

Table des matières

Introduction	11
Chapitre 1. Contextes.	15
1.1. Contexte environnemental	15
1.1.1. L'écologie : une notion ancienne	15
1.1.2. Anthropocène et concentration urbaine	16
1.1.3. Hausse de la température du globe	17
1.1.4. Architecture et pensée environnementale	17
1.2. Contexte énergétique	18
1.2.1. Crise énergétique	18
1.2.2. Consommation énergétique des logements	19
1.2.3. Des mesures fortes	19
1.2.4. La <i>smart city</i> versus l'énergie	20
1.3. Contexte technologique.	21
1.4. Contexte économique et social	21
1.5. Contexte professionnel	22
1.5.1. Rôles de l'architecte aujourd'hui	22
1.5.2. Conception architecturale et multiplicité des contraintes.	24
1.5.3. Enjeux questionnant les domaines de l'aménagement et du cadre de vie	24
1.6. Contexte instrumental.	24
1.6.1. Des outils transformationnels inadaptés au processus créatif	25
1.6.2. Un manque d'outils d'évaluation dès la phase d'esquisse	25
1.6.3. Nécessité de la modélisation informatique	26
1.7. Contexte programmatique	27
1.7.1. Phases d'esquisse et créativité	27
1.7.2. Outils d'assistance	28

1.8. Contextes cognitif, ergonomique et sensoriel	30
1.8.1. Enjeux psycho-cognitifs	30
1.8.2. Interfaces homme-machine (IHM)	30
1.8.3. Stimuler la créativité des architectes en phase d’esquisse	31
1.8.4. Approche par le confort	32
Chapitre 2. Écoconception	33
2.1. Écoconception du cadre bâti	33
2.2. L’écoconception : une approche de progrès en continu	34
2.2.1. Outils passifs : labélisation et référentiels	34
2.2.2. De HQE à HQE Performance	36
2.2.3. Label « bâtiment passif »	36
2.2.4. Label BBCA	37
2.2.5. Apprendre à penser BEPOS (E+) et bas carbone (C-)	37
2.2.6. Le référentiel PEBN	39
2.2.7. Matériaux de construction écologiques	40
2.3. Analyse du cycle de vie (ACV)	41
2.3.1. De l’intérêt de l’analyse du cycle de vie	41
2.3.2. Principaux logiciels d’analyse du cycle de vie	42
2.3.3. Bases de données associées	43
2.3.4. Difficultés liées à l’analyse du cycle de vie et à son usage	44
2.4. Écoconception et BIM	46
2.5. Écoconception et morphologies efficientes	47
2.5.1. Indices de compacité d’un édifice	47
2.5.2. Influence de la hauteur du bâti	48
2.5.3. Densité, compacité, étalement	49
2.6. Exemples d’environnements logiciels adaptés à une écoconception générative	50
2.6.1. Genomics	51
2.6.2. Building Synthesizer	52
2.6.3. ParagenTool : Performance Oriented Design of Large Passive Solar Roofs	52
2.6.4. Eco.mod	52
2.6.5. VizCab	54
Chapitre 3. Morphogénétique	59
3.1. Formalismes scientifiques de la morphogénèse naturelle	59
3.1.1. Morphogénèse, croissance et stabilité	59
3.1.2. La structure, c’est la loi	60
3.1.3. Auto-organisation, darwinisme et structuralisme	61

3.2. Génération de formes pour l'architecture	61
3.2.1. Typologie classique de modélisation des formes	62
3.2.2. Architecture paramétrique	63
3.2.3. Architecture techno-organique	64
3.2.4. Un vieux débat	64
3.2.5. Architecture générative	65
3.2.6. Architecture performative	66
3.2.7. Écoconception et morphogénétique de l'énergie.	67
3.3. Cas particulier de l'approche par voxels	68
3.3.1. The Evolving House	68
3.3.2. VOxEL	69
3.3.3. Autres constructions modulaires	70
3.4. Optimisation par algorithmes génétiques	71
3.4.1. Conception et optimisation	71
3.4.2. Algorithmes et environnements évolutionnaires	72
3.4.3. Schéma général d'un algorithme génétique.	73
3.4.4. Front de Pareto	75
3.4.5. Choix des performances	76
3.4.6. Algorithmes multi-génomiques	76
3.5. Présentation détaillée d'un algorithme génétique.	77
3.5.1. Le MOGLS de Jaszkievicz	77
3.5.2. Optimisation directionnelle	78
3.5.3. Maintien de la diversité de la population	79
3.5.4. ACROMUSE	81
3.5.5. Améliorations et extension multi-objectif.	81
3.5.6. Utilisation de l'AG comme solveur de contraintes	82
3.6. Algorithmes évolutionnaires interactifs (AEI)	82
3.6.1. Possibilités et limites	82
3.6.2. Optimisation multi-objectifs couplée à un IGA	83
3.6.3. Un IGA multi-objectifs aux solutions performantes et diversifiées	84
3.6.3.1. Structure du génome	85
3.6.3.2. Contraintes	85
3.6.3.3. Sélection	85
3.6.3.4. Croisements et mutations	85
3.6.3.5. Remplacement	85
3.6.3.6. Interactivité	86
3.6.3.7. Remarque : autre possibilité d'hybridation AG/ACO	87

Chapitre 4. Modèles et méta-modèles d'évaluation	89
4.1. Notion de modèle	89
4.2. Modèles et outils adaptés aux phases avancées de conception d'un bâtiment	90
4.2.1. Modélisation fine du comportement énergétique d'un bâtiment . . .	91
4.2.2. La réglementation thermique en France	92
4.2.3. Environnements logiciels pour la simulation du projet	92
4.2.3.1. SOLENE	92
4.2.3.2. Pléiades+COMFIE	93
4.2.3.3. EnergyPlus	93
4.2.3.4. MIT Design Advisor et ArchiWIZARD	93
4.2.3.5. Ecotect	94
4.2.3.6. IES-Virtual-Environment	94
4.2.3.7. DIVA-for-Rhino	94
4.2.3.8. Ladybug	94
4.3. Modélisation simplifiée : difficultés et exemples.	95
4.3.1. Échelles géométriques	95
4.3.2. Vitesse de traitement	96
4.3.3. Modélisation thermique simplifiée en conditions hivernales ou estivales	96
4.3.4. Apports solaires reçus par l'enveloppe de l'ensemble des bâtiments d'un site	98
4.3.5. DayLightGen	99
4.4. Méta-modélisation.	99
4.4.1. Choix d'un type de méta-modèle	100
4.4.2. Plans d'expériences.	100
4.4.3. Analyse de sensibilité	101
4.4.4. Étude de trois méta-modélisations récentes.	102
4.4.4.1. Exemple 1 : modélisation thermique de parois multicouches	102
4.4.4.2. Exemple 2 : prédiction de consommation de chauffage . . .	103
4.4.4.3. Exemple 3 : simulation simplifiée de l'éclairage naturel avec le facteur de lumière du jour/méta-modélisation pour l'éclairage naturel	103
4.5. Quelques perspectives à fort verrou scientifique	106
4.5.1. Modélisation aéraulique pour les phases amont	106
4.5.2. Prise en compte des changements climatiques dans la conception amont	108
4.5.2.1. Interactions entre changements climatiques et milieu urbain	108

4.5.2.2. Modélisation des interactions entre climat et milieu urbain	110
4.5.2.3. Objectifs à caractère ambitieux pour le bâtiment	111
4.5.2.4. Difficultés	111
4.5.2.5. Modèles et outils pour la simulation climatique urbaine en phase amont	112
Chapitre 5. Le logiciel EcoGen	115
5.1. Genèse du projet	116
5.1.1. EcoGen-N (MAP-Crai)	117
5.1.2. EcoGen-L (MAP-Aria).	118
5.2. Principes généraux d'EcoGen	119
5.2.1. Une proposition originale	119
5.2.2. Un outil unique en son genre	119
5.3. Un outil génératif et modulaire	120
5.3.1. Modes de fonctionnement	121
5.3.2. Modularité	122
5.4. Contextes urbain, morphologique et programmatique.	123
5.4.1. Site et contexte opérationnel	123
5.4.2. Description morphologique et fonctionnelle	124
5.4.3. Description d'un programme	125
5.5. Optimisation bioclimatique des solutions générées	126
5.5.1. Le cas d'EcoGen1.	126
5.5.2. Granularité de la conception	127
5.6. Critères d'évaluation d'EcoGen2	128
5.7. Interface et interactivité.	131
5.7.1. Description de l'interface	131
5.7.2. La zone de commande	135
5.7.3. Lancement d'une nouvelle session	136
5.8. Évaluation des solutions et calculs à « haute performance »	136
5.9. Perspectives à court terme	137
5.9.1. Eco ² Gen : une perspective pour l'écoconception et l'économie du projet	137
5.9.2. ACV en phase d'esquisse	137
5.9.3. Évaluation du potentiel énergétique solaire.	139
5.9.4. Interactions.	140
5.9.5. Des pistes pour dépasser l'approche basée sur les voxels	141
5.9.6. Représentation phylogénétique de la dynamique de conception	141

5.10. Expérimentations, résultats, valorisation	142
5.10.1. Résultats	142
5.10.2. Évaluation de la créativité dans un environnement de conception évolutionnaire	143
5.10.3. Génération morphologique, performance et innovation.	146
5.10.4. Cibles potentielles, diffusion et formation dans les milieux professionnels	147
Chapitre 6. Perspectives bio-inspirées	149
6.1. Enjeux du biomimétisme en architecture	149
6.1.1. Genèse de la bio-inspiration en architecture	150
6.1.2. Architecture biomimétique : vers une nouvelle naissance de la forme ?	150
6.1.3. Méthodologies et attendus	152
6.1.4. Conclusion	154
6.2. Retour sur les théories de l'évolution.	154
6.2.1. Petit historique de l'évolution naturelle	154
6.2.2. Quoi de neuf depuis Darwin ?	156
6.3. Nouvelles approches morphogénétiques.	157
6.3.1. Formes urbaines et pléiotropie	157
6.3.2. Complexité et évolution des milieux construits	158
6.3.3. Créativité évolutionnaire.	159
6.3.4. Évolution structurelle ou de second ordre.	160
6.3.5. Proposition d'une génétique architecturale bio-inspirée	161
6.4. Créativité assistée, coévolution et conception de systèmes apprenants.	162
6.4.1. Ergonomie et conception de systèmes co-évolutionnaires et apprenants.	162
6.4.2. Résonance computationnelle et créativité artificielle	163
Conclusion.	165
Bibliographie	171
Index	191