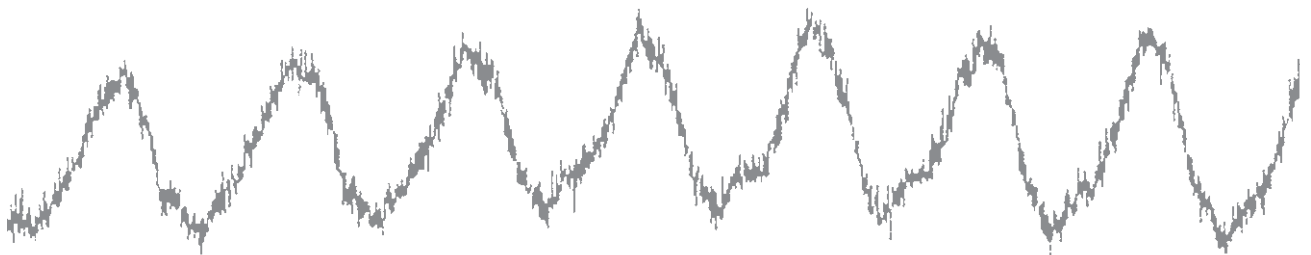


Entretien avec le professeur Vladimir Voeikov

Dernières avancées en optique biophysique



Le biologiste Vladimir Voeikov, professeur à l'université de Moscou, est l'un des plus éminents chercheurs dans une tradition scientifique presque inconnue en Occident. Au moment où la biologie occidentale s'engageait sur la voie du réductionnisme, pour lequel les processus vivants sont considérés essentiellement comme des machines moléculaires, une approche totalement différente, reposant sur les idées de Vladimir Vernadski, Alexandre Gurwitch et Ervin Bauer, se développait au sein de l'Union soviétique.

Pour les représentants de cette école soviétique, la distinction entre les processus vivants et non-vivants était fondamentale et irréductible. Selon Vernadski, l'existence et l'évolution des processus vivants sur la Terre, tout comme la raison humaine – processus lui-même axiomatiquement distinct au sein du domaine du vivant – ne sont pas de simples phénomènes isolés ou accidentels mais constituent des expressions cohérentes d'un mode de développement caractéristique de l'Univers considéré dans sa totalité – un mode incompatible avec la thèse de l'entropie universelle.

Le professeur Voeikov, disciple contemporain de cette école de pensée, est le directeur adjoint du département de chimie bio-organique de la Faculté de biologie de l'université d'Etat M.V. Lomonossov de Moscou. Le professeur Voeikov était l'un des organisateurs de la Seconde conférence internationale A.G. Gurwitch, qui s'est tenue à l'université en septembre 1999. Il s'est entretenu en octobre 1999 avec Jonathan Tennenbaum.

Où en sommes-nous aujourd'hui sur les questions les plus importantes soulevées par Gurwitsch et ses élèves ?

V. Voeikov : D'abord, l'aspect des travaux de Gurwitsch qui me paraît le plus fondamental, c'est lorsqu'il affirme que les rayonnements lumineux de faible intensité – pas seulement le rayonnement mitogénétique – ont une importante fonction biologique. Il existe maintenant de nombreux articles scientifiques qui montrent que c'est bien le cas. Selon Gurwitsch, le rayonnement lumineux ultrafaible émis par une cellule vivante n'est pas seulement un sous-produit de l'activité cellulaire, qui n'aurait rien d'essentiel à voir avec cette activité ni aucun effet sur elle. On ne peut pas considérer ce rayonnement ultrafaible comme le bruit produit par une machine. Il représente en fait une fonction biologique importante et il me semble que cette affirmation a été confirmée.

Ensuite, en ce qui concerne le champ biologique, vous devez aller à son concept de base car il n'a pas spécifié à quel genre de champ il pensait, c'est-à-dire s'il s'agissait, par exemple, d'un champ électromagnétique, chimique ou autre. Pour Gurwitsch, ce champ était dynamique et hétérogène dans l'espace holistique du système vivant. De par ce champ, il existe non seulement des interactions locales entre éléments voisins mais également un principe général qui unit l'organisme dans sa totalité. Aujourd'hui, il me semble que sans cette notion de totalité, un grand nombre de choses ne trouveraient pas d'explication, comme on peut le voir dans différents travaux.

Lorsque vous étudiez les interactions électromagnétiques ou mécaniques – comme les forces mécaniques dans le développement embryonnaire – vous pouvez encore parler de champs chimiques ou mécaniques, parce que ceux-ci sont oscillatoires et ont des gradients. Ils changent dans le temps et dans l'espace, et un changement dans un endroit donné au sein du gradient sera immédiatement répercuté dans quelque autre endroit distant.

La toile d'araignée constitue une bonne analogie pour illustrer ce type de champ. Dès qu'un moustique se fait attraper quelque part dans la toile, ses efforts pour s'en échapper changent la configuration rythmique de la toile (celle-ci étant en général



Le professeur Vladimir Voeikov lors de la conférence Gurwitsch qui s'est tenue à Moscou en septembre

sous tension) en tout point à l'intérieur de ses frontières.

Il me semble que beaucoup dépend de la méthode que les expérimentateurs utilisent pour étudier ces champs. Si vous étudiez des champs sonores, vous appliquez une méthode particulière, et si vous étudiez des champs électromagnétiques, vous utilisez une approche assez différente.

Mais Gurwitsch n'avait-il pas l'impression qu'en étudiant tous ces phénomènes, toutes ces manifestations physiques, nous mesurions en fin de compte une et une seule entité, un champ total unique ?

V. Voeikov : En effet, vous mesurez différentes manifestations d'un même champ. Celui-ci a beaucoup de manifestations différentes, autant que le nombre de champs différents que nous connaissons en physique. Je ne parle pas de la gravitation mais nous pourrions néanmoins penser à une idée étrange de ce type.

Il s'agit alors d'une espèce d'espace de phase ou de multiplicité physique ?

V. Voeikov : Oui. Selon moi, Gurwitsch était assez sage pour ne pas préciser la nature de ce champ, parce que cela dépend de ce que vous cherchez et de la manière dont vous l'étudiez. Tous ces champs particuliers sont bien sûr interconnectés et couplés les uns avec autres. Les oscillations électromagnétiques peuvent se transformer en oscillations sonores et le stress mécanique se convertir en gradients chimiques. Il existe un

grand nombre de possibilités et il est très difficile de les identifier toutes. Mais nous sommes au point où les idées de base de Gurwitsch, élaborées il y a plus de soixante-dix ans, ont été confirmées. Bien sûr, elles ne sont pas reconnues par l'ensemble de la communauté scientifique mais ce n'est qu'une question de temps.

Gurwitsch a écrit que le développement ultérieur de la science allait montrer le lien profond entre la représentation des systèmes vivants découlant de l'existence du rayonnement mitogénétique et celle issue de la génétique et de la biochimie classiques. Il croyait que le mur qui les séparait tomberait un jour. Et nous sommes maintenant arrivés au moment où ce mur s'apprête à tomber.

Pouvez-vous nous en donner des exemples précis ?

V. Voeikov : Mes exemples proviennent d'études de systèmes complexes et de certains phénomènes physiques très nouveaux. Il me semble malheureusement que la plupart des biologistes moléculaires et experts en chimie biologique ont soit oublié soit jamais étudié la physique. A moins que la physique qu'ils ont étudiée à l'université n'était pas suffisamment avancée pour comprendre toutes ces choses. La physique connaît actuellement un développement très rapide, et ce dans plusieurs directions. Nous ne connaissons pas le terme « fractale » il y a quinze ou vingt ans, et maintenant nous l'utilisons pour parler de la nature du sang, du sys-

ème nerveux, du cytoplasme, etc. Qu'est-ce qu'une fractale sinon une nouvelle manifestation d'un certain type de champ que l'on pourrait appeler « champ fractal ». On trouve beaucoup d'exemples de cette nature fractale en biologie ou de changements dans les dimensions fractales au cours d'un processus biologique.

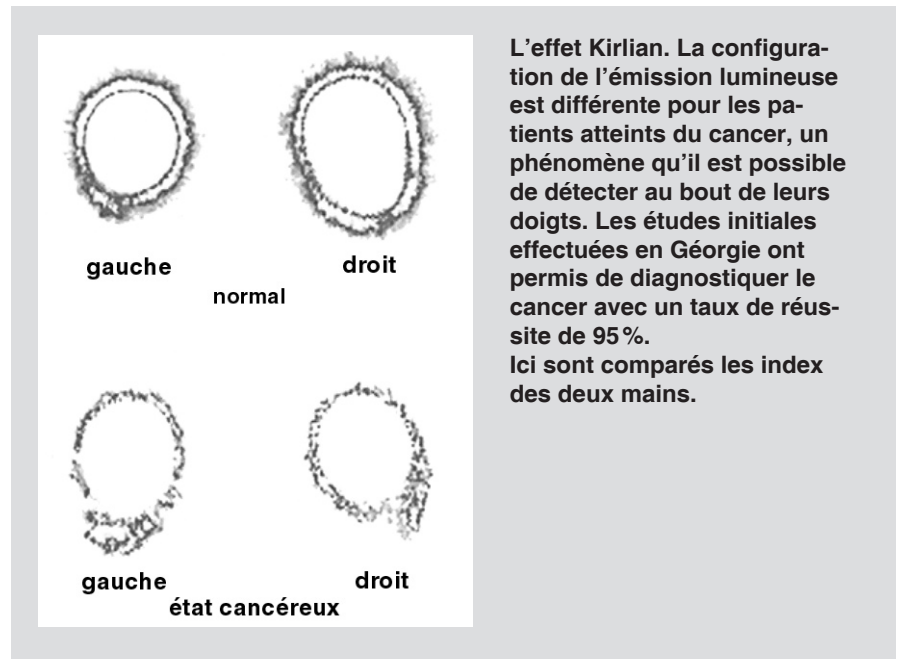
Il semble bien que Gurwitch savait que l'investigation du rayonnement mitogénétique révélait des phénomènes inexplicables du point de vue de ce qui était connu à l'époque en biologie. Par exemple, on ne savait pas expliquer l'émission de rayonnement ultraviolet étonnamment forte pour des tissus vivants, d'un ordre de grandeur beaucoup plus important que ce à quoi l'on pouvait s'attendre avec la simple thermodynamique. D'où venaient ces photons à haute énergie.

V. Voeïkov : Oui, exactement. Voyez-vous, il comprenait que la physique de son époque n'était pas suffisamment avancée pour expliquer ce qui se passait, même au niveau de la physique. Un grand nombre d'explications concernant l'intensité énergétique des photons ne fonctionnaient pas du tout.

Le cancer constitue un autre domaine où les résultats de Gurwitch différaient radicalement de la biologie conventionnelle avec, en particulier, sa notion d'« extincteur de cancer ».

V. Voeïkov : Le travail mitogénétique n'a pratiquement aucun lien avec l'oncologie classique. En fait, en oncologie, nous n'avons pas beaucoup progressé par rapport aux travaux effectués à l'époque de Gurwitch parce que très peu de gens comprennent – ou connaissent – le phénomène d'« extincteur de cancer ». Si vous discutez avec les chercheurs en oncologie, vous ne trouverez personne connaissant ce terme ou ces travaux [menés par Gurwitch]. Le problème n'est pas que ces travaux aient été détruits ou qu'ils se soient avérés erronés, mais simplement que personne n'a travaillé dans cette voie depuis plusieurs décennies.

Or nous avons maintenant davantage de données indiquant que quelque chose change véritablement dans l'ensemble de l'organisme lorsque la malignité apparaît. La plupart des cancérologues compétents comprennent qu'ils n'ont pas affaire à



L'effet Kirlian. La configuration de l'émission lumineuse est différente pour les patients atteints du cancer, un phénomène qu'il est possible de détecter au bout de leurs doigts. Les études initiales effectuées en Géorgie ont permis de diagnostiquer le cancer avec un taux de réussite de 95%. Ici sont comparés les index des deux mains.

un simple changement local dans le corps. Lorsqu'une tumeur apparaît, il y a un changement dans tout l'organisme qui ressemble à une transition de phase. En fait, Gurwitch n'a sans doute jamais utilisé l'expression « extincteur de cancer », mais il exprimait la même idée : quelque chose change dans l'organisme dans son ensemble.

Il existe des données qui montrent que le sang des patients atteints d'une tumeur maligne change de façon drastique, lorsque nous le comparons au sang de personnes non affectées. Ce ne sont pas des données très complètes mais il y a plusieurs indications de ce type. On en trouve un exemple dans l'article présenté par Valeri Orel lors de notre conférence. Travaillant à l'Institut d'oncologie de Kiev, il a étudié les paramètres cinétiques de la mécanoluminescence du sang d'animaux atteints de différents types de tumeurs, ainsi que de patients présentant une pathologie. Ses études, effectuées sur une longue période, montrent qu'il y a quelque chose en commun dans le sang des sujets atteints de tumeurs.

Cela concerne-t-il les caractéristiques de leur émission photonique ?

V. Voeïkov : Quand on observe l'émission de photons induite par la pression mécanique sur le sang, on constate que la configuration oscillatoire de cette émission est caractéristique des animaux ou des humains atteints de cancer et qu'elle

diffère de la normale.

L'utilisation de l'effet Kirlian, qui a été rapportée lors de la conférence par Konstantin Korotkov, représente une autre voie de recherche. Korotkov m'a confié qu'il y a un groupe à Tbilissi, en Géorgie, qui étudie le processus dynamique de l'effet Kirlian en utilisant des caméras vidéo et en traitant les données par ordinateur. Ils ont des résultats fantastiques puisqu'avec cette approche, ils ont diagnostiqué la présence d'un cancer avec une fiabilité de 95 %. Des tests en aveugle ont été effectués sur plusieurs centaines de gens dans un hôpital de Tbilissi (les responsables de cette recherche n'étaient pas informés de la présence ou non d'un cancer chez les patients). Les médecins avaient du mal à croire les résultats : dans 95 % des cas, les diagnostics étaient exacts.

Est-ce que cela a été publié ?

V. Voeïkov : Oui, leur rapport vient juste de paraître mais seulement dans un journal technique local. Ces données sont très récentes, elles n'ont que deux ou trois mois. Certes, nous ne savons pas bien expliquer l'effet Kirlian mais, selon moi, on doit être en présence d'une sorte d'amplification, comme une émission de champ. Il ne s'agit pas seulement de la décharge en couronne. Il est généré par une tension à haute fréquence appliquée à un système vivant, lequel n'est pas en équilibre. Ce qui est différent d'appli-

quer la même décharge à un système non vivant. Ici, nous avons quelque chose de plus qui est de l'ordre du non-équilibre.

Pour revenir à l'extincteur de Gurwitch, il faut préciser qu'il diminue le niveau auquel s'opère ce non-équilibre. La personne atteinte d'une tumeur maligne a un niveau différent de non-équilibre. Cela explique probablement pourquoi nous pouvons l'identifier en utilisant de telles méthodes.

En fait, Gurwitch l'a découvert en utilisant sa propre approche reposant sur le rayonnement mitogénétique. Le sang des patients atteints du cancer n'émettait pas de rayonnement mitogénétique et Gurwitch a montré que c'était le cas parce que l'extincteur est un fort antioxydant : il ne permet pas aux radicaux de se recomposer et de développer un potentiel énergétique. La personne malade a un potentiel énergétique différent de celui d'une personne saine.

Ainsi, lorsque nous nous penchons sur ce problème avec un point de vue différent, avec des approches totalement indépendantes, nous arrivons aux mêmes idées et découvertes que celles de Gurwitch.

En ce qui concerne toutes les questions abordées par Gurwitch, le problème reste identique. En effet, Gurwitch a dit que ses idées exigeaient une nouvelle ère mais que la plupart des chercheurs ne voulaient pas de cette nouvelle ère, pour des raisons purement psychologiques. Je peux comprendre cela. C'est très malencontreux pour la plupart d'entre eux. Max Planck a déjà décrit ce type de comportement en science.

Gurwitch a passé une grande partie de son temps à étudier la spectroscopie du rayonnement mitogénétique ainsi que le phénomène de « rayonnement de dégradation », ce rayonnement qui est émis lorsqu'un tissu vivant meurt ou quand il est assujéti à divers types de traumatisme. Où en sont ces voies de recherche ?

V. Voeikov : Elles n'ont pas été poursuivies parce que, d'abord, Gurwitch travaillait dans le domaine de l'ultraviolet et la plupart des chercheurs étudiant actuellement les émissions lumineuses ultra-faibles travaillent avec des longueurs d'ondes beaucoup plus grandes. Personne ne connaît la distribution

spectrale dans cette région. Ensuite, Gurwitch utilisait des détecteurs biologiques alors qu'aujourd'hui nous utilisons des détecteurs photomultiplicateurs. Cela pourrait expliquer pourquoi nous ne pouvons pas voir ce qu'il voyait lorsqu'il utilisait des cultures de levure comme détecteurs biologiques.

Aujourd'hui, il apparaît plus clairement qu'il avait raison en ce qui concerne la cohérence de ce rayonnement. Un détecteur photomultiplicateur fonctionnant en mode compteur de photons individuels n'est pas un détecteur de phase. Il ne peut dire si les photons détectés sont rassemblés en paquets cohérents ou non. Un détecteur biologique est un détecteur de phase et il est sensible de cette façon. C'est probablement pourquoi l'utilisation de détecteurs à levure a permis de résoudre le spectre mitogénétique des émetteurs biologiques, et même celui des réactions chimiques, dans une bande de longueur d'onde très étroite, allant jusqu'à 1 nm. Une émission non cohérente dans d'autres longueurs d'onde était tout simplement inefficace pour déclencher une réponse mitogénétique. Ainsi, ceux qui ont essayé d'utiliser le photomultiplicateur pour prouver ou réfuter Gurwitch ont commis une erreur majeure.

Il s'agit d'un point très important.

V. Voeikov : Parmi les expériences les plus intéressantes de Gurwitch, il y a celle où il a placé entre deux cultures de levure un disque rotatif doté d'une ouverture en forme de pointe de tarte et l'a fait tourner à des fréquences diverses. Dans cette configuration, l'effet d'une culture de levure sur l'autre, par l'intermédiaire de l'émission de photons, est beaucoup plus marqué pour certaines fréquences. L'échange de signaux est intermittent. Du point de vue de la physique conventionnelle, l'intensité de l'interaction devrait diminuer parce que la plupart du temps ces deux objets sont isolés l'un de l'autre. Ils se voient seulement au cours d'intervalles très courts. Ainsi, l'intensité diminue, mais l'efficacité augmente.

On peut l'interpréter comme un genre de cohérence du temps : les objets se voient à des moments particuliers. L'information biologique ne dépend pas tellement de l'intensité

mais plutôt de la fréquence et des relations de phase. Pour moi, c'est très simple. Je peux hurler au téléphone, ou murmurer dans la limite de votre sensibilité auditive, et vous en tirez la même quantité d'information. L'information que je vous transmets ne dépend pas de l'intensité de ma voix, à l'intérieur de certaines limites. Par contre, je peux hurler tellement fort que vous n'en tirerez aucune information. C'est une idée qui explique beaucoup de choses.

Qu'en est-il du rayonnement de dégradation et de ses implications ?

V. Voeikov : Le phénomène de « luminescence retardée », que Fritz Popp [l'un des principaux chercheurs dans ce domaine et fondateur de l'Institut international de biophysique] étudie intensément, avec sa décroissance hyperbolique, et le reste, est, selon moi, une forme de rayonnement de dégradation. Il produit ce rayonnement à l'aide de flashes lumineux et étudie la réémission – « luminescence retardée » – de l'échantillon. L'intensité du flash lumineux n'a rien à voir avec l'intensité du rayonnement réémis. Lorsqu'il illumine une feuille, ou quelque chose de similaire, le flash contient tellement de photons qu'ils ne peuvent pas être comptés. C'est juste une impulsion qui affecte les constellations non équilibrées dans le système. En fait, il peut utiliser non seulement de la lumière mais aussi des impulsions électromagnétiques ou d'autres formes de perturbations, et constater que l'émission de photons diminue selon cette loi hyperbolique. Il s'agit d'un rayonnement de dégradation.

Pourtant, tel que j'ai compris le rayonnement de dégradation, Gurwitch l'associait à un genre d'endommagement...

V. Voeikov : D'un point de vue biologique, tout signal ou irritation peut être une forme d'endommagement. Prenons la physiologie classique pour les nerfs isolés. En appliquant une force, nous pouvons déclencher une impulsion nerveuse, une impulsion électrique. Dès que cette impulsion nerveuse se propage, vous avez un signal. Toutefois, si vous appliquez cette même force sur le nerf lorsqu'il est dans sa phase réfractaire, c'est un dommage pur et simple. Nous devrions distinguer en-

tre dommage et irritation. Un même signal capable de transmettre une information dans une circonstance donnée, peut être dommageable dans une autre. Le rayonnement de dégradation est seulement indicatif d'un système qui se trouve mis hors de son état de non-équilibre stationnaire et qui réagit à cela. La réaction se fait sous forme d'émission d'énergie. C'est une énergie potentielle qui devient une énergie active : une partie est relâchée à l'extérieur du système et nous l'observons sous la forme d'un rayonnement de dégradation. L'expression est sans doute mal choisie.

Gurwitch l'a-t-il choisie parce qu'il étudiait des systèmes mourant ou malades ?

V.Voeikov : Il a induit des rayonnements de dégradation à l'aide de plusieurs facteurs, comme la centrifugation et le refroidissement rapide. D'autre part, il pouvait observer le foie d'une souris *in situ*, pendant que celle-ci était en vie et que le foie était raccordé à ses nerfs et vaisseaux sanguins. Il injectait du glucose dans le sang de la souris et il observait l'émission d'un rayonnement de dégradation en provenance du foie. Ainsi, chaque fois que nous nous alimentons, il y a émission d'un rayonnement de dégradation. Ce n'est qu'une manifestation d'un travail accompli par un système.

Un aspect des travaux de Gurwitch, que vous avez vous-même poussé plus en avant, est lié à ce que l'on appelle les « réactions en chaîne de branchement ».

V.Voeikov : Tous mes travaux reposent sur cette idée de Gurwitch et j'ai toujours reconnu qu'il a été le premier à parler de réactions en chaîne dans la biosphère. Ces réactions peuvent être décrites par les équations utilisées pour les réactions en chaîne, avec un branchement retardé. Par exemple, la multiplication des microbes dans une culture peut être décrite par les mêmes équations que celles utilisées pour les réactions en chaîne qui s'emballent. Néanmoins, Gurwitch utilisait le concept de réaction en chaîne dans un sens très précis, impliquant la participation de radicaux libres. Au cours des années 30, les scienti-



fiques pensaient que ces réactions pouvaient exister mais personne ne pouvait les mesurer. La résonance paramagnétique électronique, qui ne fut introduite que beaucoup plus tard, était nécessaire pour démontrer que de telles espèces chimiques existent réellement. Mais Gurwitch parlait vraiment de l'existence de ces radicaux libres ainsi que de leur participation dans ces réactions en chaîne. J'ai écrit à ce sujet dans le livre sur la biophotonique.¹

Nous disposons maintenant de données très solides démontrant que ces réactions ont réellement lieu dans les solutions aqueuses de molécules biologiques les plus simples, comme les sucres et acides aminés. Je les décris dans mon article dans le livre sur la biophotonique. Nous voyons ces réactions et nous avons des preuves de la présence de réactions en chaînes de branchement, ou de réactions en chaîne divergentes dans ce système. Puisque ces réactions ont lieu dans un tel modèle de système, je ne doute pas que ce soit aussi le cas pour l'organisme. Ainsi, pour moi, non seulement Gurwitch avait raison mais c'est lui qui a établi les bases de mes recherches.

Pourriez-vous nous parler de la conférence sur Gurwitch que vous venez d'accueillir à Moscou ?

V.Voeikov : Elle était organisée par l'Institut international de biophysique et Fritz Popp, son fondateur,

était là car il est à la pointe dans ce domaine. La Faculté de biologie de l'université de Moscou y a participé de façon active puisque le recteur de l'université l'avait mandaté de contribuer à la tenue de la conférence.

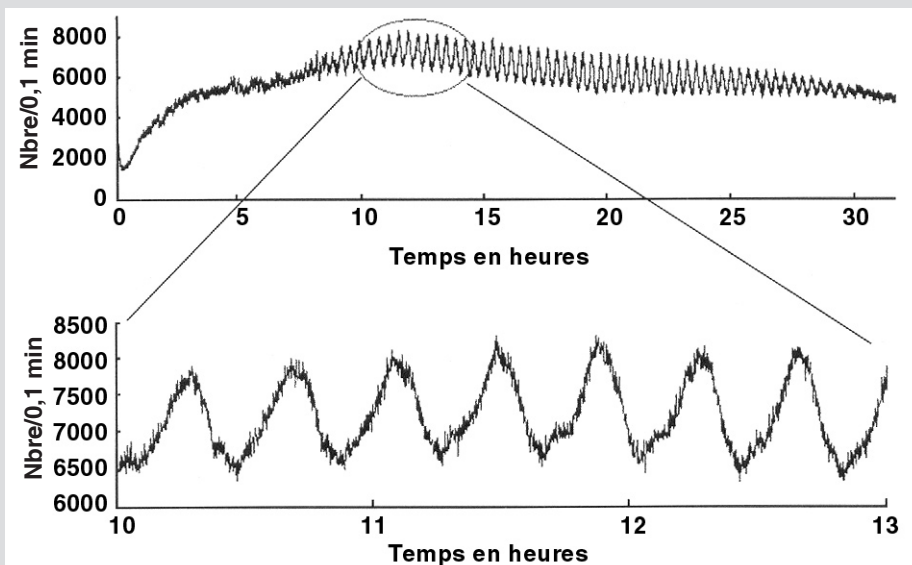
Fritz Popp nous a dit qu'il était très impressionné par l'intérêt et l'engagement de l'université de Moscou dans ce genre de recherches. Quels furent les plus importants développements présentés à la conférence ?

V.Voeikov : Je dirais que le développement le plus important n'était pas directement lié à la biophotonique ou au domaine de Gurwitch. Il s'agissait d'un article de Simon Shnoll [voir compte-rendu en page 29]. Il me semble qu'il pourrait être très important, peut-être même l'article le plus important du xx^e siècle dans ce domaine. Il a été publié en 1999, dans *Uspekhi Fisicheskikh Nauk*, l'un de nos magazines le plus respecté en physique. Il a dû avoir de nombreuses discussions avec des physiciens ici en Russie avant que l'article ne puisse être publié.

Le travail de Shnoll montre que le temps est hétérogène. Ce n'est pas un temps newtonien. Chaque moment dans le temps est différent d'un autre, et cela peut être observé dans n'importe quel processus physique que vous étudiez. Ses résultats montrent qu'il y a une information – une information cosmique – qui affecte tous les processus sur la Terre. C'est de la plus grande importance. Nous ne sommes pas qu'un système ouvert à des échanges d'énergie et de matière non structurés avec l'extérieur. Nous sommes un système ouvert dépendant d'une information structurée.

De l'Univers ?

V.Voeikov : Oui, de l'information de l'Univers, parce qu'il est ordonné. Cet ordre est très complexe mais nous le recevons néanmoins à chaque moment de notre vie. Il me semble donc que cela relève de la plus grande importance parce que, sans cela, aucun champ biologique ne pourrait exister. Un ordre initial nous est donné de l'extérieur. Rien ne vient de rien. Ainsi, Shnoll montre qu'il existe quelque chose de ce type. Nous ne pouvons pas expliquer ce que c'est ni d'où ça vient, mais nous



Une courbe des photons émis par un système réactif où une réaction de type Belousov-Zhabotinsky a lieu entre du glucose et de la glycine. Des oscillations régulières apparaissent progressivement dans la réaction sans qu'aucune interférence extérieure n'ait lieu, et se poursuivent pendant environ une journée. Ce type de réaction a été découvert dans le laboratoire de Vladimir Voeikov.

savons qu'il ne s'agit pas d'un phénomène local mais global.

Si je comprends bien, le travail de Shnoll démontre que des variations temporelles similaires ont lieu dans des mesures physiques extrêmement variées, réalisées simultanément dans des lieux différents sur la Terre.

V. Voeikov : Exactement. Récemment, [Lev] Belousov [un petit-fils d'Alexandre Gurwitsch] et moi-même avons testé cela avec des mesures de photomultiplicateurs. Belousov était dans le laboratoire de Fritz [en Allemagne] et moi-même à Moscou. Nous avons allumé nos photomultiplicateurs et analysé le signal sombre. Nous avons transmis nos données à Shnoll et il a obtenu les résultats qu'il avait anticipés.

Et à propos des résultats présentés à la conférence sur la biophysique proprement dite ?

V. Voeikov : Un article très important a été présenté par Popp au sujet des propriétés très particulières des molécules carcinogènes. En fait, en utilisant une approche assez différente, il a de nouveau démontré ce qui avait déjà été observé dans le laboratoire de Gurwitsch par N.N. Kagnissier au cours des années 30 : les substances carcinogènes se distinguent des substances chimiques très similaires, mais non carcinogènes, quant aux caractéristiques de leur propre émission lumineuse.

Vous faites référence aux travaux de Popp sur le benzopyrène ?

V. Voeikov : En effet. Ces résultats ont montré que les substances carcinogènes étaient des émetteurs de rayonnement mitogénétique très stables, résultant d'une oxydation très lente. A cause de cette propriété, elles commencent à irriter ou elles stimulent la division cellulaire sur une base continue, contrairement au stimulus produit par l'organisme proprement dit. Elles disent constamment aux cellules qu'elles doivent se diviser et, à cause de ce signal constant, certaines cellules se désintègrent et certaines, évidemment, meurent. Les autres commencent à se comporter de la même façon et deviennent sourdes aux signaux envoyés par l'organisme leur interdisant de se diviser.

Fritz Popp a effectué ses premiers travaux avant de connaître quoi que ce soit des travaux de Gurwitsch dans ce domaine. Cette expérience montre très clairement que Gurwitsch avait raison. Popp n'avait pas l'intention d'infirmer ou de confirmer la thèse de Gurwitsch mais il est arrivé aux mêmes conclusions, et ce en utilisant une approche très différente.

Un autre article très important a été présenté par V.V. Maksimenko, un physicien. Il traite de la localisation de la lumière ou je devrais plutôt dire du stockage de la lumière dans les milieux réflecteurs. Cet article est important non seulement pour la biologie mais aussi pour la phy-

sique. Il a montré que si vous avez un milieu qui ne convertit pas la lumière en chaleur, mais qui est parfaitement réflecteur, alors la lumière peut y être stockée. Personne ne sait combien d'énergie lumineuse peut y être stockée parce que les photons qui arrivent à pénétrer un tel milieu voient leur vitesse chuter jusqu'au point zéro. Cela signifie qu'ils ont la même fréquence qu'auparavant mais plus de longueur d'onde.

Comment cela fonctionne-t-il ?

V. Voeikov : Un milieu réflecteur doté d'un paramètre fractal particulier possède cette propriété. Les milieux biologiques, eux aussi, sont très réflecteurs ; ils contiennent un grand nombre de frontières. Nous pouvons voir certaines d'entre elles comme, par exemple, les membranes. Toutefois, il y a un grand nombre de frontières que nous ne pouvons pas voir à cause de leur dimension. Prenez une solution aqueuse de protéines. Chaque molécule de protéine est hydratée et, rien que sur la base de la chimie physique ordinaire, on peut déterminer que l'eau d'hydratation est différente de l'eau libre. Cela signifie que l'eau existe sous deux phases différentes : l'eau d'hydratation et l'eau libre.

En fait, il existe une frontière entre ces deux phases et celle-ci reflète la lumière. A cette frontière, il y a un changement de constante diélectrique et la vitesse de la lumière change en la traversant. La lumière

change aussi de longueur d'onde tout en conservant sa fréquence et, sous certaines conditions, elle peut voyager très lentement et peut même s'arrêter. Qu'est-ce que cela signifie si elle peut s'arrêter ? Cela signifie qu'elle se trouve localisée et stockée. Nous pouvons localiser beaucoup de lumière de cette façon – combien, personne ne le sait, mais cela représente beaucoup d'énergie et nous pouvons en extraire une partie si nous modifions les propriétés du système.

Si nous retournons maintenant au rayonnement de dégradation et aux champs cohérents, les travaux de Maksimenko nous apportent des réponses plausibles à certaines des questions les plus difficiles qui ont été soulevées par les expériences de Gurwitch.

S'agit-il seulement d'un travail théorique ou Maksimenko a-t-il conduit certaines expériences ?

V. Voeikov : C'est un théoricien. Cependant, il collabore avec des expérimentateurs ainsi qu'avec des personnes travaillant non pas en biologie mais en physique des solides, en particulier sur les anomalies dans la réflexion de la lumière provoquées par certaines formes de poussière. Il existe aussi un groupe aux Pays-Bas qui vient de publier un article dans *Nature* sur la localisation de la lumière, ce qui montre que cette idée fait son chemin. Toutefois, en ce qui concerne les applications pour la biologie, nous avons initié Maksimenko à cette question parce qu'il est un pur physicien et il ne pouvait imaginer que ses idées pouvaient s'appliquer à la biologie. Aujourd'hui, nous voyons que c'est possible.

Popp réfléchissait au concept de « succion de photons » et c'est exactement ce qui se passe. Si vous avez une cavité quelconque, et que des photons y sont stockés, et si vous y injectez une substance possédant ces propriétés, alors la lumière peut y entrer et y être stockée. Il y aurait une succion de photons, c'est comme un trou noir.

Cette cavité ajuste la phase de la lumière de telle sorte qu'elle se trouve localisée.

V. Voeikov : C'est probablement ce qu'est la succion de photons mais ce n'est pas la seule explication. Il y a d'autres manières d'aspirer des pho-

tons mais celle-ci fonctionne.

Par ailleurs, il faut mentionner l'important travail de A.V. Bugagovsky, qui a démontré que le rayonnement cohérent a un effet très particulier sur les tissus vivants. Il a aussi démontré que le rayonnement secondaire découvert par le radiobiologiste russe Alexandre Kuzin est cohérent. Malheureusement, Kuzin est décédé en juillet à l'âge de 94 ans, seulement trois mois après qu'il ait publié son dernier livre.

De quoi ce livre traite-t-il ?

V. Voeikov : Ce livre traite des rayonnements secondaires et de l'hormesis. Kuzin fut l'un des partisans de l'hormesis. En fait, un article à ce sujet a été publié dans le même numéro de *21st Century* que mon article. ² Kuzin avait une grande quantité de données qui prouvaient le rôle bénéfique et nécessaire du rayonnement de faible intensité pour les organismes vivants. Pendant plusieurs années, il a essayé d'expliquer le mécanisme de l'hormesis et il est arrivé à la conclusion qu'elle se produit à travers le rayonnement mitogénétique.

Un biophysicien géorgien, A.A. Kozlov, a présenté à la conférence des résultats prouvant que la radioactivité est nécessaire à la division cellulaire.

Parlez-vous de ce que l'on appelle parfois le rayonnement ionisant ?

V. Voeikov : Lorsque nous parlons de rayonnement ionisant, n'oublions pas que nous parlons en général de doses élevées. Dès que nous parlons de faibles doses, la probabilité d'une ionisation diminue et la probabilité d'une forte excitation augmente.

Même si le quantum d'énergie est grand ?

V. Voeikov : Oui. En ce qui concerne ce quantum d'énergie, nous le comprenons mieux dans le cas des particules bêta mais nous pouvons aussi l'expliquer pour les particules gamma en partant de ce point de vue. Dès que vous avez une particule bêta dans l'eau, ou dans un autre liquide, et dès que l'énergie de cette particule excède 263 keV, elle génère le rayonnement de Tcherenkov. Ce phénomène est très bien connu. Qu'est-ce que le rayonnement de Tcherenkov ? C'est un rayonnement ultraviolet et le quantum d'énergie d'un tel rayon-

nement dans des solutions aqueuses est d'environ 4 ou 5 eV. Maintenant, si l'énergie d'une particule bêta excède ce seuil de quelques centaines d'électronvolts, dès qu'elle passe à travers une solution aqueuse, elle génère de la lumière ultraviolette.

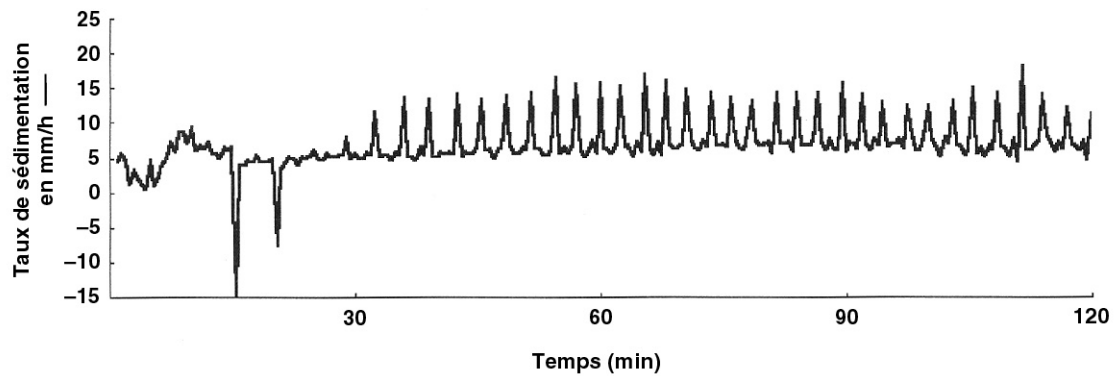
Un tel événement mènerait ainsi à une sorte d'effet mitogénétique ?

V. Voeikov : Exactement, parce que l'énergie du rayonnement Tcherenkov est presque identique, c'est-à-dire 4 à 5 eV.

En ce qui concerne le rayonnement gamma, les quanta gamma sont absorbés par les noyaux et, à ce moment, une particule bêta, ou un autre rayonnement secondaire, est émis, générant des quanta de plusieurs électronvolts. Ces quanta de plusieurs électronvolts d'énergie électromagnétique sont exactement ce que nous appelons le rayonnement mitogénétique. Ainsi, Kuzin a montré que dès que nous irradiions des tissus vivants – une feuille ou une graine – avec des rayons gamma de faible intensité, ils génèrent un rayonnement qui stimule la croissance et le développement, etc.

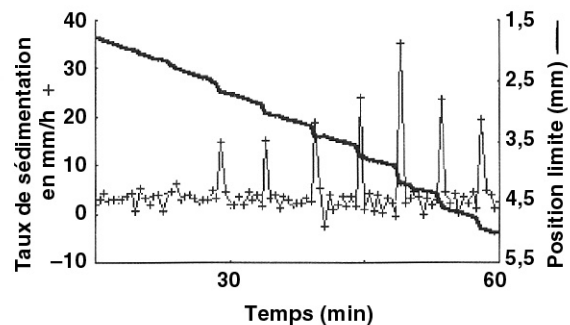
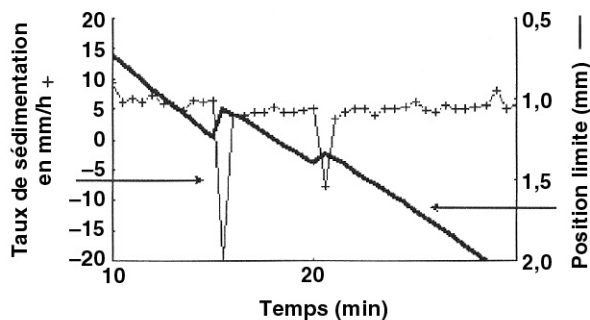
Kozlov a examiné la longueur des cycles mitotiques dans une culture de paramécies exposée à un rayonnement naturel normal. Ensuite, il l'a protégée avec une couverture de plomb de façon à diminuer l'impact du rayonnement naturel et le cycle mitotique s'est allongé. En augmentant l'exposition au rayonnement naturel, le cycle mitotique devenait plus court. Il a démontré le phénomène de saturation : pour obtenir la division nous avons besoin d'un événement interne, comme la duplication de l'ADN. Vous ne pouvez pas stimuler une cellule qui n'a pas complété les processus nécessaires à la mitose. Il y a une sorte d'horloge interne dans la cellule. Elle peut attendre, très longtemps, un signal extérieur quelconque.

Kozlov a trouvé, non seulement pour la paramécie mais pour beaucoup d'autres organismes, qu'un rayonnement atteignant dix fois le niveau du rayonnement naturel avait un effet saturateur. Ainsi, si vous avez un rayonnement vingt ou quarante fois plus élevé, vous n'obtenez rien de plus, à part des blessures. A partir de cette approche et de quelques autres, il a calculé que chaque cellule a reçu 5 eV pour amorcer la mitose.



Mouvements ascendants d'une colonne de sang après la période initiale de sédimentation des érythrocytes.

Régularités dans les compressions d'une colonne de sang.



Comportement du sang humain pendant la sédimentation des globules rouges. Ces données ont été enregistrées grâce à un instrument optoélectronique conçu par Voeikov et ses collègues.

Clarifions maintenant cette notion d'énergie. L'énergie peut être mesurée en joules ou en électronvolts. Or ces mesures sont très différentes. Vous pouvez chauffer un verre d'eau jusqu'à 100 °, qui acquiert ainsi une grande différence par rapport à l'environnement qui se trouve à 20 °. Toutefois, le potentiel énergétique est de 0,000... électronvolt – pratiquement rien, mais vous avez beaucoup d'énergie. Si vous prenez plusieurs photons de 5 eV, et si vous intégrez leur énergie, vous n'obtenez presque rien. Pourtant, cela a un effet : c'est une *énergie informationnelle*.

Ou vous pourriez l'appeler énergie géométrique...

V. Voeikov : Oui. Donc, c'est la différence. Le problème n'est pas ces photons de haute énergie dans l'organisme. Il y a des réactions à radicaux libres qui ont lieu continuellement dans l'organisme, et les recombinaisons à radicaux libres vous donnent toujours des énergies de l'ordre de quelques électronvolts.

Ces réactions à radical libre doivent être très rares du point de vue de la bioénergétique ou de la thermodynamique classique, et pourtant, sans ces réactions, un système vivant ne peut pas fonctionner.

Je peux faire une comparaison simplificatrice avec le moteur d'une automobile. Pourquoi l'automobile se déplace-t-elle ? Parce qu'une grande quantité d'énergie est dégagée lors de la combustion de l'essence. Très bien. Mais vous avez besoin de bougies pour amorcer le processus. L'énergie relâchée par la bougie n'est en rien comparable à l'énergie relâchée par la combustion. Or il y a une énergie potentielle non négligeable dans la bougie de l'ordre de plusieurs kilo-électronvolts. Néanmoins, vous ne pouvez pas faire fonctionner la voiture en utilisant seulement les bougies.

Je compare cela à la relation entre le rayonnement mitogénétique produit par des réactions à radicaux libres et la bioénergie générale de l'organisme. L'organisme a besoin de bougies et c'est la fonction du

rayonnement mitogénétique, c'est la fonction de ces quanta à très haute énergie de rayons gamma. Vous avez besoin de seulement quelques rayons gamma, pour les multiplier en un grand nombre de quanta ultraviolets, qui sont eux-mêmes multipliés par plusieurs ordres de grandeurs en réactions biochimiques, avec un potentiel énergétique beaucoup plus bas mais avec un volume d'énergie relâchée beaucoup plus grand.

Y a-t-il d'autres aspects de la conférence que vous aimeriez mentionner ?

V. Voeikov : J'aimerais souligner quelques éléments concernant l'étude du sang. Le sang n'est pas une soupe de différents composants. Le sang est un organe. C'est le mot que j'utilise maintenant. Nous le voyons surtout lorsque nous utilisons notre méthode dans l'étude de la dynamique du taux de sédimentation des érythrocytes. C'est un outil pour étudier la façon dont le sang réagit aux conditions environnementales lorsqu'il est placé dans une pipette.

↗ C'est la réaction d'un organisme stressé qui veut survivre et il utilise pour sa survie toutes ses ressources énergétiques. Les graphes sur la vitesse de sédimentation montrent une forte oscillation de ce taux sur une période de plusieurs heures. Je peux le comparer à des marches descendantes. C'est comme si vous aviez une échelle, vous pouvez demeurer sur un barreau pendant quelque temps, et si vous bougez vous tombez d'un niveau.

Beaucoup de nouvelles données ont été apportées grâce à cette approche. La présence d'oscillations montre que cette méthode, utilisée depuis presque cent ans, n'était pas bien comprise jusqu'à maintenant. Les gens essayaient d'expliquer la sédimentation des érythrocytes en termes de lois mécaniques standard s'appliquant à la sédimentation de particules dans un milieu visqueux. Ce que nous observons ici n'a rien à voir avec ce genre de physique. C'est un processus complètement biologique et non une sédimentation. Un réseau en trois dimensions de globules rouges se forme dès que le sang est placé dans une pipette pour les mesures de la vitesse de sédimentation des érythrocytes, et ce réseau se comprime. Le sang résiste à cette compression et utilise son énergie contre la compression. Il peut même se rétracter.

Pourquoi la compression continue-t-elle ? Parce que la sédimentation reflète la consommation d'oxygène des globules blancs au dépend des globules rouges. C'est un processus de distribution d'oxygène dans le sang. Cela n'a rien à voir avec la physique des milieux visqueux.

C'est un processus biologique organisé.

V. Voeikov : En effet. Nous voyons, par exemple, qu'il ne dépend pas de la viscosité. Celle-ci peut être élevée et la sédimentation rapide. La viscosité peut être faible et la sédimentation peut être lente. C'est exactement le contraire de ce à quoi nous pourrions nous attendre sur la base des lois standard s'appliquant à un milieu visqueux. Je ne veux pas dire que ces lois sont inexactes mais seulement qu'elles s'appliquent aux systèmes non vivants et que leur manifestation dans les systèmes vivants est fortement influencée par l'activité propre du système vivant.

Pour terminer, j'aimerais revenir à l'une des questions fondamentales émergeant de tout ce domaine d'étude : comment identifier la source d'émission de biophotons ?

V. Voeikov : Voyez-vous, c'est comme demander quelle est la source de la lumière d'un laser ? Le laser doit être pompé. La source de lumière est-elle le système de pompage du laser ? Selon moi, c'est le même processus pour l'émission des biophotons. Le système biologique est le corps du laser et il doit être pompé avec une énergie d'un potentiel plutôt élevé. Le pompage vient des réactions à radical libre et un peu de la radioactivité. La source des photons se trouve dans les microlasers que sont ces champs cohérents disséminés à travers tout le corps.

La meilleure analogie est un laser. Il y a un système de pompage ainsi qu'un système qui peut être organisé et excité. Après l'excitation, il doit y avoir une sorte d'irritation qui relâche cette lumière. Si les irritations sont petites, nous avons alors ce que nous appelons une émission lumineuse spontanée, qui est en général très faible. Si elles sont systémiques, nous avons alors ce que Gurwitch a appelé le rayonnement de dégradation, et les émetteurs sont ces systèmes non équilibrés qui se trouvent à l'état liquide dans l'organisme. Nous avons trouvé très récemment que l'eau ordinaire est un émetteur de lumière plutôt puissant.

Dans quelles circonstances ?

V. Voeikov : Vous prenez de l'eau ordinaire et la placez dans un détecteur de photons efficace, et vous trouvez des émissions jusqu'à vingt fois le niveau naturel de rayonnement.

Je pensais que l'approche consistant à comparer l'émission biophotonique à une sorte de signal numérique est primitive.

V. Voeikov : C'est primitif mais cela a aussi un sens. C'est une autre et très longue histoire, parce que le signal peut être numérique ou il peut être analogique. En fait, il est les deux à la fois.

Il me semble que dans le domaine de la « communication » – et un problème similaire existe en biologie moléculaire – nous manquons quelque chose de

très important si nous nous limitons à la mécanique de la forme de communication, en négligeant les processus vivants que sont les émetteurs et les récepteurs. Les signaux n'ont aucune signification en soi.

V. Voeikov : C'est vrai. Je peux avoir devant moi un livre avec des caractères chinois et, probablement, il y a beaucoup d'informations, mais ce ne sont que des images étranges pour moi. Elles ne signifient rien, aucune information.

Bien, nous n'avons pas abordé toutes les questions que je voulais vous poser mais j'espère que vous avez pu dire à peu près tout ce vous aviez à l'esprit.

V. Voeikov : Dire tout ce que j'ai à l'esprit m'aurait pris une semaine... ■

Notes

1. *Biophotonics : Non-equilibrium and Coherent Systems in Biology, Biophysics, Biotechnology* (Moscow : BioInform, 1995). C'est le compte-rendu en langue anglaise de la Première conférence internationale A.G. Gurwitch, tenue du 28 septembre au 2 octobre 1994 à Moscou.
2. L'article de Voeikov, « *The Scientific Basis of the New Biological Paradigm* » est paru dans *21st Century* (été 1999), p. 18, et celui du Dr Theodore Rockwell, « *Radiation Protection Policy : A Primer* » dans le même numéro p. 13.

Pour en savoir davantage sur ce sujet, nous vous conseillons la lecture des articles suivants :

- Michael Lipkind, « La théorie du champs biologique », *Fusion*, n° 71, mai-juin 1998.
- Michael Lipkind, « La théorie du champs biologique : analyse de différents phénomènes dans les systèmes vivants avec la théorie du champ biologique vectoriel », *Fusion*, n° 72, septembre-octobre 1998.
- Michael Lipkind, « La théorie du champs biologique : la sphère psychique », *Fusion*, n° 73, novembre-décembre 1998.
- Jonathan Tennebaum, « Un dialogue sur la différence entre le vivant et le non-vivant », *Fusion*, n° 78, novembre-décembre 1999.