



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## Comptes Rendus Physique

www.sciencedirect.com



The Sagnac effect: 100 years later / L'effet Sagnac : 100 ans après

## Foreword



This dossier on the Sagnac effect follows the colloquium held at the “Fondation Simone-et-Cino-del-Duca” (Paris) on 10 October 2013 to celebrate the centenary of the Sagnac effect, published by Georges Sagnac in 1913 in the *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol. 157, pp. 708–710.

The Sagnac effect plays an important role in physics, stimulating much discussion between physicists from various fields in optics, quantum physics, and relativity. It is also a wonderful example of the interplay between fundamental physics (general relativity, matter waves in non-inertial frame) and applied physics (navigation, geophysics).

Olivier Darrigol presents a scientific biography of Georges Sagnac, from his student years at the École normale supérieure to his last lectures at the Sorbonne. This paper (*Georges Sagnac: A life for optics*) presents the Sagnac effect and the research of Georges Sagnac showing the importance of optics in his career. Originally planned to test the theory of special relativity, the Sagnac effect was applied very quickly on measurements of rotations, in particular the measurement of the Earth's rotation rate by A.A. Michelson, F. Pearson, and H.G. Gale in 1925. However, it was not until the discovery of the laser that Sagnac interferometers were used as optical gyroscopes. In particular, the ring-laser gyros have provided an enormous increase in sensitivity. Nowadays, the ring-laser gyros are a backbone of modern navigation systems. Noad El Badaoui et al. (*Towards a solid-state ring laser gyroscope*) show innovative developments in ring-laser gyros for navigation systems. Hervé Lefèvre (*The fiber-optic gyroscope, a century after Sagnac's experiment: the ultimate rotation-sensing technology?*) presents recent developments in fibre optical gyroscopes and their potential applications in navigation. In addition, technological advances in laser physics have matured to a point where they make ring-lasers many orders of magnitude more sensitive than early instrumentation. In particular, Ulrich Schreiber et al. (*The centennial of the Sagnac experiment in the optical regime: From a tabletop experiment to the variation of the Earth's rotation*) show an impressive sensor stability over several months with new applications of ring-laser gyroscopes in the fields of geophysics, geodesy, and seismology. Angela Di Virgilio et al. (*A ring lasers array for fundamental physics*) report on a Sagnac interferometer project that plans to detect general relativity effects such as the Lense–Thirring frame dragging in a ground-based experiment. The Sagnac effect is a wave phenomenon, and does not depend on the nature of the wave: it can be a light wave or a matter wave. In particular, atom gyroscopes based on Sagnac atom interferometers have shown very good sensitivity and accuracy. Brynle Barrett et al. (*The Sagnac effect: 20 years of development in matter-wave interferometry*) review some of the key developments that have taken place over the last 20 years regarding matter-wave Sagnac interferometers. G. Tackmann et al. (*Large-area Sagnac atom interferometer with robust phase read out*) focus on a possible transportable cold atoms gyroscope. Finally, Yuki Sato (*Sagnac-based rotation sensing with superfluid helium quantum interference devices*) opens perspectives with a new type Sagnac interferometer using a macroscopic quantum system based on a superfluid helium interferometer.

## Avant-propos

Ce dossier sur l'effet Sagnac fait suite au colloque qui s'est tenu à la Fondation Simone-et-Cino-del-Duca, à Paris, le 10 octobre 2013 pour célébrer le centenaire de l'effet Sagnac, publié par Georges Sagnac en 1913 dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol. 157, pp. 708–710.

L'effet Sagnac a joué un rôle important en physique, stimulant de nombreuses de discussions entre physiciens de différents domaines, que ce soit l'optique, la physique quantique et la relativité. Il est aussi un très bon exemple d'interaction entre la physique fondamentale (la relativité générale, les ondes de matière dans des référentiels non inertiels) et la physique appliquée (navigation, géophysique).

Olivier Darrigol présente une biographie scientifique de Georges Sagnac, depuis ses années d'études à l'École normale supérieure jusqu'à ses dernières conférences à la Sorbonne. Cet article (*Georges Sagnac : une vie pour l'optique*) présente l'effet Sagnac et les recherches de Georges Sagnac, en insistant sur l'importance de l'optique dans sa carrière. Initialement prévu pour tester la théorie de la relativité restreinte, l'effet Sagnac a été appliqué très rapidement à des mesures de rotations, en particulier à la mesure de la vitesse de rotation de la Terre en 1925 par A.A. Michelson, F. Pearson et H.G. Gale. Cependant,

il a fallu attendre la découverte du laser pour que les interféromètres de Sagnac soient utilisés comme des gyromètres optiques. En particulier, les gyromètres laser ont permis une amélioration considérable de la sensibilité. De nos jours, les gyromètres laser sont un pilier des systèmes de navigation modernes. Noad El Badaoui et al. (*Vers un gyrolaser à état solide*) décrivent les innovations dans le domaine des gyromètres laser. Hervé Lefèvre (*Le gyromètre à fibre optique, cent ans après l'expérience de Sagnac : la technologie ultime de mesure inertielle de rotation ?*) évoque les développements récents de gyromètres à fibre optique et leurs applications potentielles pour la navigation inertielle. En outre, les progrès technologiques en physique des lasers ont permis la réalisation de gyromètres laser géants, avec une sensibilité améliorée de plusieurs ordres de grandeur par rapport aux instruments initiaux. En particulier, Ulrich Schreiber et al. (*Le centenaire de l'expérience de Sagnac en régime optique : d'une expérience de laboratoire à la variation de la rotation de la Terre*) décrivent un capteur d'une stabilité impressionnante pendant plusieurs mois, permettant de nouvelles applications dans les domaines de la géophysique, de la géodésie et de la sismologie. Angela Di Virgilio et al. (*Un réseau de lasers en anneaux pour la physique fondamentale*) rapportent un projet d'interféromètre de Sagnac dont le but est de détecter des effets prévus par la relativité générale, comme l'effet Lense–Thirring, dans une expérience de laboratoire sur Terre. L'effet Sagnac est un phénomène ondulatoire, qui ne dépend pas de la nature de l'onde : il peut s'agir d'une onde lumineuse ou d'une onde de matière. En particulier, les gyromètres atomiques fondés sur l'utilisation d'interféromètres de Sagnac atomiques ont montré une excellente sensibilité et une très grande exactitude. Brynle Barrett et al. (*L'effet Sagnac : 20 ans de développements des interféromètres à ondes de matière*) passent en revue les principaux développements qui sont intervenus au cours des vingt dernières années dans le domaine des interféromètres de Sagnac à ondes de matière. G. Tackmann et al. (*Interféromètre Sagnac atomique avec une acquisition de signal robuste*) mettent l'accent sur le développement de gyromètres à atomes froids transportables. Enfin, Yuki Sato (*Capteurs de rotation fondés sur l'effet Sagnac avec interférences quantiques dans l'hélium superfluide*) ouvre des perspectives avec un nouvel interféromètre de Sagnac utilisant un système quantique macroscopique fondé sur un interféromètre à hélium superfluide.

Alexandre Gauguet  
Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité (LCAR)  
Université Paul-Sabatier, Toulouse, France  
E-mail address: [Alexandre.Gauguet@irsamc.ups-tlse.fr](mailto:Alexandre.Gauguet@irsamc.ups-tlse.fr)