

Culture scientifique

Les fondements de la mesure du temps

*Comment les fréquences
atomiques
règlent le monde*

Claude AUDOIN

*Directeur de recherche au CNRS,
Laboratoire de l'horloge atomique à Orsay*

Bernard GUINOT

Astronome à l'Observatoire de Paris

MASSON 

Paris Milan Barcelone

Table des matières

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE	1
Remerciements	4
CHAPITRE 2 : LES PRINCIPES DE LA MESURE DU TEMPS	7
2.1 - Introduction	7
2.2 - Temps et reproductibilité : la notion de durée.....	8
2.3 - Temps et évolution : la notion d'échelle de temps.....	10
2.4 - Les deux modes de la mesure du temps	12
Bibliographie.....	15
CHAPITRE 3 : MESURE DU TEMPS ET MODÈLES THÉORIQUES.....	17
3.1 - Le modèle newtonien : le temps absolu.....	18
3.2 - La relativité restreinte	20
3.3 - La relativité générale	24
3.4 - Résumé et conclusions.....	33
Bibliographie.....	35
CHAPITRE 4 : L'ÉVOLUTION DE LA MESURE DU TEMPS	37
4.1 - La date, calendrier et heure	37
4.2 - La mesure du temps fondée sur l'alternance des jours et des nuits	39
4.3 - Un temps fondé sur la dynamique du système solaire : le Temps des éphémérides	44
4.4 - La mesure atomique du temps	49
4.5 - Un compromis entre le temps atomique et le temps universel : le Temps universel coordonné	57

4.6 - Remarques finales	59
Bibliographie.....	60
CHAPITRE 5 : LE TEMPS DES HORLOGES	63
5.1 - Introduction	63
5.2 - Instabilité de fréquence et de temps.....	64
5.3 - Les oscillateurs mécaniques.....	79
5.4 - Les oscillateurs piézoélectriques.....	80
5.5 - Les étalons atomiques de fréquence et de temps : la notion d'exactitude	83
5.6 - Les comparaisons de temps et de fréquence.....	84
Bibliographie.....	101
CHAPITRE 6 : LES ÉTALONS ATOMIQUES DE FRÉQUENCE	103
6.1 - Les fondements spectroscopiques des étalons atomiques de fréquence	103
6.2 - Fonctions mises en œuvre dans une horloge atomique.....	112
6.3 - Réalisation de l'approximation de l'atome isolé et au repos.....	119
6.4 - L'horloge à jet de césium	121
6.5 - Le maser à hydrogène.....	169
6.6 - L'horloge à cellule de rubidium	193
6.7 - L'horloge à ions mercure	199
6.8 - Autres étalons atomiques de fréquence	211
6.9 - Conclusion	213
Bibliographie.....	215
CHAPITRE 7 : LA MESURE ATOMIQUE DU TEMPS.....	221
7.1 - Définitions	221
7.2 - L'établissement du Temps atomique international	225
7.3 - Propriétés du Temps atomique international et du Temps universel coordonné.....	237
7.4 - Organisation mondiale de la mesure du temps	238
7.5 - Dissémination de la fréquence et du temps	242
7.6 - Résumé et perspectives.....	245
Bibliographie.....	246
CHAPITRE 8 : TEMPS ASTRONOMIQUES.....	247
8.1 - Le Temps universel	247
8.2 - Le Temps des éphémérides	259
8.3 - Le temps des pulsars.....	262
Bibliographie.....	266

CHAPITRE 9 : QUELQUES APPLICATIONS DE LA MESURE ULTRA-PRÉCISE DU TEMPS ET DE LA FRÉQUENCE	269
9.1 - Recherche fondamentale.....	270
9.2 - Positionnement, géodésie et navigation	277
9.3 - La radio-interférométrie à très longue base.....	283
9.4 - Un exemple : les multiples aspects temps/fréquence de la mission Topex/Poseidon.....	284
9.5 - Télécommunications	287
Bibliographie.....	288
ANNEXE 1 : SIGLES OU ACRONYMES DES LABORATOIRES HORAIRES	291
ANNEXE 2 : ABRÉVIATIONS COURANTES.....	293
ANNEXE 3 : DÉFINITION DES UNITÉS DE BASE DU SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS.....	295
INDEX.....	297