'une sphère matérielle qui serait incomparablement plus grande que notre univers visible et qui s'étendrait bien au delà des nébuleuses extra-galactiques les plus éloignées, lesquelles d'après les estimations des astronomes ne seraient approximativement encore qu'à une distance de l'ordre de 10^8 années lumière. Autant dire qu'il n'y a pas apparemment assez de matière dans tout l'univers visible pour que cette éventualité puisse se produire, « du moins sous l'influence seule des chocs moléculaires et dans les conditions spéciales envisagées ».

En résumé, comme nous le disions tout à l'heure, il semble bien que, d'une façon générale, *le hasard de l'agitation thermique soit impuissant à produire seul des configurations de degré dissymétrique élevé, dès que le nombre $2m$ des éléments constitutants de la molécule devient grand*. Mais d'autres causes peuvent lui faciliter la tâche et au nombre de ces causes il est permis de mentionner en premier lieu la valence et les actions photo-chimiques de certaines radiations. Enfin il n'est pas défendu, si l'on ne craint pas quelque intrusion dans le domaine de la métaphysique, de faire intervenir pour expliquer la formation de ces structures particulièrement dissymétriques, le *démon*

de Maxwell ou, ce qui revient au même, quelque « puissance créatrice inconnue ».

**QUELQUES PRÉSOMPTIONS EN FAVEUR DE LA THÉORIE
MOLÉCULAIRE DE LA VIE.**

Et maintenant, sans plus nous préoccuper des causes qui ont pu les produire, nous allons supposer, que ces configurations moléculaires de degré dissymétrique élevé, correspondent précisément aux molécules de matière vivante, de sorte qu'à notre échelle d'observation, elles laissent entrevoir les propriétés latentes de leurs constituants.

En d'autres mots, nous allons supposer que ces grosses molécules, par leur structure dissymétrique, laissent percevoir à notre échelle macroscopique le phénomène vital.

Par cette supposition, *nous pénétrons en pleine métaphysique*, mais les conséquences qui en résultent semblent alors en assez bon accord avec ce que nous savons de la matière vivante. En effet:

1. — Les phénomènes biologiques sont toujours associés aux phénomènes physico-chimiques; ils sont comme eux fonction de la température et ne s'observent que lorsqu'interviennent les très grosses molécules de la chimie organique, lesquelles renferment un nombre énorme d'atomes et de radicaux (substances protéïques, albuminoïdes, etc.)

2. — L'extrême rareté relative des configurations moléculaires dissymétriques composées d'un grand nombre d'atomes, est pratiquement compatible avec l'impossibilité de faire dériver la vie autrement que de la vie elle-même; ou même de nous trouver les témoins de la génération spontanée, quelle que soit d'ailleurs l'assiduité de nos observations. Cette double impossibilité résulte en définitive du fait que nous n'avons pas, comme le démon de Maxwell, la possibilité de produire à volonté telle ou telle configuration, et notamment la configuration moléculaire dissymétrique qui correspondrait au germe vital dans la théorie moléculaire de la vie.

On peut concevoir d'autre part que ces germes moléculaires dissymétriques soient susceptibles de subir de petites modifications et cela soit du fait du hasard des chocs qui se produisent entre molécules, soit des circonstances extérieures (température, radiation, etc.); d'où apparition de mutations héréditaires.

3. — Les grosses molécules dissymétriques laisseraient seules apparaître à notre échelle macroscopique les propriétés individuelles sous-jacentes des constituants de la matière vivante¹.

4. — Ces propriétés individuelles pourraient d'ailleurs être de nature essentiellement différente des propriétés statistiques des ensembles plus ou moins symétriques qui correspondraient aux grosses molécules de la chimie organique.

5. — L'agitation thermique pour des températures comprises entre cent et deux cents degrés suffirait, en agissant comme une sorte de brassage, à transformer de « façon irréversible » les configurations dissymétriques de la matière vivante en l'une quelconque des innombrables configurations plus symétriques des grosses molécules de la chimie organique (stérilisation par la chaleur). De ce fait, le phénomène vital, tout en demeurant à l'état latent, sous une forme qu'il nous est impossible de concevoir, cesserait d'être perceptible à notre échelle macroscopique.

6. — Le froid, au contraire, en supprimant pratiquement l'agitation thermique, serait impuissant à transformer ces configurations dissymétriques; il est en même temps, comme on sait, impuissant à anéantir les germes de la vie.

¹ Un amas de petites molécules, orientées dans toutes les directions possibles, ne produirait pas nécessairement le même effet statistique; même si l'ensemble de ces petites molécules renfermait les mêmes éléments atomiques que la grosse molécule dissymétrique de matière vivante.

7. — Le passage des configurations dissymétriques aux configurations symétriques s'effectue d'autant plus brusquement que le nombre des éléments constituant la molécule est plus grand; de sorte qu'entre la matière vivante et la matière morte la transition serait alors assez nette.

8. — Enfin, dans le cas des très grosses molécules, le nombre des configurations dissymétriques, tout en étant extrêmement petit en comparaison du nombre immense des configurations symétriques possibles, est cependant énorme en valeur absolue; ce qui est compatible avec l'extrême variété et la diversité des formes de la vie.

REMARQUE FINALE.

En résumé, partant de l'idée que l'échelle d'observation crée le phénomène et qu'en dernière analyse le déterminisme expérimental est de plus en plus considéré par les physiciens comme un déterminisme statistique, auquel la loi des grands nombres et les compensations statistiques confèrent l'apparence d'un déterminisme absolu, nous avons essayé, en envisageant d'une part des lois moléculaires statistiques (physicochimie-macroskopique) et d'autre part des actions individuelles (moléculaires et atomiques), de faire le départ entre les deux ordres de phénomènes.

En d'autres mots, nous nous sommes efforcé dans les pages qui précèdent et dans divers écrits antérieurs, de rechercher comment il serait possible de passer du déterminisme statistique quasi absolu des phénomènes physico-chimiques à l'apparition des phénomènes biologiques, qui par leur nature même semblent essentiellement différents. C'est là une tentative dont nous ne nous dissimulons pas le caractère nettement métaphysique; de ce fait, elle peut soulever de nombreuses objections.

Dans leur état actuel, les considérations qui précèdent ne peuvent donc avoir la valeur de preuves déterminantes en faveur d'une théorie moléculaire de la vie, théorie qu'ont appuyée récemment par leurs travaux des savants de grande

valeur¹ et selon laquelle chaque forme vitale aurait à son origine (germe) une molécule très complexe de composition et de dissymétrie déterminées. Elles nous paraissent cependant constituer, en faveur d'une telle théorie, des présomptions qui ne nous semblent pas dépourvues de valeur. C'est à ce titre qu'elles nous ont paru dignes d'être signalées et précisées plus que nous ne l'avions fait jusqu'ici.

Nous avons bien entendu traité le problème « en physicien » sans nous dissimuler ce que ce point de vue a nécessairement de trop spécial et sans oublier non plus qu'une « corrélation » entre les organisations dissymétriques des édifices moléculaires et le mystère des phénomènes vitaux ne constitue en aucune façon une « explication ». Cette corrélation n'explique en fait, cela va sans dire, ni la vie, ni la pensée, ni son origine, ni son but possible et ne tranche même en aucune façon la question de savoir si les manifestations vitales et psychiques sont soumises ou non à un déterminisme statistique ou absolu. Nous avons à diverses reprises insisté déjà sur ce point, qui prend une importance d'autant plus grande que le caractère statistique des lois de la physico-chimie s'affirme davantage et qu'une même loi statistique peut, comme on sait, avoir les origines les plus complexes et les plus diverses². En face du profond mystère de la vie et surtout de la pensée, la science, dans son état actuel, il est à peine besoin de le rappeler, ne peut guère émettre que de simples présomptions.

¹ A. LUMIÈRE, *Sénilité et rajeunissement* (voir chapitre sur les colloïdes moléculaires).

LECOMTE DU NOUY, *Le sérum sanguin* (La théorie moléculaire opposée à la théorie colloïdale), Arch. de l'Institut prophylactique, 2^{me} trim., 1933.

H. DEVAUX, *La nature des Particules essentielles de la Cellule : Micelles ou Molécules*. Imp. Delmas, Chapon, Gounouilhou, Bordeaux, 1933. — A. BOUTARIC, Bullet. de la Soc. chim. de France, 4^{me} série, 49, p. 339, 1931. Nous citons ces publications, comme devant plus particulièrement intéresser un physicien.

² Lorsque nous constatons, par exemple, que le nombre des décès par suicide reste toujours approximativement une même fraction du nombre total annuel des décès, cette constatation numérique ne nous renseigne aucunement sur les causes très complexes qui les ont provoqués. Une « corrélation » n'est pas une « explication ».

D'ailleurs la recherche de ce qu'on pourrait appeler les « ultimes corrélations entre nos diverses sciences » ne pourrait conduire, croyons-nous, à des résultats quelque peu satisfaisants qu'en se plaçant à un point de vue aussi général que possible. Le problème de la vie et de la pensée est en effet le problème général par excellence; celui qui comprend tous les autres. C'est pour cette raison que des sciences aussi spéciales que les mathématiques pures et même la physico-chimie (statistique) *seules* ne nous paraissent pas susceptibles d'apporter au problème fondamental du passage de la matière non vivante à la matière vivante une solution satisfaisante.

En effet, si les immenses progrès réalisés dans le domaine des mathématiques pures ont considérablement élargi notre esprit et nous ont ouvert un horizon presque illimité de possibilités; si, d'autre part, les progrès de la physico-chimie, en faisant ressortir le caractère statistique des lois qui sont à sa base, ont libéré les biologistes de certaines contraintes qui, depuis Claude Bernard, avaient pour beaucoup d'entre eux presque le caractère de dogmes intangibles, c'est maintenant, semble-t-il, au tour des biologistes et particulièrement aux patientes et méthodiques recherches de ceux d'entre eux qui étudient la biologie cellulaire, de nous apporter de nouvelles clartés sur le problème troublant des origines de la vie. C'est à n'en pas douter de ces recherches qu'il faut attendre les progrès les plus importants et les plus immédiats.

La biologie cellulaire est, en effet, une science plus « générale » que la physico-chimie et les mathématiques pures qu'elle englobe et utilise d'ailleurs. Ainsi que nous en avons fait autrefois la remarque, il doit de ce fait lui être plus facile de résoudre un problème qui dépasse deux sciences arbitrairement simplifiées et dont les postulats sont par nature limitatifs; les mathématiques pures faisant abstraction de la matière, de la vie et de la pensée et la physico-chimie laissant de côté ces deux dernières notions.

A ce point de vue, il semblerait que la psychologie, qui est plus générale encore que la physiologie, devrait plus que tout autre nous amener à découvrir la solution du problème vital. Peut-être cette science aura-t-elle aussi son jour; mais à l'heure

actuelle, il semble que les nombreux liens qui l'unissent à la physiologie et à la physico-chimie sont encore trop mal connus pour que l'on puisse en attendre des progrès immédiats importants dans la recherche de la solution du problème vital.

Genève, le 30 mai 1936.

PUBLICATIONS ANTÉRIEURES SUR LE MÊME SUJET.

- (1) Ch.-Eug. GUYE, *La précision des lois physiques*. Athénaeum, 21 juillet 1906 (Londres). — *La comparaison des lois physiques avec les lois biologiques*, Athénaeum, 4 août 1906. — *L'évolution des phénomènes physico-chimiques et le calcul des probabilités*, Journal de Chimie physique, t. 15, p. 215 à 272 (1917). — *Réflexions sur la classification et l'unification des Sciences*, Arch. de Psychologie, t. 27, n° 67, p. 234 (1919). — *Le principe de Carnot et l'évolution physico-chimique des organismes vivants*, Arch. de Genève (5), t. 2, p. 176 (1920). — Ces trois derniers mémoires ont été réunis en un volume sous le titre: *L'évolution physico-chimique* (Etienne Chiron, Paris), 1922. — *Sur la limite inférieure des phénomènes physico-chimiques*, Soc. de Phys. et d'Hist. nat. Genève, 7 mai 1931. Arch. de Genève (5), suppl., p. 83, 1931. — *Dissymétrie moléculaire et dissymétrie micellaire*, Arch. de Genève, t. 15, 1933, séance du 2 nov. 1933, p. 219-233. — *Les frontières de la Physique et de la Biologie (Equilibre vital et Thermodynamique)*, Rev. gén. des Sc., 31 juillet 1934. — Idem. (*Dissymétrie micellaire (statistique) et dissymétrie moléculaire*), Rev. gén. des Sc., 15-31 août 1934. — *Les frontières de la Physique et de la Biologie (rôle de la température)*, Arch. de Genève (5), t. 17 (1935), p. 5-33. — Idem (*Déterminisme physico-chimique et Déterminisme biologique*), Arch. de Genève (5), t. 17 (1935), p. 226-241. — Idem (*Radiation et Evolution*), Arch. de Genève (5), t. 17 (1936), p. 5-20.

Erratum: p. 165, ligne 15.

Au lieu de 10^{41} lire **10⁸²**.