

Table des matières

Préface	1
Jean-Charles POMEROL	
Chapitre 1. Vers une rupture ?	3
1.1. Introduction	3
1.2. Actionneurs	6
1.2.1. Généralités	6
1.2.2. Différents types d'actionneurs	10
1.2.3. Amplification	13
1.2.4. Autres modes d'action issus de la mécanique	14
1.2.4.1. Actionneurs fluidiques.	15
1.2.4.2. Actionneurs à mémoire de forme (AMF).	16
1.2.4.3. Translation-rotation	17
1.2.4.4. Moteurs rotatifs.	18
1.2.5. Propriétés remarquables	18
1.2.5.1. Considérations générales	18
1.2.5.2. Performances mécaniques.	23
1.2.5.3. Choix d'un actionneur	27
1.3. Actionneurs et impression 4D	28
1.3.1. Cadre général	29
1.3.2. Spécificités liées au mode de fabrication	33
1.3.2.1. Métamatériaux	35
1.3.2.2. Notion de « printabilité »	50
1.4. Stimulations de la matière	66
1.4.1. Matière programmable.	67
1.4.1.1. Partir de la matière	68
1.4.1.2. Partir de voxels commandés	72

1.4.1.3. Les <i>origamis</i>	74
1.4.2. Matériaux pour l'impression 4D	76
1.4.2.1. Matériaux actifs.	76
1.4.2.2. Matériaux classiques utilisés en impression 4D homogène	79
1.4.2.3. Relation élongation-module d'Young.	90
1.4.2.4. Quelques résultats typiques.	91
1.4.2.5. Transition entre modes d'activation.	93
1.4.3. Activation par voie physique	96
1.4.3.1. Effets mécaniques	96
1.4.3.2. Modifications physiques	99
1.4.3.3. Déformation de pièces métalliques	102
1.4.3.4. Conclusion intermédiaire	104
1.4.4. Une transition vers l'impression 4D : les robots nageurs.	105
1.4.5. Offre scientifique actuelle et cahier des charges applicatif.	111
1.4.6. Quelques contraintes	113
1.4.6.1. Tenue mécanique (E : module d'Young)	113
1.4.6.2. Rendement quantique	114
1.4.6.3. Transfert de chaleur (loi de Fourier)	115
1.4.6.4. Transfert de matière (loi de Fick)	117
1.4.6.5. Anisotropie de la fabrication	117
1.4.6.6. Autres problèmes.	118
1.5. Et demain ?	119
1.6. Bibliographie.	121

Chapitre 2. La stimulation énergétique : l'enfant abandonné ? 165

2.1. Introduction.	165
2.2. Pour aller un peu plus loin	168
2.3. Bibliographie.	170

Chapitre 3. Couplages matières-procédés en impression 4D industrielle 173

3.1. Introduction.	173
3.2. De la recherche à l'innovation.	174
3.2.1. Recherche	175
3.2.2. Innovation	178
3.2.3. Inclusion de l'impression 4D dans les projets du futur	184
3.2.4. Des faiblesses entre recherche et applications profitables	188
3.3. De la matière à la forme 4D ; de la forme 4D à la fonction.	190
3.3.1. Considérations générales.	196

3.3.2. Algorithmes par/pour la fabrication 4D	197
3.3.3. Préformer la matière	200
3.4. Bibliographie	201
Chapitre 4. Conception pour l'impression 4D	211
4.1. Introduction.	211
4.2. Comment approcher l'impression 4D en conception ?	212
4.3. Opportunités et enjeux pour la conception : une feuille de route stratégique pour la recherche	215
4.3.1. Évolution des solutions technologiques et enjeux associés	215
4.3.2. Intégration de l'impression 4D en conception	218
4.3.3. Cadre méthodologique de conception des structures sensibles aux stimuli énergétiques.	221
4.4. Capitalisation et réutilisation des connaissances de l'impression 4D	222
4.5. Conception fonctionnelle.	229
4.5.1. Modélisation fonctionnelle et principes de solution.	229
4.5.2. Sélection des matériaux/stimuli intelligents et planification de la transformation	230
4.6. De la conception architecturale à la conception détaillée	231
4.6.1. Définition des espaces de conception et représentations CAO	231
4.6.2. Modélisation à base de voxels et simulation de comportements de matériaux actifs	233
4.6.3. Distribution des matériaux actifs	236
4.6.4. Distribution des matériaux actifs en intégrant des éléments vides.	238
4.6.5. Enjeux scientifiques complémentaires.	240
4.7. Chaîne numérique pour la conception et le prototypage 4D	242
4.8. Revendications et contraintes pratiques	243
4.9. Conclusion	244
4.10. Bibliographie	244
Conclusion. Une conclusion sans vraie « feuille de route »	255
Annexe. PIA4 PEPR et impression 4D.	293
Index	307
Sommaire de <i>Impression 4D 1</i>.	309