



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Physique

www.sciencedirect.com



Editorial / Éditorial

Foreword



This issue of *Comptes rendus Physique* is divided into two distinct parts. The first one brings together contributions from laureates who have won prizes awarded in 2018 by the French Academy of Sciences. We asked them to explain their work for a broad scientific audience, as the Nobel laureates do. Unfortunately, unlike the Nobel laureates, not all of ours responded to our invitation.

The second part brings together papers submitted spontaneously by researchers. In principle, our journal publishes only invited articles. This perhaps temporary decision was made a few years ago, because of the high refusal rate, due to the high level required. However, any author can submit a manuscript, which is read by the editorial board, possibly submitted to a specialist, and sometimes invited and published.

The first article, due to Luc Blanchet (CNES prize – Astrophysics and spatial sciences), concerns gravitational waves, whose first observation in 2015 was considered a capital event. And yet, gravitational waves, we had known for a long time that they had to exist. Just as the movement of an electron around a nucleus emits light (provided that the initial state is not the ground state), the relative motion of two or more masses emits gravitational waves. For example, the movement of the Earth around the Sun emits an energy of about 6×10^9 Joules per year. This energy is obviously lost by the Earth–Sun system, the distance between them undergoing a relative decrease of 6×10^{-24} per year. These disturbances are not observable, and one could only hope to observe gravitational waves due to extremely violent (fortunately rare and remote) events due to the coming together of very large masses whose comprehension requires the use of general relativity.

One has therefore to solve Einstein's equations, which is not an easy task. Luc Blanchet explains his method to solve the problem.

The article by Sébastien Procureur and David Attié (Ivan Pechès prize) is devoted to what could be called muon radiography. Muons are able to traverse considerable thicknesses before being absorbed. Actually, tens of meters of stone. They were thus able to detect a cavity in Khufu's pyramid. These muons are kindly provided by Nature, although there are some artificial sources of them around the world. The merit of the authors is to have built precise and stable instruments, which can be used in difficult conditions.

Sergio Ciliberto's article (Jaffé prize) discusses the recent progress that has made it possible to extend out-of-equilibrium statistical physics to the nanoscale systems that can be realized at the beginning of the twenty-first century. This subject was already the subject of a dossier in our journal (June–July 2007). After recalling the theoretical works, Ciliberto explains how the experimenters (and he particularly) were able to verify them.

Yvan Castin's article is also devoted to a finite-size effect that traditional statistical mechanics tended to ignore. This is the evolution in time, at very low temperature, of the order parameter of a condensate of pairs of fermions (in this case the phase of the condensate wave function). The author shows that this evolution is very different depending on whether the phonons (whose collisions are responsible for the loss of memory) have a concave or convex dispersion law with low energy. The theory finds its main application in cold atomic gases. One could also think of superconductors, but in this case Castin's analysis is not applicable because of the long-range Coulomb interaction.

The article by K. P. Santhosh and Annu Cyriac is a theory of fission without emission of neutrons, which can take place if the kinetic energy of the two emitted nuclei is high enough. This kind of fission is not appropriate to make an atom bomb, but the absence of emitted neutrons makes the theory simpler. In fact, the authors treat the problem as a two-body one. The two fragments are supposed to interact through a phenomenological potential, and the tunnel effect through the potential barrier is treated by standard quantum mechanics. The tunnel probability depends on the nature of the two fragments and the highest probability determines the most probable pair of resulting fragments.

The article by Bo Yang, Qiao Shen, Zhiyin Gan, and Sheng Liu addresses a question of technological, but also fundamental interest: the production of big diamond crystals. Artificial diamond crystals that can be produced are quite small while, as the authors note, huge silicon crystals can be fabricated, even though the crystal structure is the same. The failure of

the growth of large single-crystal diamonds has probably something to do with the fact that diamond is not the stable form of carbon at ordinary pressure, but anyway the authors have succeeded in producing bigger crystals by an appropriate design of the substrate holder. This has been considered as an interesting result by our three referees. The authors also try to explain this success by a simulation. The model used in this simulation has been criticized by our referees, especially because dissociation of dihydrogen into atomic hydrogen has not been properly taken into account. As the authors recognize in the published version, their simulation should indeed be regarded as a preliminary work.

The last article, by Nour Ben Taher, Nour Lajimi and Noureddine Boukadida, is devoted to the thermal isolation of a building by a phase change material. It is unusual that our journal publishes a paper on a purely technical application of elementary physics, deprived of any fundamental novelty. However, since energy saving is currently of great interest for any human being, we thought that this work deserves to be published in a non-specialized journal as *Comptes rendus Physique*. In this context, “phase change” always means solid–liquid transition. A point that deserves a comment is the assumption in formula (4) of a finite transition range in which the heat capacity varies linearly with temperature. This choice (made by many authors) is not motivated by the laws of physics, but by numerical codes that do not like sharp transitions. Figure 7 shows that the storage of heat by a suitable material can divide by a factor of about 2 the temperature variation between day and night.

Avant-propos

Le présent numéro des *Comptes rendus Physique* se compose de deux parties distinctes. La première rassemble des contributions de lauréats ayant obtenu en 2018 des prix de l'Académie des sciences. Nous leur avons demandé d'expliquer leurs travaux à l'intention d'un large public scientifique, comme le font les lauréats des prix Nobel. Hélas, à la différence des lauréats Nobel, tous nos lauréats n'ont pas répondu à notre invitation.

La deuxième partie rassemble des communications soumises spontanément par des chercheurs. En principe, notre revue ne publie que des articles invités. C'est une décision (peut-être provisoire) qui a été prise il y a quelques années en raison du taux de refus élevé, dû au haut niveau exigé. Cependant, tout auteur peut soumettre un manuscrit. Celui-ci est lu par le comité de rédaction, éventuellement soumis à un spécialiste, et quelquefois, invité et publié.

Le premier article, dû à Luc Blanchet (prix CNES – Astrophysique et sciences spatiales), concerne les ondes gravitationnelles, dont la première observation en 2015 fut considérée comme un événement capital. Et pourtant, les ondes gravitationnelles, on savait depuis longtemps qu'elles devaient exister. De même que le mouvement d'un électron autour d'un noyau émet de la lumière (à condition que l'état initial ne soit pas l'état fondamental), le mouvement relatif de deux masses ou plus émet des ondes gravitationnelles. Par exemple, le mouvement de la Terre autour du Soleil émet une énergie d'environ 6×10^9 J par an. Cette énergie est évidemment perdue par le système Terre–Soleil, dont la distance qui les sépare subit en conséquence une diminution relative de 6×10^{-24} par an. Ces perturbations sont trop faibles pour être observables, et on ne pouvait espérer observer que des ondes gravitationnelles dues à des événements extrêmement violents (mais heureusement rares et lointains) dus au rapprochement de très grosses masses. La compréhension de tels phénomènes nécessite l'emploi de la relativité générale.

Il faut donc résoudre les équations d'Einstein, ce qui n'est pas chose facile. Luc Blanchet explique comment il y est parvenu.

L'article de Sébastien Procureur et David Attié (prix Ivan-Peychès) est consacré à ce qu'on pourrait appeler la radiographie par muons. Les muons sont capables de traverser des épaisseurs considérables avant d'être absorbés. En l'occurrence, des dizaines de mètres de pierre, ce qui leur a permis de détecter une cavité dans la pyramide de Chéops. Ces muons sont aimablement fournis par la Nature, même s'il en existe à travers le monde quelques sources artificielles. Le mérite des auteurs est d'avoir construit des instruments précis et stables, pouvant être utilisés dans des conditions difficiles.

La contribution de Sergio Ciliberto (prix Jaffé) expose les récents progrès qui ont permis d'étendre la physique statistique hors équilibre aux systèmes nanométriques qu'on sait réaliser en ce début de vingt-et-unième siècle. Ce sujet fit déjà l'objet d'un dossier dans notre revue en juin–juillet 2007. Après avoir rappelé les travaux théoriques, Ciliberto explique comment les expérimentateurs (et lui particulièrement) ont pu les vérifier.

Le papier d'Yvan Castin est lui aussi consacré à un effet de taille finie que la mécanique statistique traditionnelle avait tendance à ignorer. Il s'agit du brouillage avec le temps dans le temps, à très basse température, du paramètre d'ordre d'un condensat de paires de fermions (en l'occurrence la phase de la fonction d'onde dudit condensat). L'auteur montre que ce brouillage se fait de façon très différente selon que les phonons de la branche acoustique du superfluide (dont les collisions sont responsables de la perte de mémoire) ont une loi de dispersion concave ou convexe à faible énergie. La théorie trouve son application principale dans les gaz d'atomes froids. On pourrait aussi penser aux supraconducteurs, mais dans ce cas l'analyse ne s'applique pas directement, à cause de l'interaction coulombienne à longue portée.

L'article de K. P. Santhosh et Annu Cyriac renferme une théorie de la fission sans émission de neutrons, qui peut avoir lieu si l'énergie cinétique des deux noyaux émis est suffisamment élevée. Ce type de fission n'est pas approprié pour fabriquer une bombe atomique, mais l'absence de neutrons simplifie la théorie. En fait, les auteurs traitent le problème comme un problème à deux corps. Les deux fragments sont supposés interagir via un potentiel phénoménologique et l'effet tunnel à travers la barrière de potentiel est traité par la mécanique quantique standard. La probabilité de tunnel dépend de la nature

des deux fragments et la probabilité la plus élevée détermine quels sont les deux fragments qui ont le plus de chance d'être obtenus.

L'article de Bo Yang, Qiao Shen, Zhiyin Gan et Sheng Liu aborde une question d'intérêt technologique, mais aussi fondamental : la production de gros monocristaux de diamant. Les cristaux de diamant artificiels qui peuvent être produits sont petits alors que, comme le rappellent les auteurs, d'énormes cristaux de silicium peuvent être fabriqués, bien que la structure cristalline soit la même. L'échec de la croissance de gros monocristaux de diamant a probablement quelque chose à voir avec le fait que le diamant n'est pas la forme stable du carbone à la pression ordinaire, mais les auteurs ont néanmoins réussi à produire des cristaux plus gros grâce à une conception appropriée du support de substrat. Cela a été considéré comme un résultat intéressant par trois experts. Les auteurs tentent également d'expliquer ce succès par une simulation. Le modèle utilisé dans cette simulation a été critiqué par nos arbitres, notamment parce que la dissociation du dihydrogène en hydrogène atomique n'a pas été correctement prise en compte. Comme les auteurs le reconnaissent dans la version publiée, leur simulation doit en effet être considérée comme un travail préliminaire.

La dernière contribution, par Nour Ben Taher, Nour Lajimi et Noureddine Boukadida, est consacrée à l'isolation thermique d'un bâtiment par un matériau à changement de phase. Il est inhabituel que notre revue publie un article sur une application purement technique de la physique élémentaire, privée de toute nouveauté fondamentale. Cependant, les économies d'énergie étant actuellement d'un grand intérêt pour tout être humain, nous avons pensé que ce travail mérite d'être publié dans une revue non spécialisée telle que les *Comptes rendus Physique*. Dans ce contexte, le « changement de phase » signifie toujours une transition solide-liquide. Un point qui mérite un commentaire est l'hypothèse dans la formule (4) d'une zone de transition finie dans laquelle la capacité calorifique varie de manière linéaire avec la température. Ce choix (fait par beaucoup d'auteurs) n'est pas motivé par les lois de la physique, mais par les codes numériques qui n'aiment pas les transitions abruptes. La Figure 7 de l'article montre que le stockage de la chaleur par un matériau approprié peut diviser par un facteur 2 environ la variation de température entre le jour et la nuit.

Jacques Villain