

Table des matières

Préface	1
Jean-Charles POMEROL	
Avant-propos	3
Préambule. L'impression 4D : entre le(les) pourquoi et le(les) comment.	9
Introduction	47
Chapitre 1. L'impression 4D : disruptive, incrémentale, ou un peu les deux ?	75
1.1. Introduction.	75
1.2. Approche prospective.	78
1.3. Une tectonique de paradigmes.	90
1.3.1. Impression 3D	91
1.3.2. Impression 4D	95
1.3.2.1. Double rupture	95
1.3.2.2. Pilotage par la demande	97
1.3.2.3. Changement de paradigme dans la conception	98
1.3.3. Développement possible d'innovations 4D.	99
1.3.4. Exemple de l'impression 4D en électronique structurelle (ES) . .	103
1.3.4.1. Électronique structurelle	104
1.3.4.2. Électronique structurelle et impression 3D.	108

1.3.5. Conclusion partielle	111
1.3.5.1. Copilotage amont-aval.	112
1.3.5.2. Interdisciplinarité.	114
1.4. Impression 4D : rupture ou incrément ?	116
1.4.1. Créativité et impression 4D	117
1.4.1.1. Créativité et complexité	118
1.4.1.2. Estimation de la créativité.	119
1.4.2. Sortir du suivisme ? Où aller ?	122
1.4.2.1. Contexte général	123
1.4.2.2. Vallée de la mort	123
1.4.3. Application à la fabrication additive	126
1.4.4. Application à l'impression 4D	127
1.4.4.1. Cadre général	127
1.4.4.2. Impression 4D et électronique structurelle	128
1.5. Aspects financiers et organisationnels	129
1.5.1. Financement et orientation de la recherche	129
1.5.2. Contraintes et opportunités liées à l'orientation de la recherche	134
1.5.2.1. Court terme	135
1.5.2.2. Inerties	137
1.5.2.3. Intérêt d'une démarche prospective	139
1.5.2.4. Le soutien à la créativité comme une solution	142
1.6. Une conclusion d'espoir avec une organisation apprenante	145
1.6.1. Cadre général	146
1.6.2. Organiser la recherche en impression 4D	147
1.7. Annexe 1 : instruction d'un dossier externe	151
1.8. Annexe 2 : pour aller un peu plus loin (document de travail)	153
1.8.1. Pour sortir des impasses	160
1.8.1.1. Quels futurs pour la France ?	160
1.8.1.2. Introduire des perturbations dans le fonctionnement de la recherche	160
1.8.1.3. Favoriser l'interdisciplinarité.	161
1.8.1.4. Soutenir la créativité	161
1.8.1.5. Pour aller plus loin encore	161
1.8.2. Et alors ?	162
1.8.2.1. Résumé du projet	162
1.8.2.2. Appel à propositions	162
1.8.2.3. Réponse à l'appel	162
1.8.2.4. Expertise initiale (E1)	163
1.8.2.5. Entretien avec le candidat	163
1.8.2.6. Expertise consécutive	163
1.8.2.7. Après le stage	163
1.8.2.8. Vers un prix de la créativité.	164
1.9. Bibliographie	164

Chapitre 2. La créativité au rendez-vous de l'impression 4D	195
2.1. Introduction.	196
2.2. Une enquête destinée au grand public	196
2.2.1. L'enquête.	197
2.2.2. Éléments non transmis	199
2.2.3. Quelques résultats généraux de l'enquête.	204
2.2.4. Remarque sur l'enquête en langue anglaise.	208
2.3. Résultats de l'enquête.	210
2.3.1. Idées et propositions spécifiques (questions ouvertes)	211
2.3.2. Présentation et analyse des résultats quantifiés de l'enquête.	215
2.3.2.1. Axes à privilégier.	215
2.3.2.2. Spécificités des applications	223
2.3.2.3. Comparaison des résultats entre générations.	223
2.3.2.4. Quelle stimulation privilégier ?	226
2.4. Discussion	226
2.4.1. Les non-réponses (volontaires) ou NRV	227
2.4.2. Les réponses à l'enquête	231
2.5. Conclusion	232
2.6. Annexe 1 : « l'enquête vierge »	235
2.6.1. Rappel concernant l'impression 4D	235
2.6.2. L'enquête.	236
2.7. Annexe 2 : réponses arrêtées au 16 février 2021	242
2.8. Bibliographie.	249
Chapitre 3. Lamarck ou Darwin comme aide à une évolution maîtrisée de l'impression 4D ?	255
3.1. Introduction.	256
3.2. Considérations générales.	257
3.2.1. Les fabrications 4D concernées par ce chapitre	257
3.2.2. Vers une transposition des théories de la nature à l'impression 4D.	259
3.3. Considérations générales.	260
3.3.1. La question des arrangements et la maîtrise de la flèche du temps	261
3.3.2. Complexité induite par la stimulation	264
3.3.2.1. Un exemple	265
3.3.2.2. Un retour sur la complexité.	266
3.3.2.3. Bifurcations	272
3.3.3. Vers un principe de parcimonie ?	275
3.3.4. Prolongements.	277
3.3.5. Une situation de repli partielle	280

3.3.6. Le problème inverse	280
3.4. Un regard issu de la thermodynamique	281
3.5. Lamarck, Darwin et consorts	282
3.5.1. Entre Lamarck et Darwin	282
3.5.2. Évolutions	285
3.5.3. Notion de champ morphogénétique	287
3.5.3.1. Considérations générales	287
3.5.3.2. D'un point de vue plus pratique	289
3.5.3.3. Impression 4D ?	291
3.6. Conclusion	291
3.7. Bibliographie	293

Chapitre 4. Vers une auto-organisation possiblement programmable ? 303

4.1. Introduction	303
4.2. Un retour sur la technologie	305
4.3. Auto-organisation naturelle (spontanée)	306
4.3.1. Non-linéarités	308
4.3.2. Atteinte de la forme souhaitée ?	312
4.4. Auto-organisation et impressions 3 et 4D	317
4.4.1. Considérations générales	317
4.4.2. Réalisation d'artefacts 3D	320
4.4.3. Et pour l'impression 4D ? Systèmes auto-organiseurs stimulés : couplage ascendant-descendant	321
4.4.3.1. Robots chimiques	321
4.4.3.2. Quelques résultats d'auto-organisation stimulée ou sous contrainte	322
4.4.4. Vers un système 4D « apprenant » ?	325
4.4.4.1. Prise d'information	325
4.4.4.2. L'acte d'apprentissage	326
4.4.4.3. Vers un mode d'emploi	331
4.4.5. Élimination d'un élément bloquant	332
4.5. Conclusion	332
4.6. Bibliographie	333

Index 343

Sommaire de *Impression 4D 2* 345