
Table des matières

Avant-propos	15
Remerciements	17
Préface	19
Roger-Maurice BONNET	
Introduction	27
Chapitre 1. Les programmes spatiaux	31
Jean-Jacques DECHEZELLES	
1.1. Essor et évolutions.	31
1.1.1. De la connaissance scientifique aux applications spatiales.	32
1.1.2. L'espace et la défense	33
1.1.3. La démarche programmatique, ses arguments et ses mécanismes	34
1.1.4. La segmentation des programmes spatiaux	36
1.1.4.1. Les programmes civils.	36
1.1.4.2. Les programmes spatiaux militaires.	38
1.2. Les principaux programmes spatiaux scientifiques	40
1.2.1. Le programme sciences et exploration robotisée de l'Agence spatiale européenne.	42
1.2.1.1. Les missions écoulées	42
1.2.1.2. Les missions en cours ou récemment achevées	43

1.2.1.3. Les missions en développement et en étude	43
1.2.2. Le programme sciences de l'univers et exploration de la NASA dans ses grandes lignes.	47
1.2.2.1. Le programme JWST	47
1.2.3. Les missions en coopération internationale élargie	51
1.3. Les principaux programmes en observation de la Terre.	52
1.3.1. Les missions de météorologie depuis l'espace	53
1.3.1.1. Météorologie géostationnaire opérationnelle	56
1.3.1.2. Météorologie polaire opérationnelle.	58
1.3.2. Les missions et systèmes d'imagerie de la Terre	63
1.3.2.1. Les systèmes commerciaux d'imagerie spatiale.	63
1.3.2.2. Les systèmes tournés vers la connaissance et la surveillance de l'environnement	70
1.3.2.3. Les programmes militaires de reconnaissance et d'alerte	79
Chapitre 2. Les spécificités du domaine spatial.	81
Guy CERUTTI-MAORI	
2.1. Le marché des satellites optiques : un marché institutionnel	81
2.1.1. Les institutions spatiales de niveau européen.	82
2.1.1.1. L'Agence spatiale européenne	82
2.1.1.2. Eumetsat	83
2.1.1.3. L'Union européenne	84
2.1.2. Les agences européennes	84
2.2. Une approche « système »	85
2.2.1. Un système satellitaire : un système « de systèmes »	85
2.2.2. Les grandes étapes d'un programme.	86
2.2.2.1. Les phases de genèse du programme	86
2.2.2.2. Les phases de développement	88
2.2.2.3. Les phases de genèse du programme successeur	88
2.2.3. L'importance du compromis mission-système	88
2.2.4. Historique des compromis mission-système dans le domaine de l'observation de la Terre en haute résolution spatiale.	91
2.2.4.1. Années 1960 et 1970.	92
2.2.4.2. Saut technologique au milieu des années 1970	93
2.2.4.3. Nouveau saut technologique au début des années 1990	94
2.3. Développement d'un instrument d'optique spatial.	95
2.3.1. Sélection du maître d'œuvre de l'instrument.	96
2.3.2. Particularités des instruments d'optique spatiaux	96
2.3.3. Nécessité d'une équipe projet « instrument »	98

2.3.4. Approche système dans un projet	99
2.3.5. Les outils de développement de l'instrument.	100
2.3.5.1. L'organigramme technique	101
2.3.5.2. Le plan de développement	104
2.3.5.3. Le calendrier	109
2.3.5.4. Les technologies utilisées	110
2.3.6. Quelques contraintes de conception	111
2.3.6.1. Limite élastique de précision	111
2.3.6.2. Glissement aux liaisons	116
2.3.6.3. Architecture mécano-thermique	116
2.3.7. Conclusion	116
2.4. L'environnement spatial	117
2.4.1. Introduction	117
2.4.2. Le vide et ses conséquences sur les instruments optiques	118
2.4.3. Le vide, une chance pour les instruments optiques	119
2.4.4. Le vide, une contrainte.	121
2.4.5. L'environnement thermique.	122
2.4.5.1. Il est utile.	122
2.4.5.2. L'environnement thermique : une contrainte	124
2.4.6. L'environnement mécanique	126
2.4.7. L'environnement électrisant.	127
2.4.7.1. Les radiations	127
2.4.7.2. Les effets.	128
2.4.7.3. Les moyens	131
2.4.8. Environnement chimique et contamination.	132
2.4.8.1. Absorption moléculaire	132
2.4.8.2. Pollution particulaire.	133
2.4.8.3. L'oxygène atomique	134
2.5. Bibliographie.	135
Chapitre 3. Instruments d'observation de la Terre opérant dans le spectre solaire.	137
Georges OTRIO, Guy CERUTTI-MAORI <i>et al.</i>	
3.1. Introduction.	137
3.2. Domaine de la très haute résolution spatiale	140
3.2.1. Présentation du domaine.	140
3.2.2. Pléiades : un système de deux satellites d'observation de la Terre, agiles et à très haute résolution	146
3.2.2.1. La mission, en bref.	146
3.2.2.2. Caractéristiques fonctionnelles.	148

3.2.2.3. Un satellite agile	150
3.2.2.4. L'instrument à haute résolution spatiale logé au cœur du satellite.	155
3.2.2.5. Conception, réalisation et essais au sol de l'instrument . . .	160
3.2.2.6. Comparaison des premières mesures en vol avec les estimations	160
3.2.2.7. Conclusion.	165
3.2.3. Utilisation des données Pléiades par l'Institut géographique national	167
3.2.3.1. Une programmation plus réactive	168
3.2.3.2. La cartographie spatiale est de plus en plus exigeante	169
3.2.3.3. En guise de conclusion	172
3.3. Domaine de la haute résolution spatiale	172
3.3.1. Présentation du domaine.	172
3.3.2. HRG/Spot 5	176
3.3.2.1. Introduction	176
3.3.2.2. Les applications.	177
3.3.2.3. Description du système Spot 5	178
3.3.2.4. HRS (haute résolution stéréoscopique)	179
3.3.2.5. L'instrument HRG (haute résolution géométrique).	180
3.3.3. Les caméras NAOMI.	200
3.3.3.1. Evolution des caméras d'observation de la Terre à Astrium depuis Spot	200
3.3.3.2. Architecture des caméras NAOMI.	203
3.3.3.3. Le module plan focal	205
3.3.3.4. Le télescope	207
3.3.3.5. Le boîtier électronique instrument.	211
3.3.3.6. Performances instrumentales	213
3.3.3.7. Logique de développement	213
3.3.3.8. Recette en vol	214
3.3.3.9. Ligne de produits.	215
3.3.3.10. Conclusion	216
3.3.4. L'instrument HRS (haute résolution stéréoscopique)	217
3.3.4.1. Les marchés et les produits de l'imagerie stéréoscopique	217
3.3.4.2. La précision d'altimétrie	219
3.3.4.3. La mission et le principe de fonctionnement de l'instrument HRS	220
3.3.4.4. L'architecture de l'instrument HRS	222
3.3.4.5. Hébergement sur Spot 5.	225
3.3.4.6. Les équipements principaux de l'instrument HRS	226

3.3.4.7. Le développement et la vérification de l'instrument HRS	231
3.3.4.8. Les résultats en orbite	236
3.3.4.9. Les produits	238
3.3.5. Instrument MSI – Sentinel-2	240
3.3.5.1. Présentation de la mission Sentinel-2	240
3.3.5.2. Le principe physique de la mesure.	244
3.3.5.3. Présentation de l'instrument MSI	244
3.3.5.4. Les performances de l'instrument	248
3.3.5.5. La logique de développement de l'instrument.	252
3.4. Domaine des imageurs à très grand champ	255
3.4.1. Présentation du domaine.	255
3.4.2. La mission Végétation (VGT)	258
3.4.2.1. Introduction	258
3.4.2.2. La charge utile spatiale	261
3.4.2.3. Les produits Végétation	273
3.4.2.4. Les équipes industrielles	278
3.4.2.5. Conclusion.	279
3.4.3. Parasol	280
3.4.3.1. Le besoin scientifique	280
3.4.3.2. La mission	281
3.4.3.3. Caractéristiques de l'instrument	282
3.4.3.4. Principe de prise de vue	285
3.4.3.5. Séquencement des images	286
3.4.3.6. Caractéristiques radiométriques	287
3.4.4. Le « Geostationary Ocean Color Imager » GOCI, instrument réalisé par la France pour la Corée du Sud	297
3.4.4.1. La naissance du projet	297
3.4.4.2. Une innovation née d'une opportunité	298
3.4.4.3. Les spécifications majeures.	299
3.4.4.4. Le concept de l'instrument	301
3.4.4.5. Les grandes étapes du projet	305
3.4.4.6. Les résultats obtenus au sol et en orbite	305
3.4.4.7. Conclusion.	307
3.5. Spectro-imageurs	308
3.5.1. Présentation du domaine.	308
3.5.2. MERIS	310
3.5.2.1. Présentation de la mission ENVISAT.	310
3.5.2.2. Objectifs scientifiques de la mission MERIS	312
3.5.2.3. L'instrument MERIS	317
3.5.2.4. OLCI, la nouvelle génération.	338

3.5.2.5. Conclusion	342
3.5.2.6. Remerciements	342
3.6. Bibliographie	342
Index	349