C. R. Physique 19 (2018) 265–270

Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Physique

www.sciencedirect.com

Prizes of the French Academy of Sciences 2017 / *Prix 2017 de l'Académie des Sciences*

Foreword ☆

During the last few years, the *C. R. Physique* (part of the *Proceedings of the French Academy of Sciences* dedicated to Physics) have mainly published invited papers in thematic dossiers devoted to hot subjects in the field. Every year, however, we publish a more interdisciplinary issue. This one contains two kinds of articles: on the one hand, invited papers written by laureates of the prizes of the Academy of Sciences; on the other hand, articles written without invitation, but that our editorial committee, after reading, wished to include.

The purpose of this foreword is to briefly introduce these articles to a non-specialist reader. It has been written with the help of the authors and of a few experts to whom I am grateful. In particular, Yvan Castin and Alice Sinatra have written the whole presentation of their article.

The article by Gilles Montambaux ("Prix Servant") is dedicated to "Artificial graphenes". Graphene (a monatomic carbon layer, usually adsorbed on a substrate) is famous for its electronic structure: the lowest unoccupied band touches the highest occupied band at isolated points of the reciprocal space (two per Brillouin zone) where the two bands have the shape of cones. These points, where the energy $\epsilon(\mathbf{k})$ is a non-analytical function of the wave vector of the electron, have been named 'Dirac points' because the energy of an electron deduced from Dirac's equation, in a two-dimensional space, would have this form. . . if the electron had zero mass.

Graphene gives rise, in a way, to electrons that have lost their mass, but which have kept their charge! These particles have extraordinary properties, for example, in a magnetic field B, Landau levels whose energies, instead of the textbook form [1] $\epsilon_n = \text{Const} \times (n + 1/2)\, B$, have the form $\epsilon_n = \pm\ \text{Const} \times (nB)^{1/2}$, n being a non-negative integer. This formula holds in the vicinity of a Dirac point (taken as origin of the energies, $\epsilon = 0$) i.e. if n is not too large.

Physicists have sought to reproduce these astonishing properties with systems other than graphene. Montambaux enumerates several examples, where the two characters of graphene, electrons, and atomic network are replaced by something else.

- One possibility is:
  electrons → cold atoms
  atomic network → optical network.
- Another one is:
  electrons → microwave
  atomic network → dielectric resonator network.
- A third possibility is:
  electrons → polaritons
  atomic network → network of semiconducting micropillars.

These systems are called 'artificial graphenes'. They make it possible to study physical properties that are inaccessible in true graphite.

The article by Olivier Pouliquen (Mergier–Bourdeix prize) and Yoel Forterre (Ernest Déchelle prize) relates to flows of granular materials. For instance, that of wheat grains coming out of a threshing machine, as evoked by the philosopher Louis Althusser in his autobiography [2]:

☆ French version on p. 267.

https://doi.org/10.1016/j.crhy.2018.11.001

Mon grand-père tentait dans le fracas de m'expliquer le mécanisme de la machine, et j'étais près de lui quand son blé coulait dans ses sacs : quelle splendeur et quelle communion devant le miracle du travail et sa récompense ![1]

Such flows can be studied using a device similar to the viscometer imagined by Maurice Couette at the end of the nineteenth century. These are two cylinders rotating at different angular speeds, between which Couette inserted a fluid. We can also put a granular material, and then there is a novelty : the shearing movement exerts on the cylinders a force that has a component normal to the surface ! This *granular pressure* is proportional to the square of the shear rate $\partial_y v_x$ (Bagnold's law). These experiments are done at fixed volume, which does not correspond to most practical cases, like that of Althusser wheat grains. So it can be preferable to work at constant granular pressure.

Instead of working with a fluid or a granular material, one can study the rheology of granular suspension in a fluid. The contribution of Olivier Pouliquen and Yoel Forterre to this problem is particularly important. I will mention only that Bagnold's law is no longer valid in this case, the granular pressure is now proportional to the shear rate and not to its square. The article by Pouliquen and Forterre ends with a paragraph on living granular matter. These are statoliths that allow sunflowers and other plants to stand up. Note that we have also in our ears statoliths of a different model, but with a similar function.

Emmanuel Villermaux's article (Edmond Brun Prize) sheds light, among other things, on the plume of water droplets that planes leave behind them in the sky. The jet coming out right from the reactors disperses under the effect of turbulence, forms swirls, and finally becomes evanescent. This evanescence is essential for a stationary state to be attained, as is generally assumed in classical treatments of turbulence. Obviously, to obtain a stationary state, it is also necessary to inject a fluid, which is only taken into account implicitly by Villermaux. Of course the stationary state can also be obtained by confining the fluid in a pipe, as Reynolds did in 1883. Villermaux remarks that the evanescence can result from the dilution of the material, which ends up becoming invisible, but also because matter wraps around itself and forms "reconnections". Villermaux also considers, in the first part of his article, the case where the evanescence has not yet taken place. This would happen, for example, if a plane cuts its reactors for a while and then restarts them. The resulting fractal structure has no self-similarity, and the fractal dimension depends on the time, and also of the lengthscale r.

Villermaux's theory applies not only to the jet of steam of an airplane, but also to other types of turbulence like flames, and also to other phenomena besides turbulence, e.g., propagation in a porous medium.

The article by Yvan Castin and Alice Sinatra is devoted to the hot topic of Bose–Einstein condensation in a gas of cold atoms. In the thermodynamic limit, this phenomenon gives to the gas an infinite temporal coherence. However, in atomic interferometry and metrology applications, the systems have a finite size and, even if isolated from the environment, they acquire a finite coherence time t_c, which Yvan Castin and Alice Sinatra calculate for the first time in the realistic case of a harmonic trap (rather than in the homogeneous case with periodic boundary conditions). Since the rate of change of the condensate phase is proportional to the chemical potential μ of the gas, it is the fluctuations of the latter that limit t_c. In a given realization of the experiment, the gas has well-defined energy E and particle number N. As the excitation modes of the bosonic field interact by exchange of quanta (Bogoliubov quasi-particles [3]), μ fluctuates over time around a mean value $\bar{\mu}(E, N)$ with a finite correlation time, of the order of the collision time between quasi-particles, and the phase of the condensate performs a diffusive random walk (of linear variance in time) around an average trajectory $\propto \bar{\mu}(E, N)t$. However, to measure temporal coherence, it is necessary to average over a large number of realizations of the experiment. Shot-to-shot variations of the conserved quantities E and N, on which the slope $\bar{\mu}(E, N)$ depends, then lead to an additional, ballistic spreading of the phase (of quadratic variance in time). The authors calculate the coefficients of the terms t^2 and t. They vary as $1/N$ for a large system, which indeed gives $t_c = +\infty$ in the thermodynamic limit. At low and high temperature, they vary with power laws of temperature different than those in the homogeneous case. The trapped systems therefore constitute for this problem a new universality class.

The following article is a Franco–Tunisian collaboration. The authors (Salem Neily, Hajer Ghabri, Sami Youssef, and Roland Bonnet) study the effect of a dislocation on the structure of a thin layer. It is a problem of elasticity, whose solution can be useful for nanotechnologies. The thin layer is supposed to be made of two chemically different parts, and a screw dislocation (or even a series of equidistant dislocations) is assumed to be present in the plane of the weld. The authors manage to calculate the deformation, as a Fourier series that must be summed up a large number of terms, these terms being given by analytical formulae.

The article by K.P. Santhosh and Indu Sukumaran is devoted to the alpha decay of heavy nuclei. This disintegration is due to the Coulombian repulsion, which is in competition with the strong nuclear interaction. Now, if the Coulomb interaction is perfectly known and described by a precise formula, the strong nuclear interaction is not. Physicists try to construct more or less empirical formulas to describe the experimental facts. Santhosh and Sukumaran calculate the life time of the excited states of the isotopes of a given element that happens to be mercury, using 25 different models of nuclear potential. For

[1] In spite of the noise, my grandfather tried to explain the mechanism of the machine to me, and I was close to him when his wheat flowed in his sacks: what splendor and communion in front of the miracle of rewarded work!

each model m and each isotope i, the authors calculate a life time $T_i(m)$. The results are given in a gigantic table that few readers will have the patience to examine in detail. The authors therefore proceed to classify the models according to agreement with experience for the $n = 7$ isotopes, whose life time is measurable. The chosen criterion is the quantity

$$\sigma = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} \left(\log \frac{T_i^{\text{cal}}}{T_i^{\text{exp}}} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{1}$$

which they call "standard deviation". If the errors are not too large, this quantity is not very different, apart from a constant factor, from the average square relative error :

$$\sigma \simeq \frac{1}{\ln 10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{T_i^{\text{cal}} - T_i^{\text{exp}}}{T_i^{\text{exp}}} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{2}$$

For each potential m, the standard deviation has a certain value σ_m. The authors consider acceptable the models whose standard deviation is less than 0.3. The best model, i.e. the one that minimizes the standard deviation, yields $\sigma = 0.133$.

This value $\sigma = 0.133$ corresponds to a mean square relative error equal to 0.133 ln 10, i.e. 0.3. This value is probably much greater than the experimental inaccuracy. If this is so, it justifies the decision of the authors not to take into account the experimental precision in their evaluation of the different potentials.

The last article in this issue, by Hamid Reza Fazlollahi, deals with general relativity. As well known [4], Einstein's equations admit a relatively simple solution, centrosymmetric, obtained by Schwarzschild. This solution allows in particular for a description of black holes, these very compact bodies from which light, or any other radiation, cannot escape (provided one neglects quantum effects discovered by Stephen Hawking, which are very weak for large masses). The existence of such objects had already been hypothesized in the eighteenth century on the basis of Newton's theory of gravitation, which states that if a star of radius R has a mass M, an object launched at velocity $v > \sqrt{2\,G\,M/R}$ (where G is Newton's constant) can escape its attraction. Thus, if c is the speed of light, light cannot escape if $M > R\,c^2/(2\,G)$.

Fazlollahi considers an extension of general relativity, and adds terms to Einstein's equations. He then finds the Schwarzschild solution, but obtains in addition another solution capable of describing a black hole. He studies in detail the properties of this new solution, such as its entropy.

Among the seven articles presented in this issue, two are in French. Yes ! The *C. R. Physique* do recommend the use of English, but are still somewhat multilingual. Multilingualism has not, in the past, harmed the progress of science. Thermodynamics, sketched in French by Carnot, was developed in German by Clausius and in English by Maxwell. Statistical mechanics was developed in English by Maxwell and Gibbs, in German by Boltzmann. Electromagnetism was founded in French by Ampère, but developed in English by Maxwell and Faraday. Quantum mechanics was born in German (Kirchhoff, Planck, Einstein), but then revolutionized in French (Louis de Broglie), in German (Schrödinger, Heisenberg), in English (Bohr, Dirac), in Russian (Landau). Radioactivity was discovered in French, but flourished in English thanks to Rutherford and later in Italian with Fermi.

Has the situation changed ? In a sense, it has become more complex as other languages, such as Chinese or Japanese, have become important in the scientific world. But, on the other hand, the existence and the easy access of translation sites such as Google translation make it possible to cross the language barrier much more easily than that constituted by acronyms and the hermetic vocabulary that we, scientists, often use.

Avant-propos

Les *C. R. Physique* (série des *Comptes rendus de l'Académie des sciences* consacrée à la Physique) publient, depuis quelques années, surtout des dossiers spécialisés sur invitation. Chaque année, cependant, nous publions un numéro plus interdisciplinaire. Celui-ci comporte deux sortes d'articles : d'une part, des articles invités écrits par des lauréats des prix de l'Académie des sciences ; d'autre part, des articles écrit sans invitation, mais que notre comité éditorial, après lecture, a souhaité publier.

Le présent avant-propos a pour but de présenter brièvement ces articles à un lecteur non spécialisé. Il a été rédigé avec l'aide des auteurs et de quelques experts que je tiens à remercier. En particulier, Yvan Castin et Alice Sinatra ont entièrement rédigé la présentation de leur article.

L'article de Gilles Montambaux (prix Servant) est consacré aux « graphènes artificiels ». Le graphène (une couche de graphite d'épaisseur monoatomique, souvent mais pas toujours adsorbée sur un substrat) est fameux pour sa structure électronique : la bande non occupée la plus basse touche la bande occupée la plus haute en des points isolés de l'espace réciproque (deux par zone de Brillouin) où les deux bandes ont la forme de cônes. Ces points, où l'énergie $\epsilon(k)$ est une fonction non analytique du vecteur d'onde de l'électron, ont été baptisés « points de Dirac » parce que l'énergie d'un électron, déduite de l'équation de Dirac dans un espace à deux dimensions, aurait cette forme… si l'électron avait une masse nulle.

Le graphène donne donc naissance, en quelque sorte, à des électrons qui ont perdu leur masse, mais qui ont conservé leur charge ! Ces particules ont des propriétés extraordinaires, par exemple, dans un champ magnétique B, des niveaux de Landau dont les énergies, au lieu de la forme habituelle $\epsilon_n = \text{Const}\times(n+1/2)B$ qu'on trouve dans les manuels [1], ont la forme $\epsilon_n = \pm\ \text{Const}\times(n\,B)^{1/2}$, n étant un entier positif ou nul. La formule est valable au voisinage d'un point de Dirac, pris comme origine des énergies ($\epsilon = 0$) et si n n'est pas trop grand.

Des physiciens ont cherché à reproduire ces propriétés étonnantes avec d'autres systèmes que le graphène. Montambaux énumère plusieurs exemples, où les deux personnages du graphène, électrons et réseau atomique, sont remplacés par autre chose.

- Une possibilité est :
  électrons $\rightarrow$ atomes froids
  réseau atomique $\rightarrow$ réseau optique.
- Une autre est :
  électrons $\rightarrow$ microondes
  réseau atomique $\rightarrow$ réseau de résonateurs diélectrique.
- Une troisième est :
  électrons $\rightarrow$ polaritons
  réseau atomique $\rightarrow$ réseau de micropiliers semiconducteurs.

Ces différentes réalisations, appelées « graphènes artificiels », permettent de sonder des propriétés physiques inaccessibles dans le graphène authentique.

L'article d'Olivier Pouliquen (prix Mergier–Bourdeix) et Yoel Forterre (prix Ernest-Déchelle) est relatif aux écoulements de matériaux granulaires. Celui, par exemple, des grains de blé sortant d'une batteuse, tel que l'évoque le philosophe Louis Althusser dans son autobiographie [2] :

Mon grand-père tentait dans le fracas de m'expliquer le mécanisme de la machine, et j'étais près de lui quand son blé coulait dans ses sacs : quelle splendeur et quelle communion devant le miracle du travail et sa récompense !

On peut étudier de tels écoulements grâce à un appareil analogue au viscosimètre imaginé par Maurice Couette à la fin du dix-neuvième siècle. Il s'agit de deux cylindres tournant à des vitesses angulaires différentes, entre lesquels Couette plaçait un fluide. On peut aussi y mettre un matériau granulaire, et il y a alors une nouveauté : le mouvement de cisaillement exerce sur les cylindres une force qui a une composante normale à la surface ! Cette *pression granulaire* est proportionnelle au carré du taux de cisaillement $\partial_y v_x$ (loi de Bagnold). Ces expériences se font à volume fixé, ce qui ne correspond pas à la plupart des cas pratiques, comme celui des grains de blé d'Althusser. Aussi peut-il être préférable de travailler à pression granulaire constante.

Au lieu d'étudier un fluide ou un matériau granulaire, on peut s'intéresser à la rhéologie d'un matériau granulaire en suspension dans un fluide. Pouliquen et Forterre ont apporté à ce problème une contribution particulièrement importante. Contentons-nous de mentionner que la loi de Bagnold n'est plus valable dans ce cas, la pression granulaire étant maintenant proportionnelle au taux de cisaillement et non à son carré.

L'article de Pouliquen et Forterre se termine par un paragraphe sur la matière granulaire vivante. Il s'agit des statolithes qui permettent aux tournesols et à d'autres plantes de se tenir debout. Signalons que nous possédons aussi dans nos oreilles des statolithes d'un modèle différent, mais qui ont une fonction analogue.

L'article d'Emmanuel Villermaux (prix Edmond-Brun) nous éclaire, entre autres choses, sur le panache de gouttes d'eau que les avions laissent derrière eux dans le ciel. Le jet qui sort bien droit des réacteurs se disperse ensuite sous l'effet de la turbulence, forme des tourbillons et finalement devient évanescent. Cette évanescence est essentielle pour qu'un état stationnaire puisse être atteint, comme il est généralement supposé dans les traitements classiques de la turbulence. Evidemment, il faut aussi, pour obtenir un état stationnaire, injecter du fluide, ce qui n'est pris en compte qu'implicitement par Villermaux. Bien sûr, l'état stationnaire peut aussi être obtenu en confinant le fluide dans un tuyau, comme le fit Reynolds en 1883.

Villermaux remarque que l'évanescence peut résulter de la dilution de la matière, qui finit par devenir invisible, mais aussi du fait que la matière s'enroule sur elle-même et forme des « reconnections ».

Villermaux considère aussi, dans la première partie de son article, le cas où l'évanescence n'a pas encore lieu. Cela se produirait, par exemple, si un avion coupait un moment ses réacteurs, puis les remettait en marche. On obtiendrait alors une structure fractale dépourvue d'autosimilarité, avec une dimension fractale dépendant du temps, et aussi de l'échelle de longueur r considérée.

La théorie exposée par Villermaux ne s'applique pas seulement au jet de vapeur d'un avion, mais aussi à d'autres types de turbulence comme celle des flammes, et aussi à d'autres phénomènes que la turbulence, par exemple, la propagation en milieu poreux.

L'article d'Yvan Castin et Alice Sinatra est consacré au problème très actuel de la condensation de Bose–Einstein dans un gaz d'atomes froids. À la limite thermodynamique, ce phénomène confère au gaz une cohérence temporelle infinie. Cependant, dans les applications en interférométrie atomique et en métrologie, les systèmes sont de taille finie et, même bien isolés de l'environnement, ils acquièrent un temps de cohérence fini t_c, qu'Yvan Castin et Alice Sinatra calculent pour la première fois dans le cas réaliste d'un piège harmonique (plutôt que dans le cas homogène avec des conditions aux limites périodiques). Comme la vitesse de variation de la phase du condensat est proportionnelle au potentiel chimique μ du gaz, ce sont les fluctuations de ce dernier qui limitent t_c. Dans une réalisation donnée de l'expérience, le gaz a une énergie E et un nombre de particules N bien définis. Les modes d'excitation du champ bosonique interagissant par échange de quanta (les quasi-particules de Bogolioubov [3]), μ fluctue au cours du temps autour d'une valeur moyenne $\bar{\mu}(E, N)$, avec un temps de corrélation fini, de l'ordre du temps de collision entre quasi-particules, et la phase du condensat effectue une marche aléatoire diffusive (de variance linéaire en temps) autour d'une trajectoire moyenne $\propto \bar{\mu}(E, N)t$. Cependant, pour mesurer la cohérence temporelle, il faut moyenner sur un grand nombre de réalisations de l'expérience. Les variations d'une réalisation à l'autre des quantités conservées E et N, dont le coefficient directeur $\bar{\mu}(E, N)$ dépend, conduisent alors à un étalement supplémentaire, balistique, de la phase (de variance quadratique en temps). Les auteurs calculent les coefficients des termes en t^2 et en t. Ils varient comme $1/N$ pour un grand système, ce qui donne bien $t_c = +\infty$ à la limite thermodynamique. À basse et à haute température, ils varient selon des lois de puissance en température différentes du cas homogène. Les systèmes piégés constituent donc pour ce problème une nouvelle classe d'universalité.

L'article suivant est une collaboration franco-tunisienne. Les auteurs (Salem Neily, Hajer Ghabri, Sami Youssef et Roland Bonnet) étudient l'effet d'une dislocation sur la structure d'une couche mince. C'est un problème d'élasticité, mais qui peut être utile pour les nanotechnologies. La couche mince est supposée faite de deux parties différentes soudées, et on suppose qu'une dislocation vis (ou même une suite de dislocations équidistantes) se forme dans le plan de la soudure. Les auteurs parviennent à calculer la déformation, certes sous forme d'une série de Fourier dont il faut sommer un grand nombre de termes, mais ces termes sont donnés par des formules analytiques.

L'article de K.P. Santhosh et Indu Sukumaran est consacré à la désintégration alpha des noyaux lourds. Cette désintégration est due à la répulsion coulombienne, qui est en compétition avec l'interaction nucléaire forte. Or, si l'intéraction coulombienne est parfaitement connue et décrite par une formule précise, il n'en est pas de même pour l'interaction nucléaire forte. Les physiciens s'efforcent donc de construire des formules plus ou moins empiriques pour décrire les faits expérimentaux. Santhosh et Sukumaran calculent le temps de vie des états excités des isotopes d'un élément donné qui se trouve être le mercure, en utilisant 25 modèles différents de potentiel nucléaire. Pour chaque modèle m et chaque isotope i les auteurs calculent un temps de vie $T_i(m)$. Les résultats sont donnés dans un gigantesque tableau que peu de lecteurs auront la patience d'examiner en détail. Les auteurs ont donc entrepris de classer les modèles en fonction de l'accord avec l'expérience pour les $n = 7$ isotopes dont le temps de vie est mesurable. Le critère choisi est la quantité

$$\sigma = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} \left(\log \frac{T_i^{\text{cal}}}{T_i^{\text{exp}}} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{3}$$

qu'ils appellent *standard deviation* (écart-type en français). Si les erreurs ne sont pas trop grandes, cette quantité est peu différente, à un facteur près, de la moyenne quadratique des erreurs relatives :

$$\sigma \simeq \frac{1}{\ln 10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{T_i^{\text{cal}} - T_i^{\text{exp}}}{T_i^{\text{exp}}} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{4}$$

Pour chaque potentiel m l'écart-type a une certaine valeur σ_m. Les auteurs considèrent comme acceptables les modèles dont l'écart-type est inférieur à 0,3. Le meilleur modèle, c'est-à-dire celui qui minimise l'écart-type, correspond à $\sigma = 0{,}133$.

Cette valeur $\sigma = 0{,}133$ correspond à une erreur relative égale à 0,133 ln 10 en moyenne quadratique, soit 0,3. Cette valeur est probablement bien supérieure à l'imprécision expérimentale. S'il en est bien ainsi, cela justifie la décision des auteurs de ne pas prendre en compte la précision expérimentale dans leur évaluation des différents potentiels.

Le dernier article du présent numéro, dû à Hamid Reza Fazlollahi, traite de relativité générale. On sait [4] que les équations d'Einstein de la relativité générale admettent une solution relativement simple, centrosymétrique, due à Schwarzschild. Cette solution permet en particulier de décrire des trous noirs, ces astres très compacts d'où la lumière ou tout autre radiation ne peut s'échapper (à condition de négliger des effets quantiques découverts par Stephen Hawking, très faibles au-delà d'une certaine masse). Rappelons que l'existence de tels objets avait déjà été envisagée au dix-huitième siècle sur la base de la théorie newtonienne de la gravitation, qui prévoit que, si un astre de rayon R a une masse M, un objet lancé à vitesse $v > \sqrt{2\,G\,M/R}$ (où G est la constante de Newton) pourra échapper à son attraction. Ainsi, si c est la vitesse de la lumière, la lumière ne peut s'échapper si $M > R\,c^2/(2\,G)$.

Fazlollahi considère une extension de la relativité générale, et ajoute des termes aux équations d'Einstein. Il retrouve alors la solution de Schwarzschild, mais obtient en plus une autre solution capable de décrire un trou noir. Il étudie en détail les propriétés de cette nouvelle solution, telles que son entropie.

Parmi les sept articles que nous présentons dans ce numéro, deux sont en français. Eh oui ! Les *C. R. Physique* recommandent l'usage de l'anglais, mais restent un peu polyglottes. Le multilinguisme n'a pas, dans le passé, nui aux progrès de la science. La thermodynamique, ébauchée en français par Carnot, fut développée en allemand par Clausius et en en anglais par Maxwell. La mécanique statistique fut élaborée en anglais par Maxwell et Gibbs, en allemand par Boltzmann. L'électromagnétisme fondé en français par Ampère fut développé en anglais par Maxwell et Faraday. La mécanique quantique née en allemand (Kirchhoff, Planck, Einstein) fut révolutionnée en français (Louis de Broglie), en allemand (Schrödinger, Heisenberg) en anglais (Dirac), en russe (Landau). La radioactivité fut découverte en français mais s'épanouit en anglais grâce à Rutherford et plus tard en italien avec Fermi.

Les choses ont-elles changé ? En un sens, la situation est devenue plus complexe, puisque d'autres langues, comme le chinois ou le japonais, sont devenues importantes dans le monde scientifique. Mais, par ailleurs, l'existence et l'accès facile de sites de traduction tels que Google traduction permet de franchir la barrière de la langue beaucoup plus facilement que celle constituée par les sigles et le vocabulaire hermétique que nous, scientifiques, avons tendance à utiliser.

References

[1] L. Landau, E. Lifshitz, Mécanique quantique § 111 Mouvement dans un champ magnétique uniforme, Mir, Moscou, 1966.
[2] L. Althusser, L'avenir dure longtemps, Stock, Paris, 2007.
[3] Y. Castin, Cours de DEA, http://www.phys.ens.fr/~castin/cours.pdf.
[4] H. Stephani, Relativity, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2004.

Jacques Villain
Theory group, ILL, 38054 Grenoble cedex 9, France