

L'EFFET SAGNAC

Des énigmes théoriques
aux applications pratiques

Un splendide effet relativiste à découvrir

Pierre Spagnou
Préface d'Éric Gourgoulhon



Table des matières

1	Dans les pas de Georges Sagnac	15
1.1	Le point de vue de Sagnac	16
1.2	Raisonnement dans le référentiel tournant	18
1.3	Raisonnement dans le référentiel du laboratoire	22
1.4	L'expérience historique de Sagnac (1913)	23
1.5	L'effet Sagnac optique dans les milieux réfringents	26
1.6	Un effet qui s'explique sans la relativité ?	28
2	La relativité restreinte sans la lumière	29
2.1	Les présentations à l'ancienne	30
2.2	Un seul axiome : métrique et temps propre	31
2.3	Désynchronisation cinématique des horloges parfaites	34
2.4	Désynchronisation cinématique entre horloge mobile et horloge au sol	37
2.5	Désynchronisation cinématique pour un joueur	40
2.6	L'horloge comme podomètre cosmique	42
2.7	Le pseudo-paradoxe des jumeaux	44
2.8	La composition relativiste des vitesses	46
2.9	L'invariance de la vitesse limite c	46
2.10	Récapitulatif	47
2.11	Effets physiques prédits par la relativité restreinte	48
2.12	L'équivalence masse-énergie	51
2.13	Que vaut la constante d'espace-temps c ?	54
2.14	Comment estimer la valeur de c sans l'onde électromagnétique ?	56
2.15	Peut-on déduire la métrique de Minkowski d'axiomes très généraux ?	57
2.16	Les deux postulats historiques d'Einstein	59
2.17	Le rôle de la lumière dans la genèse de la relativité	61
2.18	Synchronisation versus désynchronisation	62
2.19	Principales vérifications expérimentales de la relativité restreinte	63

3	L'universalité de l'effet Sagnac	65
3.1	Raisonnement relativiste dans le référentiel du laboratoire.....	66
3.2	Deux hélices entrelacées	71
3.3	Raisonnement dans le référentiel tournant	72
3.4	Une explosion de temps propres.....	74
3.5	Méditer ce secret idem	77
3.6	Le jogging est ou ouest.....	79
3.7	L'effet Sagnac sans la rotation ?	80
3.8	Les propriétés de l'effet Sagnac	83
4	Des erreurs dans tous les sens	85
4.1	L'effet Sagnac est expliqué par la physique non relativiste	86
4.2	L'effet Sagnac ne peut pas être expliqué sans la relativité générale	89
4.3	L'effet Sagnac n'est pas lié au pseudo-paradoxe des jumeaux	91
4.4	L'effet Sagnac optique est dû à l'anisotropie de la vitesse de la lumière	92
4.5	L'effet Sagnac est un artefact des opérations de mesure	92
4.6	L'effet Sagnac est un phénomène purement ondulatoire	93
4.7	L'effet Sagnac est dû à la force de Coriolis.....	94
4.8	L'effet Sagnac est une variante de l'effet Doppler non relativiste	95
4.9	Un effet Sagnac acoustique ?	95
4.10	Le sublime contresens de Georges Sagnac.....	97
5	Polémiques d'un autre temps	99
5.1	Le pseudo-paradoxe de Selleri	100
5.2	Un effet nul prédit par la relativité restreinte ?.....	103
5.3	Un pseudo-paradoxe avec l'effet Sagnac sans rotation	104
6	Les vérifications expérimentales de l'effet Sagnac	105
6.1	L'expérience de Michelson, Gale et Pearson (1925).....	106
6.2	L'effet Sagnac mesuré à l'aide d'atomes ou de particules	109
6.3	L'expérience cruciale de Hafele et Keating (1971).....	111

7	Les preuves de la rotation diurne de la Terre	115
7.1	Les preuves de Galilée	116
7.2	Un point de vue extraterrestre	117
7.3	Les preuves newtoniennes sans référence extérieure	119
7.4	Les preuves relativistes sans référence extérieure	122
7.5	GINGER entre dans la danse.....	125
7.6	Récapitulatif	127
7.7	La Terre tourne par rapport à quoi ?.....	128
8	Les applications pratiques de l'effet Sagnac	133
8.1	Les gyromètres optiques.....	134
8.2	Les gyromètres à fibre optique (FOG)	138
8.3	Les gyrolasers (RLG)	143
8.4	Comparaison avec les autres gyromètres	146
8.5	Les sismomètres rotationnels	148
8.6	Les centrales inertielles	151
8.7	La géodésie.....	152
8.8	Le transfert de temps	153
8.9	Les détecteurs d'ondes gravitationnelles.....	155
8.10	Les accéléromètres	157
8.11	Trace va avec art.....	158
9	Gyromètres atomiques : la grande confusion	159
9.1	Définition du problème	160
9.2	Quelques tentatives de solution	164
9.3	Perspectives	166
10	Un trésor d'incompréhensions	167
10.1	D'autres effets physiques similaires ?	168
10.2	Pièges à éviter.....	172
10.3	Ne pas confondre prédiction et explication	173
10.4	Du travail pour les épistémologues	174
10.5	Espoirs	177

Table des matières

Épilogue : l'effet phare de la relativité restreinte !	179
Top 10 des idées fausses sur l'effet Sagnac	180
L'effet Sagnac au fil du temps	181
Glossaire	187
Bibliographie	197
Index	205
Remerciements	213