

# Table des matières

<b>Préface</b> .....	1
<b>Résumé analytique</b> .....	3
<b>Contributions</b> .....	5
<b>Introduction</b> .....	9

---

<b>Chapitre 1 : Éléments de panorama</b> .....	15
<b>1.1. Au commencement était la mécanique</b> .....	15
1.1.1. <i>L'industrie au cœur de l'économie</i> .....	15
1.1.2. <i>La mécanique au cœur de l'industrie</i> .....	16
1.1.3. <i>Un acteur économique majeur, un tissu de PME</i> .....	17
1.1.4. <i>Une réussite qui se joue à l'international.</i> .....	19
1.1.5. <i>À la base des grandes innovations industrielles</i> .....	19
1.1.6. <i>Des outils technologiques indispensables</i> .....	21
1.1.7. <i>Des nouveaux métiers, une image à améliorer</i> .....	23
1.1.8. <i>Le mécanicien du XXI<sup>e</sup> siècle au service de la société :     les défis à venir... l'usine du futur.</i> .....	24
<b>1.2. Les technologies prioritaires.</b> .....	25
1.2.1. <i>Méthodologie.</i> .....	26
1.2.2. <i>« Entreprise performante »</i> .....	27
1.2.3. <i>« Développement durable »</i> .....	28
1.2.4. <i>« Matériaux et surface »</i> .....	29
1.2.5. <i>« Conception et simulation de produit et procédé »</i> .....	30
1.2.6. <i>« Procédés de fabrication »</i> .....	30
1.2.7. <i>« Mécatronique ».</i> .....	31
1.2.8. <i>« Contrôle et surveillance des systèmes de production »</i> .....	32
<b>1.3. Un atout majeur pour l'innovation et l'emploi des jeunes.</b> .....	33
1.3.1. <i>La mécanique et l'emploi : tendance à venir et besoins.</i> .....	34
1.3.2. <i>Les types de profils recherchés.</i> .....	34
1.3.3. <i>Les formations et l'apprentissage en mécanique</i> .....	35
1.3.4. <i>L'attractivité des métiers</i> .....	36
1.3.5. <i>Les atouts des métiers de la mécanique</i> .....	37

<b>1.4. La formation (enseignement supérieur)</b> . . . . .	38
1.4.1. <i>Constat</i> . . . . .	38
1.4.2. <i>Propositions</i> . . . . .	43

## Chapitre 2 : Les grands enjeux : les secteurs industriels . . . . .

<b>2.1. L'industrie automobile</b> . . . . .	47
2.1.1. <i>Importance macroéconomique du secteur</i> . . . . .	47
2.1.2. <i>Tendances, enjeux et défis du secteur à l'horizon 2020</i> . . . . .	48
2.1.3. <i>Attentes vis-à-vis des partenaires-fournisseurs           équipementiers-ensembliers</i> . . . . .	48
2.1.4. <i>Domaines clés de recherche et innovation</i> . . . . .	49
<b>2.2. L'industrie aéronautique et spatiale</b> . . . . .	50
2.2.1. <i>Importance macroéconomique du secteur</i> . . . . .	50
2.2.2. <i>Tendances, enjeux et défis du secteur à horizon 2020</i> . . . . .	52
2.2.3. <i>Attentes vis-à-vis des partenaires-fournisseurs           équipementiers-ensembliers</i> . . . . .	54
2.2.4. <i>Domaines clés de recherche et innovation</i> . . . . .	56
2.2.5. <i>Bibliographie</i> . . . . .	58
<b>2.3. L'énergie</b> . . . . .	58
2.3.1. <i>Les énergies fossiles</i> . . . . .	59
2.3.2. <i>La filière Oil and Gas</i> . . . . .	59
2.3.3. <i>L'énergie nucléaire</i> . . . . .	62
2.3.4. <i>Les énergies renouvelables traditionnelles</i> . . . . .	65
2.3.5. <i>Autres formes d'énergie renouvelable en pleine expansion</i> . . . . .	66
2.3.6. <i>Des politiques d'économie d'énergie</i> . . . . .	67
<b>2.4. L'industrie ferroviaire</b> . . . . .	68
2.4.1. <i>Importance macroéconomique du secteur</i> . . . . .	68
2.4.2. <i>Tendances, enjeux et défis du secteur à l'horizon 2020</i> . . . . .	69
2.4.3. <i>Attentes vis-à-vis des partenaires-fournisseurs           équipementiers-ensembliers</i> . . . . .	70
2.4.4. <i>Domaines clés de recherche et innovation</i> . . . . .	70
<b>2.5. L'industrie navale et l'ingénierie maritime</b> . . . . .	71
2.5.1. <i>Importance macroéconomique du secteur</i> . . . . .	71
2.5.2. <i>Tendances, enjeux et défis à l'horizon 2020</i> . . . . .	74
2.5.3. <i>Attentes vis-à-vis des partenaires-fournisseurs           équipementiers-ensembliers</i> . . . . .	76
2.5.4. <i>Domaines clés de recherche et d'innovation</i> . . . . .	77
<b>2.6. L'industrie agroalimentaire</b> . . . . .	79
2.6.1. <i>Importance macroéconomique du secteur</i> . . . . .	79
2.6.2. <i>Enjeux et défis des IAA à horizon 2020</i> . . . . .	81

2.6.3.	<i>Équipements, procédés, lignes de production dans les IAA : moteurs de l'innovation</i> . . . . .	82
2.6.4.	<i>Axes de recherche et d'innovation pour les équipementiers-ensembliers</i> . . . . .	84
2.6.5.	<i>Bibliographie</i> . . . . .	86
<b>2.7.</b>	<b>L'industrie des technologies de l'environnement</b> . . . . .	87
2.7.1.	<i>Importance macroéconomique du secteur</i> . . . . .	87
2.7.2.	<i>Tendances, enjeux et défis du secteur à l'horizon 2020</i> . . . . .	88
2.7.3.	<i>Attentes vis-à-vis des partenaires-fournisseurs équipementiers-ensembliers</i> . . . . .	89
2.7.4.	<i>Domaines clés de recherche et innovation</i> . . . . .	90
2.7.5.	<i>Bibliographie</i> . . . . .	92

---

<b>Chapitre 3 :</b>	<b>Les défis scientifiques</b> . . . . .	93
<b>3.1.</b>	<b>Mécanique théorique</b> . . . . .	93
3.1.1.	<i>Descriptif de la thématique</i> . . . . .	93
3.1.2.	<i>Principales avancées de la thématique pendant les trente dernières années</i> . . . . .	94
3.1.3.	<i>Orientations ou réorientations nécessaires en fonction des enjeux</i> . . . . .	96
3.1.4.	<i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	96
3.1.5.	<i>Les laboratoires concernés</i> . . . . .	98
3.1.6.	<i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application</i> . . . . .	98
3.1.7.	<i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines</i> . . . . .	99
3.1.8.	<i>La position française par rapport à l'international</i> . . . . .	99
3.1.9.	<i>Recommandations et perspectives</i> . . . . .	99
<b>3.2.</b>	<b>Mécanique et physique</b> . . . . .	100
3.2.1.	<i>Descriptif de la thématique</i> . . . . .	100
3.2.2.	<i>Principales avancées de la thématique depuis le rapport Germain</i> . . . . .	101
3.2.3.	<i>Orientations ou réorientations nécessaires en fonction des enjeux</i> . . . . .	101
3.2.4.	<i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	101
3.2.5.	<i>Les enjeux scientifiques, industriels et sociétaux</i> . . . . .	102
3.2.6.	<i>Les liens et concertations nécessaires avec d'autres disciplines</i> . . . . .	102
3.2.7.	<i>La position française par rapport à l'international</i> . . . . .	103
<b>3.3.</b>	<b>Modélisation des matériaux et des structures</b> . . . . .	103
3.3.1.	<i>Introduction</i> . . . . .	103
3.3.2.	<i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents</i> . . . . .	104
3.3.3.	<i>Les nécessaires orientations scientifiques en fonction des enjeux</i> . . . . .	105
3.3.4.	<i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	106
3.3.5.	<i>Les laboratoires concernés</i> . . . . .	107
3.3.6.	<i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application</i> . . . . .	107
3.3.7.	<i>La position française par rapport à l'international</i> . . . . .	107
3.3.8.	<i>Recommandations et perspectives</i> . . . . .	108

<b>3.4. Mécanique et incertain</b> . . . . .	109
3.4.1. <i>Une thématique aux origines anciennes</i> . . . . .	109
3.4.2. <i>Un état de la thématique et ses verrous scientifiques</i> . . . . .	111
3.4.3. <i>Les laboratoires et centres concernés</i> . . . . .	114
3.4.4. <i>Les enjeux sociétaux et industriels</i> . . . . .	114
3.4.5. <i>Les liens nécessaires et concertations avec les autres disciplines</i> . . . . .	115
3.4.6. <i>La position française par rapport à l'international.</i> . . . . .	116
<b>3.5. Mécanique expérimentale des matériaux et des structures.</b> . . . . .	116
3.5.1. <i>Descriptif de la thématique</i> . . . . .	116
3.5.2. <i>État de l'art</i> . . . . .	117
3.5.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux</i> . . . . .	118
3.5.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	118
3.5.5. <i>Les laboratoires concernés</i> . . . . .	118
3.5.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaine</i> . . . . .	119
3.5.7. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines</i> . . . . .	119
3.5.8. <i>La position française par rapport à l'international.</i> . . . . .	119
3.5.9. <i>Recommandations et perspectives</i> . . . . .	120
<b>3.6. Mécanique des matériaux composites</b> . . . . .	120
3.6.1. <i>Descriptif de la thématique</i> . . . . .	120
3.6.2. <i>État de l'art</i> . . . . .	122
3.6.3. <i>Les orientations en fonction des enjeux.</i> . . . . .	123
3.6.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	124
3.6.5. <i>Les laboratoires concernés</i> . . . . .	124
3.6.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux</i> . . . . .	125
3.6.7. <i>Les liens nécessaires avec d'autres disciplines.</i> . . . . .	125
3.6.8. <i>La position française par rapport à l'international.</i> . . . . .	125
3.6.9. <i>Recommandations et perspectives</i> . . . . .	125
<b>3.7. Tribologie</b> . . . . .	126
3.7.1. <i>Descriptif de la thématique</i> . . . . .	126
3.7.2. <i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents.</i> . . . . .	126
3.7.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux</i> . . . . .	129
3.7.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	130
3.7.5. <i>Les laboratoires concernés</i> . . . . .	131
3.7.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application</i> . . . . .	132
3.7.7. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines</i> . . . . .	132
3.7.8. <i>La position française par rapport à l'international.</i> . . . . .	133
3.7.9. <i>Recommandations et perspectives</i> . . . . .	133
<b>3.8. Rhéologie</b> . . . . .	133
3.8.1. <i>Descriptif de la thématique</i> . . . . .	133
3.8.2. <i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents.</i> . . . . .	134
3.8.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux</i> . . . . .	135
3.8.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever</i> . . . . .	136
3.8.5. <i>Les laboratoires concernés</i> . . . . .	137

3.8.6.	<i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . .</i>	137
3.8.7.	<i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . .</i>	138
3.8.8.	<i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	139
3.8.9.	<i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	139
<b>3.9.</b>	<b>Mécanique pour le vivant . . . . .</b>	<b>140</b>
3.9.1.	<i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	140
3.9.2.	<i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents. . . . .</i>	141
3.9.3.	<i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	143
3.9.4.	<i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	144
3.9.5.	<i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application. . .</i>	144
3.9.6.	<i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . .</i>	146
3.9.7.	<i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	146
3.9.8.	<i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	146
3.9.9.	<i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	147
<b>3.10.</b>	<b>Mécanique des fluides . . . . .</b>	<b>147</b>
3.10.1.	<i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	147
3.10.2.	<i>État de l'art . . . . .</i>	148
3.10.3.	<i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	149
3.10.4.	<i>Les enjeux industriels et sociétaux . . . . .</i>	150
3.10.5.	<i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	150
3.10.6.	<i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	155
3.10.7.	<i>La position française au niveau international. . . . .</i>	155
3.10.8.	<i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	156
3.10.9.	<i>Bibliographie . . . . .</i>	156
<b>3.11.</b>	<b>Vibrations et vibroacoustique, aéroacoustique . . . . .</b>	<b>157</b>
3.11.1.	<i>Vibrations et vibroacoustique. . . . .</i>	157
3.11.2.	<i>Aéroacoustique . . . . .</i>	162
<b>3.12.</b>	<b>Transferts thermiques . . . . .</b>	<b>167</b>
3.12.1.	<i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	167
3.12.2.	<i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents. . . . .</i>	167
3.12.3.	<i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	173
3.12.4.	<i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	174
3.12.5.	<i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	175
3.12.6.	<i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	175
<b>3.13.</b>	<b>Combustion . . . . .</b>	<b>175</b>
3.13.1.	<i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	175
3.13.2.	<i>L'état de l'art de la recherche en combustion. . . . .</i>	178
3.13.3.	<i>Les nouveaux enjeux scientifiques de la combustion . . . . .</i>	180
3.13.4.	<i>Les enjeux industriels et sociétaux . . . . .</i>	184
3.13.5.	<i>La concertation avec les autres disciplines. . . . .</i>	185
3.13.6.	<i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	186
3.13.7.	<i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	186

<b>3.14. Simulation numérique en mécanique des solides et des structures . . . . .</b>	<b>187</b>
3.14.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	187
3.14.2. <i>État de l'art . . . . .</i>	188
3.14.3. <i>Les orientations scientifiques nécessaires en fonction des enjeux. . .</i>	191
3.14.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	192
3.14.5. <i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	193
3.14.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux . . . . .</i>	193
3.14.7. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . .</i>	194
3.14.8. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	194
3.14.9. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	195
3.14.10. <i>Bibliographie . . . . .</i>	196
<b>3.15. Modélisation et simulation numérique des procédés d'assemblage par soudage et de mise en forme par grandes déformations . . . . .</b>	<b>196</b>
3.15.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	196
3.15.2. <i>État de l'art . . . . .</i>	198
3.15.3. <i>Les orientations scientifiques nécessaires en fonction des enjeux. . .</i>	200
3.15.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	202
3.15.5. <i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	203
3.15.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . .</i>	203
3.15.7. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . .</i>	204
3.15.8. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	204
3.15.9. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	205
3.15.10. <i>Bibliographie . . . . .</i>	206
<b>3.16. Calcul haute performance et intensif en mécanique des fluides . . . . .</b>	<b>206</b>
3.16.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	206
3.16.2. <i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents. . . . .</i>	208
3.16.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	211
3.16.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	212
3.16.5. <i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	216
3.16.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . .</i>	216
3.16.7. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . .</i>	217
3.16.8. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	218
3.16.9. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	219
<b>3.17. Mécatronique . . . . .</b>	<b>220</b>
3.17.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	220
3.17.2. <i>Un état de l'art s'appuyant sur des états de conjoncture ou avis récents. . . . .</i>	220
3.17.3. <i>Les orientations scientifiques nécessaires en fonction des enjeux. . .</i>	222
3.17.4. <i>Les verrous scientifiques et technologiques à lever . . . . .</i>	222
3.17.5. <i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	223
3.17.6. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . .</i>	224
3.17.7. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . .</i>	224
3.17.8. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	225
3.17.9. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	225
3.17.10. <i>Bibliographie . . . . .</i>	226

<b>Chapitre 4 : Concevoir et produire autrement . . .</b>	<b>227</b>
<b>4.1. Conception des produits . . . . .</b>	<b>227</b>
4.1.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	227
4.1.2. <i>État de l'art . . . . .</i>	229
4.1.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	231
4.1.4. <i>Les verrous technologiques à lever . . . . .</i>	233
4.1.5. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . . . .</i>	235
4.1.6. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . . . .</i>	236
4.1.7. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	237
4.1.8. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	237
4.1.9. <i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	238
4.1.10. <i>Bibliographie . . . . .</i>	238
<b>4.2. Procédés de fabrication . . . . .</b>	<b>239</b>
4.2.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	239
4.2.2. <i>État de l'art . . . . .</i>	241
4.2.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	243
4.2.4. <i>Les verrous technologiques à lever . . . . .</i>	245
4.2.5. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . . . .</i>	246
4.2.6. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . . . .</i>	246
4.2.7. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	247
4.2.8. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	248
4.2.9. <i>Les laboratoires concernés . . . . .</i>	249
4.2.10. <i>Bibliographie . . . . .</i>	250
<b>4.3. Production mécanique . . . . .</b>	<b>251</b>
4.3.1. <i>Descriptif de la thématique . . . . .</i>	251
4.3.2. <i>État de l'art . . . . .</i>	251
4.3.3. <i>Les orientations nécessaires en fonction des enjeux . . . . .</i>	254
4.3.4. <i>Les verrous technologiques à lever . . . . .</i>	255
4.3.5. <i>Les enjeux industriels et sociétaux par domaines d'application . . . . .</i>	256
4.3.6. <i>Les liens et concertations nécessaires avec les autres disciplines . . . . .</i>	256
4.3.7. <i>La position française par rapport à l'international. . . . .</i>	257
4.3.8. <i>Recommandations et perspectives . . . . .</i>	257
4.3.9. <i>Les laboratoires concernés (production mécanique). . . . .</i>	258
<b>4.4. L'usine du futur . . . . .</b>	<b>258</b>
4.4.1. <i>Un nouveau concept . . . . .</i>	258
4.4.2. <i>Les besoins sociétaux . . . . .</i>	259
4.4.3. <i>Le contexte technologique . . . . .</i>	259
4.4.4. <i>Bibliographie . . . . .</i>	260