



HAL
open science

Un Environnement Virtuel Interactif et Immersif pour Faciliter la Créativité Collective des Citoyens dans les Projets de Design Urbain

Barnabé Faliu

► **To cite this version:**

Barnabé Faliu. Un Environnement Virtuel Interactif et Immersif pour Faciliter la Créativité Collective des Citoyens dans les Projets de Design Urbain. Ingénierie assistée par ordinateur. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, 2019. Français. NNT : 2019ENAM0028 . tel-02192083

HAL Id: tel-02192083

<https://pastel.hal.science/tel-02192083>

Submitted on 23 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

École doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'ingénieur

Doctorat ParisTech

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Spécialité "Informatique-traitement du signal (AM)"

présentée et soutenue publiquement par

Barnabé FALIU

le 2 juillet 2019

Un Environnement Virtuel Interactif et Immersif pour Faciliter la Créativité Collective des Citoyens dans les Projets de Design Urbain

Directeur de thèse : **Frédéric MERIENNE**

Co-encadrement de la thèse : **Alena SIARHEYEVA, Ruding LOU**

Jury

M. Michel RIVEILL, Professeur des Universités, UMR 7271 CNRS, Université Nice-Sophia Antipolis

M. Daniel MESTRE, Directeur de recherche, UMR 6233 CNRS, Faculté de Sciences du Sport

M. Daniel SIRET, Ingénieur de recherche, UMR CNRS AAU, ENSA

M. Frédéric MERIENNE, Professeur des Universités, Institut Image, ENSAM

M. Ruding LOU, Maître de Conférences, Institut Image, ENSAM

Mme Alena SIARHEYEVA, Enseignant Chercheur, ISEN Yncréa Méditerranée

M. Stéphane VERA, Directeur R&D, ISEN Yncréa Méditerranée

M. Guillaume PEROCHÉAU, Enseignant Chercheur, ISEN Yncréa Méditerranée

Président
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur
Invité
Invité

T
H
È
S
E

Remerciements

L'exercice de thèse aura été pour moi une aventure, que j'ai traversée avant tout avec mon entourage. Sans ma sœur, ma mère, mon père, et mes amis, l'histoire n'aurait pas eu la même saveur. Merci pour votre amour, votre attention, et votre support sans concessions.

Dans cette aventure deux personnes ont été indispensables, en leur qualité de co-encadrant de thèse. Alena, Ruding, vous m'avez transmis vos connaissances, vous m'avez conseillé dans des choix déterminants, vous m'avez écouté et compris dans des moments difficiles. Je vous serais toujours reconnaissant de votre investissement et du temps que vous m'avez accordé.

Merci Alena de ta bienveillance, ton honnêteté et ton pragmatisme qui m'ont tiré vers le haut. Merci de m'avoir accompagné chaque jour depuis le début de l'aventure, de l'inscription à la soutenance.

Merci Ruding pour ta curiosité et ta rigueur intellectuelle, qui n'a eu de cesse d'améliorer ma capacité à expliquer clairement, et souvent remettre en question mes travaux.

Merci à Frédéric de m'avoir accueilli au sein du noble monde de la recherche universitaire, en acceptant d'être mon directeur de thèse. Tu as toujours été positif et constructif dans la critique de mes travaux, et je t'en suis reconnaissant. Merci également à l'Institut Image de Chalon-sur-Saône, à l'ENSAM de Cluny et aux protagonistes de l'école doctorale SMI n°432, qui ont rendu possible la réalisation de mon doctorat.

A l'origine de cette aventure se trouve une personne qui m'est chère. Stéphane, merci de m'avoir donné l'opportunité de faire cette thèse, et d'avoir ainsi enrichi d'un part mon panel de compétences, et d'autre part mon réseau.

J'adresse également un message de reconnaissance et d'affection à Guillaume. Son personnage et ses connaissances m'ont beaucoup inspiré pour mes travaux de recherche, mais également pour mon évolution personnelle.

Je tiens à remercier Hachem pour son aide qui aura été précieuse dans le développement du prototype destiné aux travaux de thèse. Il est rare de rencontrer des personnes autant investies et bienveillantes. Dans la même lignée, je tiens à partager ma reconnaissance envers les étudiants de M1 promotion 2017-2018 de l'ISEN Toulon, qui ont largement contribué à la conception du prototype.

Merci à l'ensemble des enseignants et employés de l'ISEN Toulon pour leur accueil, et pour tous les services qui m'ont été rendus. J'entends par là la gestion de mon contrat de travail, de mes divers déplacements, la planification des enseignements que j'ai réalisés et le partage du contenu de ces derniers. Tous ces travaux n'auraient pas été possible sans la solidité de cette structure d'enseignement.

J'adresse une attention particulière à mes partenaires de bureau, Amaury et Bo, avec qui j'ai partagé d'agréables moments, mais aussi échangé des connaissances.

Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes qui se sont portés volontaires pour participer aux évaluations de notre prototype et processus participatif.

Enfin, j'adresse mes salutations et mes sincères remerciements à l'ensemble des membres du projet U_CODE. Participer aux différents meetings, ateliers et réunions à distance aura été pour moi une expérience très formatrice et enrichissante, que je n'oublierai jamais.

Table des matières

Remerciements	3
Table des matières	4
Résumé	7
Liste des figures	8
Liste des tableaux	10
Glossaire	11
Acronymes	12
Chapitre 1 Introduction et Problématiques	14
1.1 Participation, Co-design Urbain et Numérique	16
1.1.1 Participation Citoyenne	16
1.1.2 Le Co-design Urbain	18
1.1.3 Participation Numérique	19
1.2 Objectifs, Questions de Recherche et Approche	21
1.2.1 Objectifs Scientifiques et Techniques	21
1.2.2 Questions de Recherche	22
1.2.3 Cadre de la Thèse et Hypothèses sous-jacentes	23
1.3 Contexte de recherche : Le Projet U_CODE	24
1.4 Structure de la Thèse	29
Chapitre 2 Méthodologie de Recherche : Design Science	31
2.1 Cadre méthodologique de la Design Science	31
2.2 Démarche Opérationnelle	34
2.3 Évaluation de la Recherche	36
2.4 Résumé	37
Chapitre 3 Revue de Littérature	39
3.1 Terminologie et concepts clés	40
3.2 Participation Citoyenne et Design Urbain	43
3.2.1 Définition de la Participation Citoyenne	43
3.2.2 Participation Citoyenne et Design Urbain	45
3.2.3 Typologie des Mécanismes d'Engagement Public	47
3.3 Co-design Urbain et Outils Génératifs	55
3.3.1 Co-création, Co-design et Co-design Urbain	55
3.3.2 Créativité et Prototype pour le Co-design Urbain	57
3.3.3 Les Outils Génératifs, ou « Make Tools », pour le Co-design Urbain	60
3.4 Faciliter la Participation Citoyenne dans le Design Urbain par le Numérique	63
3.4.1 Design Urbain et Numérique	63
3.4.2 Participation Citoyenne Numérique	64
3.4.3 Les Outils Génératifs Numériques	67
3.5 Positionnement du Travail de Thèse	71
3.6 Résumé	73
Chapitre 4 Design et Développement du Prototype de l'EVII	75
4.1 Analyse du Contexte Social	76

Table des matières

4.1.1	Euroméditerranée et le Parc Bougainville.....	76
4.1.2	Observation d'une Concertation dans la Ville de Venelles	83
4.1.3	Interview de Professionnels	85
4.2	Créativité dans le Processus Participatif.....	88
4.2.1	Convergence et Divergence dans les Processus Créatifs.....	88
4.2.2	Proposition d'un Nouveau Processus Participatif.....	89
4.2.3	Réalisation d'un Atelier Utilisant le Processus Amélioré	91
4.3	Amélioration des Outils	94
4.3.1	Conception de l'Artefact.....	95
4.3.2	Implémentation du Prototype	102
4.4	Résumé.....	121
Chapitre 5 Évaluation du Prototype.....		123
5.1	Évaluation de l'utilisabilité du prototype.....	124
5.1.1	Configuration	124
5.1.1	Mesures.....	125
5.1.2	Procédure	126
5.1.3	Résultats de l'évaluation	127
5.2	Evaluation de l'utilité du prototype	131
5.2.1	Configuration	131
5.2.2	Mesures.....	134
5.2.3	Procédure	139
5.2.4	Résultats de l'évaluation	140
5.3	Résumé.....	149
Chapitre 6 Conclusion et Perspectives		152
6.1	Validité, rigueur et pertinence de la recherche.....	153
6.2	Limites et Ouverture.....	157
Bibliographie.....		160
Annexes.....		170
I. Liste non exhaustive des outils commerciaux et open-source utilisés pour la PC dans le DU 170		
II. Questionnaires utilisés pour les interviews de professionnels en urbanisme.....		172
III. Les ateliers créatifs		173
A.	Étape 1 : Constat des points négatifs et positifs	173
B.	Étape 2 : Définition des usages et ambiances	174
C.	Étape 3 : Positionnement spatial des usages et ambiances.....	175
D.	Template des questionnaires post interview.....	176
IV. Technologies candidates pour l'artefact.....		177
A.	Hardware + Software.....	177
B.	Hardware only	180
C.	Software only	182
V. Personas		184
VI. Génération d'un maillage à partir d'une polygone		189

VII.	<i>Interfaces graphiques</i>	191
VIII.	<i>Les questionnaires d'évaluation</i>	194
	A. Questionnaires d'Evaluation de l'Utilisabilité	194
	1. Pré-questionnaire	194
	2. Questionnaire sur la propension à l'immersion.....	196
	3. QUESI	199
	4. NASA TLX	200
	5. Questionnaire de présence	201
	6. Évaluation globale.....	205
	B. Questionnaires d'Evaluation de l'Utilité	206
	1. Pré-questionnaire	206
	2. CSI.....	208
	3. Questionnaires de vote pour l'évaluation des propositions.....	211
IX.	<i>Profils des participants aux ateliers d'évaluation de l'utilité</i>	216
	A. Atelier 1	216
	B. Atelier 2	217
	C. Atelier 3	218
	D. Atelier 4	219
X.	<i>Résultats du questionnaire CSI</i>	220
	A. Atelier 1	220
	B. Atelier 2	220
	C. Atelier 3	221
	D. Atelier 4	221
	Article 1	223
	Article 2	232

Résumé

La participation citoyenne (PC) est aujourd'hui au cœur de nombreux discours mais peine à s'imposer dans les institutions publiques. Dans le cas du design urbain (DU), des initiatives encourageantes peuvent être observées. Néanmoins, les observations amènent aussi à remarquer que les méthodologies actuellement utilisées reposent majoritairement sur des outils artisanaux. Cette thèse se concentre sur l'intégration d'outils numériques dans le processus de participation citoyenne dans l'aménagement des espaces publics. Plus particulièrement, les travaux sont centrés sur un mode de concertation collaboratif appliquant les concepts du co-design, qui vise à rassembler citoyens et professionnels du design urbain dans un même lieu, pour bâtir un langage commun et une vision partagée.

Au travers d'une méthodologie de recherche basée sur la *design science*, cette recherche transdisciplinaire considère à la fois le contexte d'application, et les théories dans le domaine de la PC numérique et du co-design. En effet, il est mis en avant que les travaux de recherche existants sont soit trop théoriques dans le domaine de la PC et ne proposent pas l'instanciation et l'évaluation d'un artefact à travers un prototype, soit trop centrés sur la technologie en laissant de côté le contexte d'application. De plus, afin de combler un manque dans l'état de l'art actuel, un accent particulier est mis sur l'amélioration des capacités d'expression créative des citoyens par le co-design, et la réalisation d'une interface intuitive dédiée aux amateurs.

Une observation du terrain dans le cadre d'un projet urbain de la ville de Marseille, couplée à des interviews de professionnels et des groupes de réflexion avec des citoyens, permet la définition de premières spécifications d'un environnement numérique collaboratif. Elle permet également l'établissement d'un processus participatif amélioré pour les ateliers collaboratifs, avec lequel est articulé l'environnement numérique.

S'en suit une phase de développement d'un prototype répondant à ces spécifications, nommé *Shape the Place*. Il s'agit d'un Environnement Virtuel Immersif et Interactif (EVII) reposant sur l'utilisation couplée d'une interface tactile pour la création de propositions de design sur une carte en 3D, et d'un dispositif de visualisation immersive. Une métaphore numérique de découpage/collage d'objets en 3D permet l'application des concepts du co-design. Le dispositif est couplé à un casque de réalité virtuelle permettant une visualisation immersive des travaux réalisés, ainsi que des fonctionnalités de commentaire sur les différents éléments de la proposition.

Enfin, le prototype est évalué au travers d'une approche analytique mixte (quantitative et qualitative), sous l'angle de son utilisabilité et de son utilité. Cette étape permet de conclure les travaux en apportant des recommandations sur les spécifications d'un EVII supportant la collaboration et la créativité pour la PC dans le DU, et un aperçu de la manière dont celui-ci est appréhendé par les utilisateurs. Les résultats obtenus montrent que cet objet frontière numérique appuie la réalisation d'une proposition de design urbain par des citoyens amateurs en favorisant leur créativité et leur collaboration.

Liste des figures

Figure 1 : L'échelle de participation. Inspirée de « Eight Rungs on a Ladder of Citizen Participation » (Arnstein 1969).....	16
Figure 2 : Accéder aux différents niveaux de connaissances grâce à ce que les gens Disent, Font ou Fabriquent. Schéma inspiré de (E. B. Sanders and Stappers 2012)	18
Figure 3 : Méthodologie d'avancement U_CODE (document interne du projet U_CODE)...	25
Figure 4 : Le Processus Minium Viable de U_CODE (document interne du projet U_CODE)	27
Figure 5 : Architecture fonctionnelle U_CODE (document interne du projet U_CODE).....	28
Figure 6 : Les boucles d'activités des recherches en design science, (A. R. Hevner 2007)	32
Figure 7 : Le modèle en quatre cycles, extrait de (Drechsler and Hevner 2016)	32
Figure 8 : Démarche opérationnelle de la recherche.....	34
Figure 9 : Relation entre méthodologie, technique, méthode et outil	41
Figure 10 : Aperçu du cadre conceptuel.....	42
Figure 11 : Les différents types d'engagement public, figure originale de (Rowe and Frewer 2005)	44
Figure 12 : Les principales étapes du design urbain et les tâches associées, figure inspirée des travaux de (Hayek 2011; Sanoff 2000; C T Boyko, Cooper, and Davey 2005).....	46
Figure 13 : Catégorisation des mécanismes de participation selon le degré de participation, par (Stelzle and Noennig 2017)	51
Figure 14 : le Cycle de Prototypage Participatif (CPP),(E. B. Sanders 2013)	58
Figure 15 : Les approches créatives vis-à-vis des étapes du processus de conception. Le premier point illustre le moment où divers scénarios sont envisagés et le deuxième le produit fini. (E. B.-N. Sanders and Stappers 2014)	59
Figure 16 : Les SIG et ses utilisateurs, schéma initial de (Köninger et al. 1998).....	64
Figure 17 : A gauche, aperçu de SESAME. A droite, aperçu de MULTI. (Stuerzlinger et al. 2006)	68
Figure 18 : Le résultat obtenu après la phase de conception d'un parc urbain à partir de l'Interactor, (Lauwaert 2009)	69
Figure 19 : Captures d'écran du qua-kit, (Mueller et al. 2018)	70
Figure 20 : Premières étapes de la méthodologie design science	73
Figure 21 : Le projet de construction du parc Bougainville	76
Figure 22 : Les étapes de la consultation pour le parc Bougainville	77
Figure 23 : Les différentes parties-prenantes du projet Euroméditerranée	78
Figure 24 : Les citoyens participant à l'atelier travaillent en sous-groupes	80
Figure 25 : La proposition faite par un des groupes de citoyens	81
Figure 26 : Les participants de la consultation à Venelles pendant les ateliers.....	83
Figure 27 : La proposition réalisée par l'un des groupes de participants.....	84
Figure 28 : Le diamant créatif (Guilford 1950)	88
Figure 29 : Le diamant créatif étendu (Buijs and Van der Meer 2013)	89
Figure 30 : Le processus participatif amélioré, inspiré des observations du terrain. Le cadre en pointillés illustre l'étape ajoutée.	90
Figure 31 : A gauche, la proposition réalisée par les membres u projet U_CODE dans le cadre du projet du parc Bougainville. A droite, la proposition réalisée par les participants au second atelier pour la place porte d'Italie.	93
Figure 32 : Le modèle conceptuel de l'EVII.....	100
Figure 33 : Modèle itératif construction / visualisation	100
Figure 34 : Le modèle conceptuel intégré au processus participatif.....	101
Figure 35 : Vue globale des fonctionnalités de l'artefact	102

Liste des figures

Figure 36 : Architecture technique de l'artefact.....	103
Figure 37 : Exemple de carte générée par l'asset Mapbox dans le moteur graphique Unity	105
Figure 38 : La métaphore de « collage 3D » réalisée à l'aide du prototype. A gauche, l'utilisateur trace une courbe de part et d'autre de l'élément 3D. A milieu, l'élément est scindé en deux parties. A droite, l'utilisateur fusionne différentes parties entre elles après avoir modifié leur orientation et position.....	106
Figure 39 : Le modèle de données de l'artefact	107
Figure 40 : Vue globale de l'espace de création	108
Figure 41 : Interface graphique de l'écran de création. A droite, un objet est sélectionné (kiosque rouge).	110
Figure 42 : Lien entre interface graphique et fonctions du prototype, écran de création.	110
Figure 43 : Interface graphique de l'écran de configuration. A droite, un objet est sélectionné.	112
Figure 44 : Lien entre interface graphique et fonctions du prototype, écran de configuration.	113
Figure 45 : Lien entre interface graphique et fonctions du prototype, écran de d'édition. ...	115
Figure 46 : Cheminement global des interfaces de l'espace de création.....	115
Figure 47 : Vue globale de l'espace de visualisation immersive, implémenté à l'aide d'un casque de réalité virtuelle pour mobile. Le bouton d'interaction se trouve en haut à gauche du casque.	116
Figure 48 : A gauche, la vue proche du sol. A droite, la vue de dessus.....	116
Figure 49 : A gauche, les interactions disponibles, qui deviennent en regardant vers le bas. A droite, un élément 3D a été sélectionné et change donc de couleur.	118
Figure 50 : Aperçu de l'interface web de l'espace professionnel	119
Figure 51 : Avancement de la méthodologie design science, étape 2.....	121
Figure 52 : Aperçu de la configuration pour l'évaluation de l'utilisabilité	124
Figure 53 : Les données récoltées sur les participants lors des évaluations individuelles d'utilisabilité.....	127
Figure 54 : Le projet de piétonisation de la place Porte d'Italie, à Toulon.....	131
Figure 55 : Aperçu de la configuration pour l'évaluation de l'utilité.....	132
Figure 56 : L'espace de travail de départ des participants aux ateliers pour l'évaluation de l'utilité du prototype	133
Figure 57 : L'équation permettant de calculer le score CSI (Cherry and Latulipe 2014)	137
Figure 58: Proposition de design du groupe 1	141
Figure 59: Proposition de design du groupe 2	141
Figure 60: Proposition de design du groupe 3.....	142
Figure 61: Proposition de design du groupe 4.....	142
Figure 62 : Résultats du vote. Panel large.	146
Figure 63 : Résultats du vote. Panel professionnel.	147
Figure 64 : A gauche, création du groupe 1 représentant un terrain de pétanque. A droite, création du groupe 2 représentant un parking à vélo	148
Figure 65 : Avancement de la méthodologie design science, étape 3.....	150

Liste des tableaux

Tableau 1 : Matrice de participation citoyenne. Inspiré de « Participation Matrix », (Wates et al. 2000).....	17
Tableau 2 : Les membres du consortium U_CODE	24
Tableau 3 : Les recommandation pour l'évaluation de la recherche en design science, extrait de (A. R. Hevner et al. 2004)	36
Tableau 4 : Traduction de termes anglais.....	42
Tableau 5 : Avantages et risques de la participation citoyenne, (Luyet et al. 2012)	43
Tableau 6 : Mécanismes de participation citoyenne, (EPA 2019).....	49
Tableau 7 : Aperçu des mécanismes de participation citoyenne en fonction de leur degré d'implication, (Luyet et al. 2012).....	50
Tableau 8 : Les variables de classification des mécanismes de participation citoyenne, selon (Rowe and Frewer 2005).....	52
Tableau 9 : Classification des techniques, méthodes, activités et outils permettant différents degrés de participation	53
Tableau 10 : Les étapes du co-design urbain, issu de (Fu and Lin 2014)	56
Tableau 11 : Quelques outils et techniques en fonction de la forme et de l'objectif, inspiré de (E. B.-N. Sanders, Brandt, and Binder 2010)	61
Tableau 12 : Aperçu des termes employés pour désigner les technologies pour la PC	65
Tableau 13 : Les différentes fonctionnalités assumées par les SIGPC, traduction de (Laurini 2001)	66
Tableau 14 : Un des persona réalisés à partir des interviews et observations participantes. ..	79
Tableau 15 : Les étapes participatives des ateliers réalisés	91
Tableau 16 : Les user stories du module « Mock-up focus group »	97
Tableau 17 : Les user stories du module « Visualization & Consultation : Public feedback with VR mobile application ».....	98
Tableau 18 : Les interactions de l'écran de création	109
Tableau 19 : Les interactions de l'écran de configuration	111
Tableau 20 : Les interactions de l'écran d'édition.	114
Tableau 21 : Les interactions de l'écran d'édition.	117
Tableau 22 : Exigences initiales et fonctions de prototype associées.....	120
Tableau 23 : La procédure d'évaluation de l'utilisabilité.....	126
Tableau 24 : Résultats du questionnaire de présence.....	128
Tableau 25 : Résultats des questionnaires QUESI et NASATLX pour les quatre tâches.....	128
Tableau 26 : Distributions de fréquences cumulées du NASATLX. Score de charges par types de tâches. Extrait des travaux de (Grier 2015)	129
Tableau 27 : Résultats du questionnaire de satisfaction.....	129
Tableau 28 : Les retours positifs des participants aux évaluations d'utilisabilité	130
Tableau 29 : Les retours négatifs des participants aux évaluations d'utilisabilité	130
Tableau 30 : Comment les concepts de créativité de la littérature sont reliés aux facteurs du CSI (traduction de (Carroll and Latulipe 2009))	135
Tableau 31 : Affirmations proposées aux participants qui doivent répondre à l'aide d'une échelle de 1 à 10. Dans la version fournie aux participant, le nom des facteurs n'apparaît pas et les questions ne sont pas regroupées. (Traduction de (Cherry and Latulipe 2014))	137
Tableau 32 : La procédure d'évaluation de l'utilité	139
Tableau 33 : Résultats du questionnaire CSI par atelier	143
Tableau 34 : Résumé des scores obtenus au CSI pour les quatre ateliers.	143

Glossaire

Co-Création :	Désigne toute activité de créativité collective, c'est-à-dire un processus créatif partagé par deux personnes ou plus. Ainsi dans le cas du design urbain, l'acte de co-création représente l'ensemble des parties prenantes du projet travaillant de pair avec les planificateurs, architectes et concepteurs, dans le but d'améliorer une idée.
Co-Design :	Une méthodologie centrée sur la communauté et une approche que les concepteurs utilisent afin de donner les moyens aux utilisateurs qui bénéficieront du résultat final de participer à la conception des solutions à leurs problèmes et besoins.
Design Science :	Une méthodologie de recherche conceptualisée en 2004 par A. Hevner.
Design Urbain (ou conception urbaine) :	Le design urbain est un processus qui s'intéresse à l'architecture et au paysage d'un lieu, et aux approches graphiques de représentation de l'espace, autrefois manuelles, aujourd'hui assistées par ordinateur.
Environnement virtuel :	Monde virtuel en 3 dimensions avec lequel on peut interagir et dans lequel on peut se déplacer.
Modèle 3D :	Objets ou ensemble d'objets en 3 Dimensions définis par des formes géométriques telles que les triangles. Les informations relatives à un modèle 3D sont stockées dans des fichiers informatiques suivant multiples formats (.obj, .3ds, .stl, etc...).
Mécanisme Participatif :	Mot-valise pouvant désigner une technique, une méthode, un outil ou une activité liée à la participation citoyenne.
Planning Urbain (planification urbaine) :	Discipline permettant d'organiser un territoire sur le long terme. Elle repose sur un ensemble d'études, de procédures juridiques, de lois et de réglementations élaborés par les collectivités territoriales.
Réalité Virtuelle :	Environnement permettant de visualiser un <i>environnement virtuel</i> avec un sentiment total d'immersion. Le dispositif généralement utilisé est un casque de réalité virtuelle ou un CAVE.
U_CODE :	Un projet de recherche financé par l'Union Européenne sur le thème de la participation citoyenne massive, par l'intermédiaire d'outils numériques et d'une méthodologie collaborative.
Unity	Moteur de jeu multiplateforme reposant sur un moteur graphique manipulé par une interface graphique et ensemble de scripts (langage Javascript ou C#)

Acronymes

BIM :	Building Information Modeling
CAO :	Conception Assistée par Ordinateur
DU :	Design Urbain – Urban Design
EVG	Environnement Virtuel Géographique
EVII :	Environnement Virtuel Interactif et Immersif
PC :	Participation Citoyenne
RA :	Augmented Reality - Réalité Augmentée
RV :	Virtual Reality - Réalité Virtuelle
SADE :	Systèmes d’Aide à la Décision sur l’Espace
SADG :	Système d’Aide à la Décision en Groupe
SIG :	Systèmes d’information Géographique – Geographic Information Systems
SIGC :	SIG Collaboratif
SIGCT :	SIG Collaboratif en Temps-réel
SIGP :	SIG Participatif
SIGPC :	SIG pour la Participation Citoyenne
SSP :	Système de Support à la Planification
TIC :	Technologies de l’Information et de la Communication

Chapitre 1

Introduction et Problématiques

Chapitre 1 Introduction et Problématiques

La participation citoyenne (PC) est aujourd'hui ancrée dans les discours comme une nécessité, une évidence. Il est impensable de réaliser un projet public sans la concertation préalable des personnes impactées par celui-ci. Dans le domaine de l'aménagement des espaces publics, l'acte de concertation citoyenne est inscrit dans la loi à la fois au niveau national et international :

- En France, cette nécessité est inscrite dans le code de l'urbanisme :
 - o Concertation obligatoire : L'article L103-2 du Code de l'Urbanisme prévoit que l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme fait l'objet d'une concertation du public dans les conditions définies aux articles L103-3 à L103-6 du Code de l'Urbanisme.
 - o Concertation facultative : En vertu de l'article L. 300-2 peuvent faire l'objet d'une concertation facultative les projets de travaux ou d'aménagement soumis à permis de construire ou d'aménager situés sur un territoire « couvert par un schéma de cohérence territoriale, par un plan local d'urbanisme ou par un document d'urbanisme en tenant lieu ou par une carte communale ».
 - o L'ordonnance du 3 août 2016, entrée en vigueur au 1er janvier 2017, a réformé les procédures destinées à assurer l'information et la participation du public à l'élaboration de certaines décisions susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement. Le décret du 25 avril 2017 en assure la pleine effectivité.

- Au niveau international, des efforts ont été fournis premièrement par l'intermédiaire de la Charte mondiale de la nature de 1982, puis la déclaration de Rio en 1992. Finalement, le principe de participation a été proclamé avec une autorité accrue par la convention d'Aarhus du 25 juin 1998.

Contradictoirement, la forme qu'il doit prendre n'est pas clairement défini. Bien souvent la concertation se limite à la simple présentation de plans déjà élaborés par les professionnels et les municipalités locales, qui s'exposent de ce fait à des risques d'incompréhension et de contestation du public (Kheir Al-Kodmany 1999). En France, nous pouvons citer le cas de l'aéroport de Notre Dame des Landes, qui s'est étendu de 1965 à 2018, avant de finir sur un abandon du projet. Plus récemment, le cas de la rénovation du quartier de la Plaine à Marseille, qui soulève de vives protestations des résidents et retarde l'exécution du projet. En Europe, des situations similaires ont été observées en Hollande avec le projet de remplacement de l'aéroport de Valkenburg par une zone d'activités et des logements, qui est bloqué depuis plus de 10 ans. Les tensions sociales actuelles illustrent bien la nécessité de places, de lieux et par-dessus tout de méthodes et d'outils pour organiser la discussion entre citoyens, professionnels du design urbain (DU) et municipalités locales.

Le design urbain a pour but l'amélioration continue des lieux de vie communs d'une ville. Bernie Jones avançait que plus l'implication des citoyens est importante dans le processus d'élaboration des plans, au mieux ces derniers reflèteront leurs besoins et leurs envies (Jones 1990). Le sentiment d'appropriation des citoyens concernés en sera ainsi renforcé, au même titre que leur engagement vis-à-vis du bon déroulement du projet. Le terme de design urbain est à distinguer du planning urbain (ou planification urbaine). La planification urbaine est une discipline associée à l'urbanisme ayant pour objectif d'organiser sur le long terme les territoires d'un pays. Elle repose sur un ensemble d'études, de procédures juridiques, de lois et de

réglementations élaborés par les collectivités territoriales. Le design urbain fait également partie de l'ensemble des pratiques rapportées à l'urbanisme, mais se place à une échelle bien plus réduite par rapport à la planification (à l'échelle d'un quartier par exemple). Effectivement, le design urbain se place au niveau de la mise en œuvre des décisions décrites dans la planification, et est défini comme un « acte d'intervention programmé sur un espace déterminé dans un contexte spatial, économique, politique et social précis » (Raynaud and Wolff 2009). Ainsi dans un projet de design sera abordé le thème du nombre et du type de logements, des équipements publics ou encore des espaces publics. Le design urbain permet d'identifier les besoins, exigences et contraintes d'un espace, et de poser les bases en vue de la réalisation du projet urbain. En France est également employé le terme de programmation urbaine, qui se rapporte à la discipline du design urbain comme une sous étape avant les étapes de conception et de réalisation. Nous nous référons dans cette thèse à de nombreux écrits de la littérature anglo-saxonne, qui emploie le terme d'*urban design* pour désigner ce qu'on appelle le design urbain ou la programmation urbaine. Ainsi nous utiliserons principalement le terme de design urbain.

Les outils traditionnellement utilisés dans le DU sont majoritairement destinés à un public expert, limitant l'opportunité de participation et de collaboration avec les citoyens (Loorbach 2010). Ainsi, seuls les citoyens les plus actifs, étant par exemple déjà impliqués dans des associations ou des comités de quartier, parviennent à accorder de leur temps aux débats organisés avec les municipalités, et défendre les intérêts locaux. Le reste de la population est engrené dans une vie familiale, sociale et professionnelle qui lui impose de subir les décisions prises par manque de temps ou d'intérêt dans le processus proposé.

Les méthodologies de co-création et la démocratisation des environnements numériques offrent de nouvelles opportunités de collaboration qui doivent encore être approfondies (Maquil et al. 2018). Plusieurs termes et concepts sont utilisés dans les domaines du design, de l'urbanisme et des sciences politiques pour décrire l'implication des citoyens dans le design des villes.

1.1 Participation, Co-design Urbain et Numérique

1.1.1 Participation Citoyenne

La participation, c'est un peu comme manger des épinards : personne ne s'oppose à son principe parce que c'est pour le bien de chacun.

(Arnstein 1969)

Le terme « participation citoyenne » est utilisé pour définir différentes activités telles que le débat public, la communication, la consultation, la délégation, l'autonomie, la collaboration (Davidson et al. 2007). Ces activités supportent une stratégie politique et ont pour objectif l'intégration dans la prise de décision des avis des communautés impactées. Le sujet de la participation citoyenne n'est pas nouveau et a été mis en exergue par (Arnstein 1969), qui proposa à son époque une échelle de participation citoyenne, illustrée à la Figure 1. Elle y expose les différents degrés d'implication des citoyens au cours d'un projet public. Le sommet de l'échelle représente les cas où l'on propose aux communautés locales une autonomie totale sur le processus de prise de décision, ou alors une collaboration entre les différentes parties prenantes. Au bas de l'échelle, les personnes concernées peuvent être consultées vis-à-vis de leurs besoins (sans assurance que leurs retours seront pris en compte), informées de l'apparence qu'aura le projet futur, ou pire, manipulées. Dans ce dernier cas, on ne peut associer le terme de « participatif » au processus (Arnstein 1969).

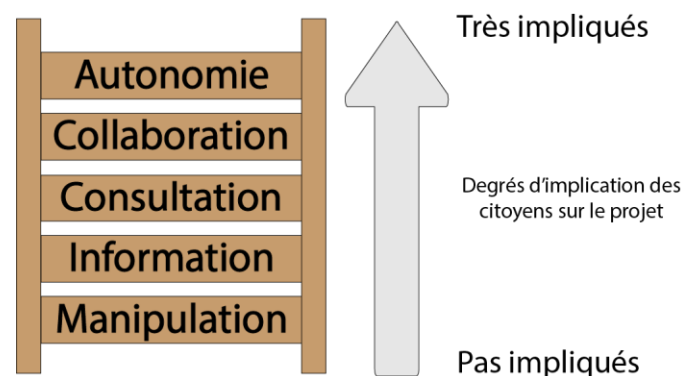


Figure 1 : L'échelle de participation. Inspirée de « *Eight Rungs on a Ladder of Citizen Participation* » (Arnstein 1969)

Quelques années plus tard, (Wates et al. 2000) proposent une matrice de participation citoyenne appliquée au DU, inspirée des travaux d'Arnstein, retranscrite dans le Tableau 1. Initialement la matrice proposée est séparée en quatre étapes (initiations, définition des plans, réalisation, entretien). Nous distinguons ici l'étape de définition des plans en deux sous-étapes de *programmation* et *design* afin de mieux représenter la réalité des projets urbains actuels.

Les travaux menés dans cette thèse se concentrent sur les étapes de programmation et de design dans le cadre d'une implication dite « collaborative » des citoyens (cases vertes dans le Tableau 1). En effet l'impact de la PC sur le processus de prise de décision est le plus important lors des phases amont, car elle permet un gain de temps en assurant transparence et clarté (Schubert et al. 2011). Ainsi nous considérons également le cas d'une implication « consultative », mais dans le cas particulier où elle est réalisée en amont de la phase de conception d'un plan final par l'organisme professionnel en charge du projet urbain (cases vertes dans le Tableau 1). Toutefois la collaboration se distingue de la consultation du fait du pouvoir de décision qu'elle confère aux citoyens.

Aujourd’hui, de nombreuses initiatives existent pour faire participer activement les citoyens aux décisions sur le futur de leur quartier. La méthodologie participative, qui trouve ses racines dans la culture scandinave dans années 1970 (Spinuzzi 2005), est de plus en plus populaire. Parmi les multiples approches participatives s’appliquant au DU, nous pouvons citer le groupe de réflexion (traduit de l’anglais *focus group*), les marches exploratoires, les ateliers collaboratifs, les visualisations interactives, ou encore les jeux de design et de création (Wates et al. 2000). Nous nous intéresserons plus particulièrement au cas des ateliers collaboratifs, qui rassemblent les différentes parties-prenantes sur des projets urbains à l’échelle d’un quartier, tels que la rénovation d’une place publique ou la construction d’un parc urbain. Dans le cas de la collaboration, les parties prenantes prennent une décision d’un commun accord. Dans le cas d’une consultation, les professionnels recueillent les avis des citoyens mais restent maitres de la décision finale.

		Étapes d’un projet urbain				
		Initiation	Programmation	Design	Réalisation	Entretien
Degré d’implication des citoyens	Autonomie	Les citoyens sont initiateurs du projet	Les citoyens réalisent la programmation eux-mêmes	Les citoyens réalisent le design eux-mêmes	Les citoyens réalisent le travail de construction eux-mêmes	Les citoyens réalisent l’entretien du lieu eux-mêmes
	Collaboration	Les citoyens et les autorités démarrent le projet d’un commun accord	Les citoyens et les autorités réalisent la programmation du projet ensemble	Les citoyens et les autorités réalisent le design du projet ensemble	Les citoyens et les autorités réalisent le travail de construction ensemble	Les citoyens et les autorités réalisent la maintenance du lieu ensemble
	Consultation	Les autorités démarrent le projet après consultation des citoyens	Les autorités réalisent la programmation après consultation des citoyens	Les autorités réalisent le design après consultation des citoyens	Les autorités réalisent les travaux de construction après consultation des citoyens	Les autorités réalisent les travaux de maintenance après consultation des citoyens
	Information	Les autorités initient le projet de leur propre chef	Les autorités réalisent la programmation et le design de leur propre chef	Les autorités réalisent le design de leur propre chef	Les autorités réalisent les travaux de construction de leur propre chef	Les autorités réalisent la maintenance du lieu de leur propre chef

Tableau 1 : Matrice de participation citoyenne. Inspiré de « Participation Matrix », (Wates et al. 2000)

1.1.2 Le Co-design Urbain

Lorsqu'une personne, future utilisatrice d'un produit, est impliquée dans un processus de développement quelconque (de développement logiciel par exemple), on parle de participation utilisateur (user participation). Dans le cas où les utilisateurs peuvent s'exprimer sur l'apparence et les fonctionnalités d'un produit ou service, son design, on parle de design participatif. Ce terme est relié de manière très proche au terme *co-design*, qui désigne « la créativité collective appliquée à l'ensemble des étapes du processus de design » (E. B.-N. Sanders and Stappers 2008). L'acte de créativité collective, ou *co-création*, illustre la situation où la créativité au sein d'un processus est partagée par deux personnes ou plus, qu'elles soient expertes dans le domaine concerné ou amatrices. Ces termes peuvent être transposés au monde du design urbain pour former les termes *planning participatif* et *co-design urbain*.

La philosophie de la *co-création* et les méthodes de *co-design* s'imposent de plus en plus dans les discours et dans l'organisation des concertations citoyennes pour le DU comme ayant un impact positif (E. B.-N. Sanders and Stappers 2008). Elles encouragent le travail en commun des professionnels et des amateurs dans des contextes différents tels que les écoles, les hôpitaux, ou les entreprises. Dans le cas du DU, municipalités locales, urbanistes, architectes et designers urbains sont amenés à travailler de pair avec les citoyens pour imaginer un lieu futur. Par l'utilisation d'interfaces appelées objets frontière (de l'anglais *boundary objects*), un transfert de connaissance s'établit entre les différents participants, permettant de créer une base de discussion commune, partagée, et donc de créer un climat de confiance.

E. Sanders avance que les personnes expriment leurs expériences en disant, en pensant, en faisant, en utilisant, en sachant, en sentant et en rêvant. Les quatre premières activités reflètent ce qui est explicite et observable, donc facilement atteignable avec des questionnaires ou des observations, qui sont des outils pour « Dire » (*say tools* en anglais) ou « Agir » (*Do tools* en anglais) comme l'illustre la Figure 2. En revanche, l'accès aux connaissances tacites et latentes se fait par l'intermédiaire d'outils pour « Construire » (*make tools* en anglais). Ces derniers permettent aux participants d'exprimer leurs connaissances, sentiments et rêves en créant lors de sessions génératives prenant place dans les ateliers collaboratifs.

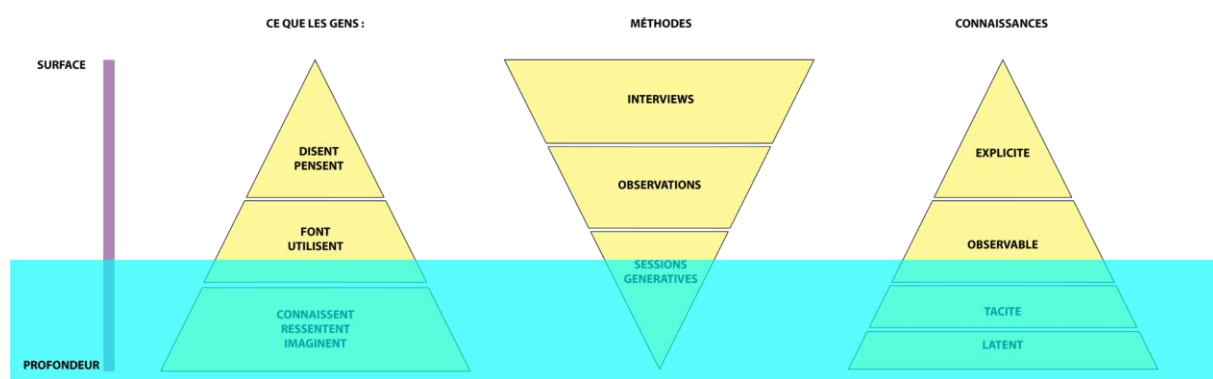


Figure 2 : Accéder aux différents niveaux de connaissances grâce à ce que les gens Disent, Font ou Fabriquent. Schéma inspiré de (E. B. Sanders and Stappers 2012)

Nous avons pour objectifs dans cette thèse d'appliquer les concepts de Sanders et de définir un *make tool* pour le co-design urbain, permettant aux participants de construire leur propre proposition de design urbain.

1.1.3 Participation Numérique

Lors d'un atelier participatif pour le DU, la visualisation est un outil important pour la compréhension des décisions et des débats. Les outils de visualisation actuels s'étendent de la simple carte imprimée en deux dimensions jusqu'aux modèles 3D interactifs en réalité virtuelle. Les études ont montré que l'utilisation de ressources en 3 dimensions (cartes, environnement urbain, bâtiments) permettent une meilleure appréhension des espaces et donc une meilleure compréhension qui accélère le processus de prise de décision (F. Al-Douri 2017). Ainsi, suite aux travaux de (Kheir Al-Kodmany 2002), les outils développés ont évolué vers des technologies numériques interactives reposant sur l'utilisation de cartes en 3D au travers de divers moyens (ordinateurs, casques de réalité virtuelle, tables tactiles, réalité augmentée, etc...).

Suite aux travaux précurseurs de (Märker and Pipek 2000; Kheir Al-Kodmany 2000) l'opportunité d'utilisation d'outils numériques est explorée depuis bientôt vingt ans. Elle a maintenant fait ses preuves quant à l'amélioration du processus de PC dans le DU, perfectionnant la qualité des interactions entre les professionnels et le public (Imottesjo and Kain 2018; Maquil et al. 2018; Mueller et al. 2018; Alatalo et al. 2017, 2016; Maquil 2016; Sun and Li 2016; Mahyar et al. 2016).

Il existe néanmoins une réticence de la part des professionnels du DU à utiliser des outils 3D, du fait de la complexité de l'intégration des données contextuelles, des coûts, d'un scepticisme vis-à-vis de leur réel impact et du manque de maîtrise dans le domaine (Ahmed and Sekar 2015; F. Al-Douri 2017).

Plusieurs études récentes avancent que la majorité des outils actuellement proposés sont dédiés à une participation de type consultative ou informative, et ne sont pas assez interactifs pour supporter un dialogue entre experts et amateurs (Wu, He, and Gong 2010; F. Al-Douri 2017). D'autre part, l'amélioration perpétuelle de l'interactivité peut également nuire au processus participatif, comme le souligne l'étude récente de (Billger, Thuvander, and Wästberg 2017). Ils notent qu'un trop fort réalisme des environnements virtuels dans les phases de design amont peut mener à un sentiment de tromperie.

L'enjeu de nos travaux serait donc de proposer un moyen d'interagir de manière intuitive avec des modèles de ville en 3D, en laissant place à l'expression et à la créativité du participant.

Nous pouvons ainsi synthétiser les points abordés ci-dessus, qui poseront les bases de ce travail de recherche :

- Tout d'abord, le design urbain nécessite une implication des citoyens au plus tôt dans le processus. Dans ce contexte, il nous semble intéressant de nous focaliser sur le cas de la participation collaborative, reposant sur les concepts de co-design, à travers des sessions génératives en face-à-face (ou ateliers collaboratifs). Ce type de participation étant encore trop peu présent sur le terrain, un travail de recherche est nécessaire pour améliorer son impact et faciliter son expansion.
- Ensuite, il y a actuellement un manque d'outils numériques facilitant la création de proposition de design urbain par des amateurs via des interfaces naturelles modernes. Il est également nécessaire de réfléchir à une solution numérique s'accordant facilement avec les méthodes traditionnelles existantes (cartes en 2D, maquettes, images, pâte à modeler, etc...), ainsi qu'avec le processus de participation citoyenne.
- D'autre part, les dispositifs numériques actuellement proposés sont rarement évalués via une mise en situation dans un contexte réel (Billger, Thuvander, and Wästberg 2017). Ceci peut en partie expliquer le scepticisme des professionnels vis-à-vis des environnements virtuels dédiés aux citoyens, et rendre leur démocratisation complexe. Nous pensons donc que l'évaluation du dispositif numérique doit être inhérente à son processus de conception.
- Enfin, la majorité des outils numériques proposés se concentrent sur la visualisation de projets. Cela correspond certes aux niveaux de consultation tardive ou d'information dans un projet vis-à-vis de l'échelle d'Arnstein, mais pas à l'étape que nous voulons améliorer : la collaboration. Or pour répondre à cet enjeu, il sera essentiel d'aider les amateurs à exprimer non seulement leurs besoins explicites et observables, mais aussi leurs besoins tacites (ou implicites) et latents (ou secrets, cachés) à l'aide d'outils appropriés : les *make tools* (E. B.-N. Sanders and Stappers 2008).

Fort de ces constats, nous pouvons formuler l'objectif et la problématique de la thèse, ainsi que son cadre et ses hypothèses sous-jacentes.

1.2 Objectifs, Questions de Recherche et Approche

1.2.1 Objectifs Scientifiques et Techniques

Afin d'assurer la pertinence des travaux réalisés, nous employons la méthodologie nommée *design-science*, présentée dans le Chapitre 2. Basée sur les travaux de (A. R. Hevner et al. 2004) elle permet la conception d'un artefact pouvant prendre la forme d'un modèle, d'un cadre théorique ou encore d'un prototype, en considérant à la fois le domaine d'application et les théories sous-jacentes. Cela oriente la réflexion du chercheur sur l'utilité de l'artefact imaginé, plutôt que sur l'élaboration de la vérité d'une théorie. Dans notre cas, il s'agit de l'instanciation d'un artefact par l'intermédiaire d'un prototype dédié à soutenir la créativité des citoyens lors des ateliers participatifs pour le design urbain.

Les objectifs scientifiques et techniques contribuent au domaine de la recherche en Systèmes d'Informations pour la PC dans le DU en proposant :

- L'observation d'un processus de participation citoyenne permettant de comprendre les interactions entre les participants et les outils utilisés.
- La définition de spécifications pour un outil numérique supportant la créativité des participants à un ateliers collaboratifs pour la PC dans le DU. Nous nous appuyons pour cela sur les théories du co-design et sur la réalisation d'ateliers créatifs.
- Un modèle et une architecture technique répondant aux spécifications identifiées, articulés avec un processus de PC amélioré.
- Un processus itératif utilisant un EVII intégré dans un processus de PC.
- Un prototype implémentant les spécifications précédemment identifiées et représentant un « make tool » du point de vue de Sanders (E. B. Sanders and Stappers 2012).
- Un aperçu de la façon dont ce prototype est utilisé, appréhendé et compris par les utilisateurs à travers une évaluation qualitative en deux parties : i) une étude d'utilisabilité par évaluations unipersonnelles ; ii) une série de 4 ateliers collaboratifs simulant une PC sur un sujet réel afin d'évaluer l'utilité du prototype et le support à la créativité.
- De la connaissance sur la manière de concevoir un Environnement Virtuel Interactif et Immersif (EVII) pour la PC dans le DU appliquant les concepts du co-design et des outils génératifs.

1.2.2 Questions de Recherche

Dans le but d'atteindre les objectifs cités précédemment, nous nous poserons la question de recherche suivante :

Peut-on améliorer la capacité d'expression créative des participants à un atelier collaboratif pour le design urbain à l'aide d'un EVII intégrant les concepts du co-design ?

Nous séparons cette question globale en sous questions comme suit :

1. Quelles sont les spécifications d'un EVII appliquant les concepts du co-design pour impliquer les citoyens dans le design urbain ?

1.1 Quel est l'avancée actuelle de la littérature sur le domaine des EVII pour la PC dans le DU ?

1.2 Quelles métaphores d'interaction et quels outils génératifs peuvent être intégrés à l'EVII ?

2. Comment les utilisateurs appréhendent-ils l'EVII ?

2.1 Est-ce que les utilisateurs s'approprient les outils génératifs et métaphores d'interaction mis en place dans l'EVII ?

2.2 Quel est l'impact des outils génératifs proposés dans l'EVII sur l'expression créative des participants ?

Les objectifs et questions de recherche présentés précédemment peuvent être vus à travers le cadre méthodologique de recherche de *design science* (illustré par la Figure 7, page 32). Ce cadre méthodologique nous permettra de considérer notre problème de recherche dans un ensemble global :

- Le contexte sociotechnique : la participation citoyenne dans le design urbain.
- Le contexte direct d'application : les ateliers collaboratifs et créatifs.
- La base de connaissances : les systèmes d'information pour la PC et le co-design.

Cette représentation assure la pertinence, la rigueur et l'impact de l'artefact réalisé grâce à des cycles itératifs. Sur la base du cadre méthodologique mentionné, ce travail de recherche considère le problème de participation citoyenne rencontré par les communautés locales et les professionnels en proposant une interaction au travers d'un outil numérique pour créer des propositions de design en 3D. L'interface qui a été conçue, développée et évaluée a pour vocation d'être utilisée dans un workshop collaboratif et créatif intégré à un processus de PC, et prend en compte les connaissances théoriques actuelles. Le résultat de cette recherche a pour vocation de contribuer à l'amélioration de la connaissance dans le cadre précis des outils numériques créatifs pour la PC dans le DU.

1.2.3 Cadre de la Thèse et Hypothèses sous-jacentes

L'objectif global de ce travail de recherche est de trouver un moyen d'améliorer le pouvoir d'expression des citoyens non-experts dans le processus de design urbain. Les utilisateurs doivent pouvoir réaliser leur propre proposition de design urbain de manière intuitive, en plus de pouvoir visualiser et commenter une proposition professionnelle.

Le cadre de la thèse est limité aux cas des ateliers collaboratifs en face-à-face organisés pour une PC appliquant les concepts du co-design. Ainsi dans ces ateliers doivent être présent l'ensemble des parties prenantes intéressées (municipalités, designer urbains, communautés locales, etc.). Nous ne considérons pas le cas de la participation en ligne car le processus de co-design nécessite une animation organisée. De plus, nous travaillons principalement dans le contexte de l'aménagement des espaces publics tels que les parcs urbains ou les places publiques.

Volontairement, nous n'intégrons pas de données SIG pour limiter les informations à comprendre par les utilisateurs, mais aussi limiter la complexité du prototype implémenté. Seuls la carte du lieu concerné (représentation des bâtiments en 3D, noms des rues et des lieux importants) fait partie du plan de travail proposé aux participants. Cet aspect peut être vu comme une limitation vis-à-vis d'autres travaux de recherche principalement centrés sur l'intégration de données contextuelles SIG dans un outil numérique. Néanmoins cette caractéristique est prise en compte dans l'exposition des travaux futurs.

Ces travaux de recherche partent de l'hypothèse que l'intégration des concepts du co-design est positive pour les participants et améliorera leur créativité, leur capacité d'expression et de collaboration. Nous souhaitons que l'utilisateur puisse manipuler simplement des objets en 3D, les découper et les assembler afin d'exprimer pleinement ses idées et participer activement au futur de son lieu de vie. L'objectif n'est pas d'améliorer l'état de l'art dans le domaine de la modélisation 3D mais d'appliquer certains de ses concepts dans un domaine particulier.

Nous partons de l'hypothèse que les écrans tactiles sont démocratisés et que les casques de réalité virtuelle permettent une meilleure appréhension du lieu futur. Certains choix de conception ont également été influencés par des brainstormings réalisés en interne par l'équipe de recherche et par le contexte du projet européen finançant la présente recherche.

La thèse se concentre sur une contribution au domaine des systèmes d'information pour la PC dans le DU. Des études similaires pourraient être menées d'un point de vue anthropologique, de sciences sociales, des théories sur le design urbain et la participation citoyenne, du Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur, du support à la créativité ou encore des Interactions Homme-Machine. Ces travaux peuvent donc partiellement contribuer à ces domaines de recherche.

1.3 Contexte de recherche : Le Projet U_CODE

Les travaux de thèse présentés font parties d'un projet européen H2020 appelé U_CODE. U_CODE (pour *Urban Collective Design Environment*) est un projet de recherche Horizon 2020, et donc financé par l'union européenne, répondant au programme de travail « ICT 19 : Technologies for creative industries, social media and convergence » qui a démarré en février 2016. Il rassemble universitaires et entreprises allemandes, hollandaises et françaises dans le but d'imaginer une plateforme conceptuelle, organisationnelle et technique pour appuyer la collaboration entre professionnels et citoyens dans les projets de design urbain. Les membres du consortium sont détaillés dans le Tableau 2 ci-dessous :

Nom du partenaire	Pays	Type	Spécialité
Aconex (Oracle)	Allemagne & Angleterre	Entreprise	Plateforme de collaboration en ligne pour professionnel. Spécialisé dans le format collaboratif BIM.
GMP	Allemagne	Entreprise	Cabinet d'architecture
ISEN Toulon	France	Université	Ecole d'ingénieurs du numérique et créativité
Optis (AnSys)	France	Entreprise	Logiciels de simulation lumière et vision humaine en réalité virtuelle
Silicon Saxony	Allemagne	Entreprise	Pôle de compétitivité
TU Delft (Design industriel)	Hollande	Université	Co-design et créativité
TU Dresde (Knowledge Architecture, Media Center & Digital Linguistics)	Allemagne	Université	Urbanisme, planning urbain et analyse des sentiments

Tableau 2 : Les membres du consortium U_CODE

Un accent particulier est mis sur la définition et l'implémentation d'outils numériques utilisant des technologies récentes (réalité virtuelle, réalité augmentée, visualisation 3D), dédiés aux sessions de design collaboratif (maquettes 3D, commentaires, questionnaires, votes, ...), durant lesquelles on demande aux participants de faire appel à leur créativité.

Comme l'illustre la Figure 3, la méthodologie d'avancement employée s'appuie à la fois sur une étude du terrain, en prenant comme base des projets d'urbanismes passés ou en cours, et également sur la prise en compte de l'existant par l'intermédiaire d'états de l'art. Le consortium a la responsabilité de définir et implémenter des outils numériques innovants ainsi que de définir un processus de participation citoyenne dans le domaine du design urbain.

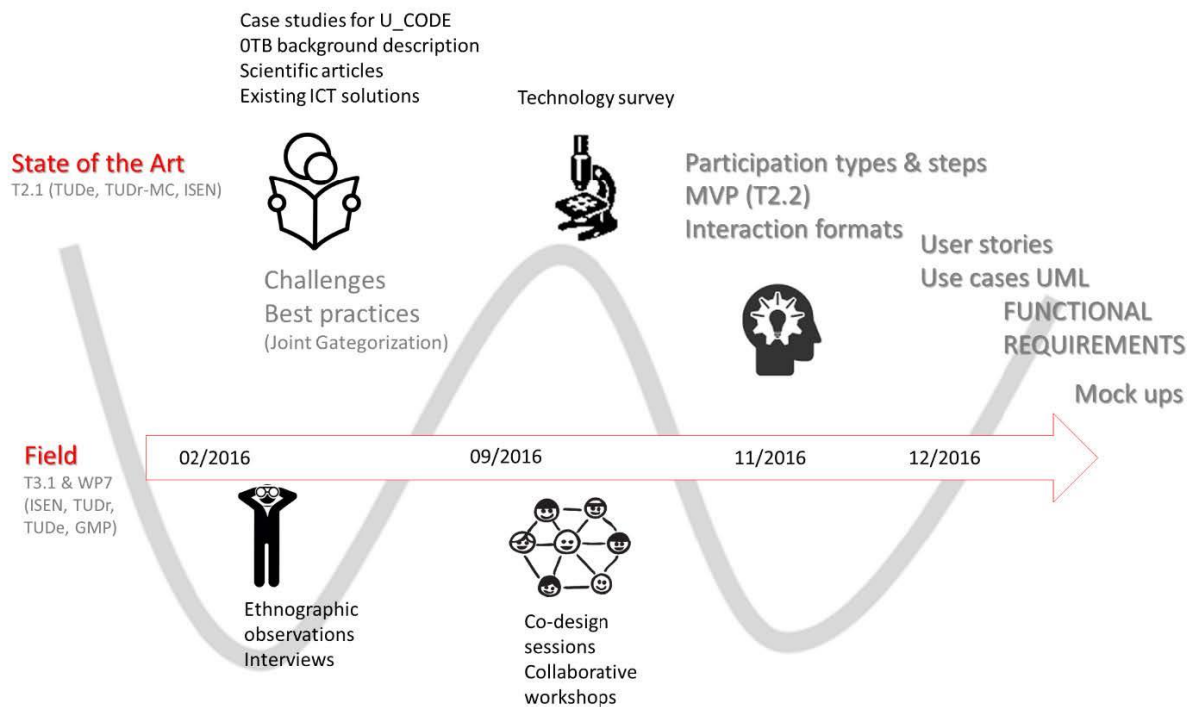


Figure 3 : Méthodologie d'avancement U_CODE (document interne du projet U_CODE)

Une des premières étapes a été d'identifier des cas d'étude « niveau zéro » correspondant à la problématique du projet ainsi que de réaliser un état de l'art sur les méthodologies de participation citoyenne et les outils numériques utilisés pour y répondre. Les cas d'études « niveau zéro », qui ont pour but de servir de projets d'essai dans le cadre de U_CODE, ont chacun un contexte différent et une méthodologie de participation citoyenne différente :

- **France : Le parc Bougainville à Marseille.** Il s'agit d'un projet urbain membre du projet de rénovation Euroméditerranée (présenté en section 4.1.1). Le parc se situant au cœur d'une zone urbaine multiculturelle, les autorités locales ont pris la décision de réaliser des groupes de travail afin de communiquer et échanger un maximum avec les riverains. Le projet est en cours et de nombreuses réunions ont déjà été organisées par les membres d'Euroméditerranée.
- **Allemagne : Le stade olympique d'Hambourg.** Ce projet a été refusé par la population suite à un référendum, alors qu'une étude datant de deux mois auparavant montrait que 64% de la population était pour la construction du stade. Le manque de communication avec les citoyens et le fait de ne pas avoir pris en compte leurs émotions et leurs avis, semblent être la cause principale du refus du projet.

- **Hollande : L'aéroport de Valkenburg.** Situé au cœur d'une zone très attractive du fait de sa position (proche d'une réserve naturelle et de la plage), l'aéroport doit être détruit pour réaliser des maisons, un parc d'activité et des services. De nombreuses parties prenantes sont associées au projet (plus de 60 groupes) ce qui entraîne une situation de blocage depuis plus de 10 ans. Aujourd'hui, le projet est toujours en phase exploratoire.

La collaboration avec les différents membres du consortium a permis d'apporter des connaissances indispensables à ces travaux de thèses, notamment concernant les méthodologies de participation citoyenne et de co-création. En effet les membres du consortium ont élaboré une proposition de méthodologie de participation pour le design urbain sous forme de Processus Minimum Viable (PMV), comme le montre la Figure 4. A gauche de l'image, les blocs jaunes illustrent les différentes parties prenantes d'un projet de design urbain :

- « **Initiator** » (Initiateur) : L'investisseur du projet qui définit le besoin. Il est généralement appelé maître d'ouvrage.
- « **Super mediator** » (Super médiateur) : Il a un rôle central dans la méthodologie U_CODE. Il assure le bon déroulement d'un projet, organise, anime les sessions de travail avec les citoyens (administration, choix du lieu, matériel, ...), réalise les comptes rendus d'avancement aux professionnels mais également aux citoyens et coordonne les prises de décisions entre les différentes parties prenantes. Au vu des nombreuses responsabilités affectées au « Super-Médiateur », le consortium a conclu qu'il pourrait être un groupe de personnes.
- « **Planning authorities** » (Municipalités locales) : Il s'agit des municipalités locales qui ont un rôle indispensable dans le processus de prise de décision et de validation du projet.
- « **Professional Designer** » (Designer urbain professionnel) : C'est l'équipe qui réalise les plans du futur lieu de construction, ils apportent l'expertise technique. Ils sont plus généralement appelés « maîtres d'œuvre ».
- « **Public/Citizens** » (Citoyens) : Les citoyens impliqués dans le processus de participation du projet.

Les parties prenantes sont impliquées dans une ou plusieurs activités. Pour comprendre cela il faut regarder les rectangles/ronds présents dans la ligne horizontale alignée avec le nom de la partie prenante.

Le schéma se lit en commençant en haut à gauche, par l'activité « initiate », puis les flèches noires indiquent la suite du processus. Ensuite, chaque cadre rouge représente un module, c'est à dire une ou plusieurs activité(s) possible(s) au sein d'un projet de design urbain utilisant la plateforme U_CODE, le cas idéal étant de passer par toutes les étapes. Bien entendu, le contexte financier et le temps ne le permettent pas toujours et certains modules ne sont pas effectués.

Un processus de prise de décision doit être appliqué à la fin de chaque activité (rond noir dans la Figure 4), qui peut amener soit à une nouvelle itération, soit à une acceptation, soit à un arrêt du projet.

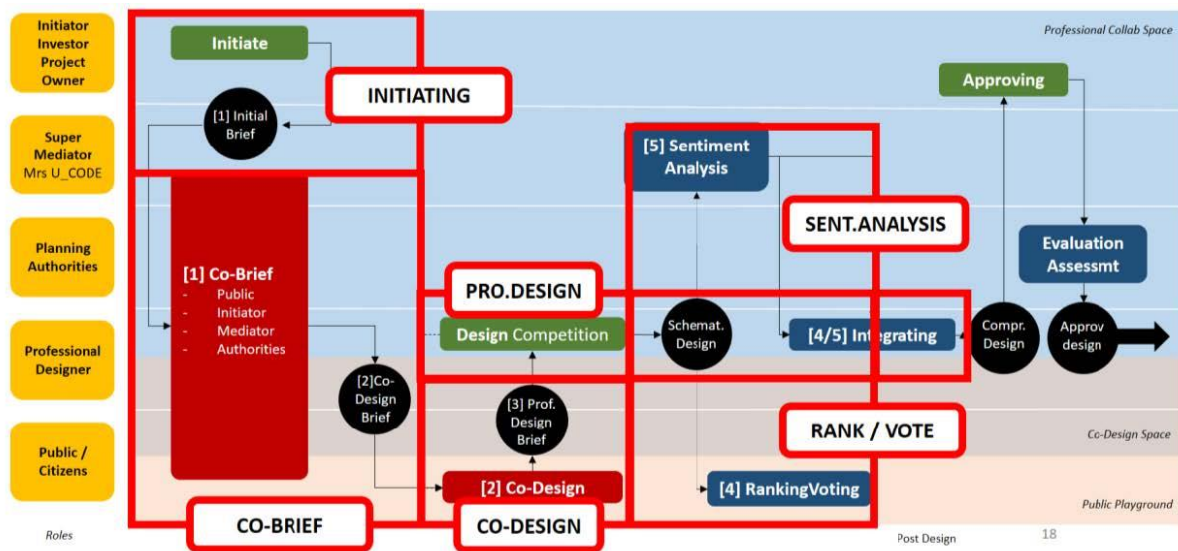


Figure 4 : Le Processus Minium Viable de U_CODE (document interne du projet U_CODE)

Voici la description des différents modules du PMV représentés dans la Figure 4 :

- Module « **Initiate** » : Ce module permet d'accompagner le début d'un projet. Les acteurs principaux sont les investisseurs et le « Super-Médiateur ». L'objectif est de réaliser un synopsis du projet, le « brief initial », contenant des informations de planning ou techniques : la superficie du terrain de construction, les fonctionnalités obligatoires devant apparaître dans le projet, le budget...
- Module « **Co-Brief** » : Il s'agit d'une activité participative impliquant potentiellement toutes les parties prenantes du projet. L'objectif est d'impliquer le citoyen aux prémices du projet afin de recueillir au plus tôt leurs critiques, opinions et sentiments.
- Module « **Co-Design** » : Il est le plus important de la méthodologie. A cette étape amateurs et professionnels se réunissent pour réaliser ensemble des propositions de design urbain, ou exprimer les idées sur une partie précise d'un projet urbain. Le résultat de cette étape peut être un plan, un modèle 3D, une maquette, une histoire, ... Le module « Co-Design » comprend également la possibilité pour le citoyen de voter/classer les propositions de design faites par les professionnels.

- Module « **Design Professionnel** » : Une compétition est lancée afin de choisir le groupe de designers/urbanistes/architectes qui mènera le projet. Ceux-ci doivent réaliser des propositions en prenant en compte toutes les données recueillies lors des phases précédentes et sont soumises aux critiques des investisseurs, mais également des citoyens.
- Module « **Analyse de sentiment** » : Le module permettant l'analyse des sentiments, des opinions et des critiques pendant toutes les phases du projet.
- Module « **Classement/Vote/Prise de décision** » : C'est le module final, lors duquel les citoyens décident de valider ou non la proposition de design qui leur est présentée par les professionnels. Suite à cela les travaux peuvent commencer.

Le PMV nous a permis dans un second temps de réfléchir, à travers plusieurs ateliers collaboratifs, à un ensemble d'outils existants ou à développer pour chaque module, et donc à une architecture fonctionnelle haut niveau (voir Figure 5).

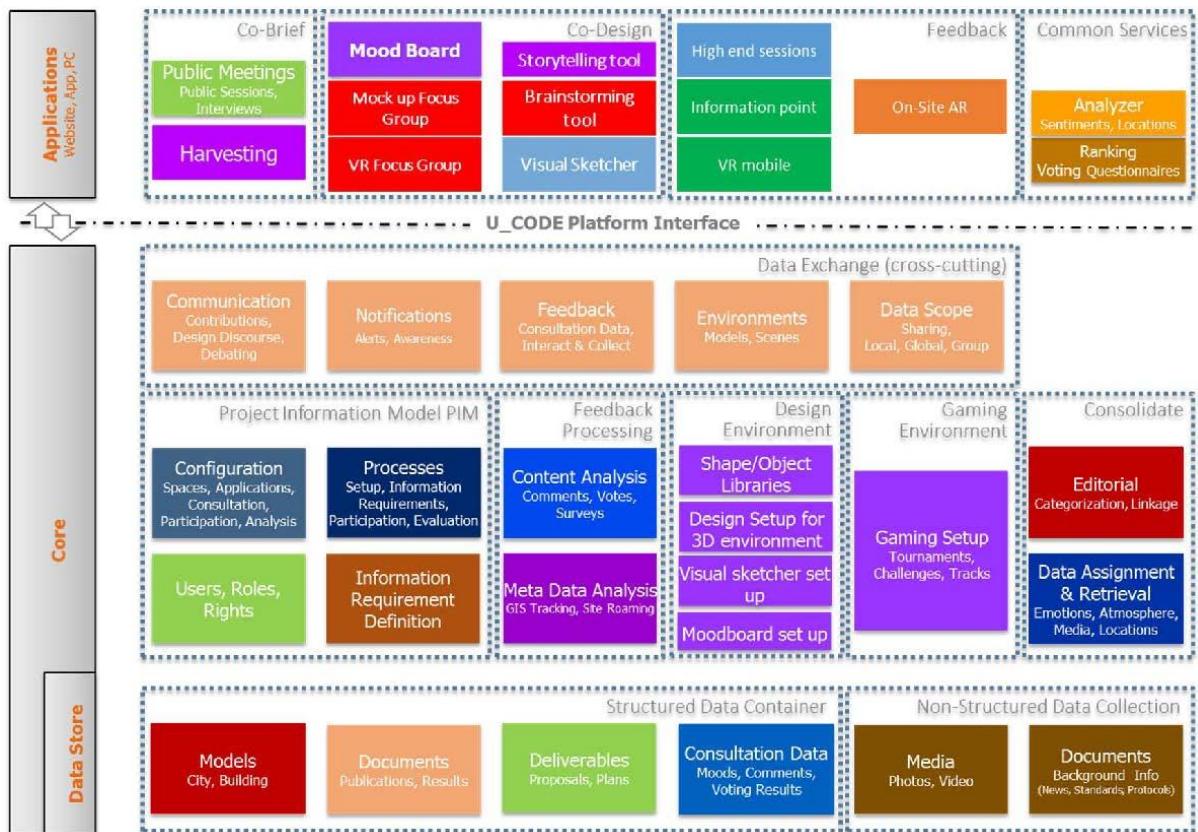


Figure 5 : Architecture fonctionnelle U_CODE (document interne du projet U_CODE)

La contribution de cette thèse au projet U_CODE se concentre sur l'étape co-design du PMV, et particulièrement sur la définition de deux outils. Plus précisément, nous étions responsables du groupe de travail intitulé « Cas d'usage et démonstrateurs pour le développement de plateformes ». Premièrement, nous avons imaginé le *Mock-up Focus Group*, permettant la réalisation de propositions de design au travers d'un environnement virtuel 3D. Ensuite, le module *Visualization & Consultation : Public feedback with VR mobile application* qui permet la visualisation d'une proposition de design et propose des fonctionnalités de vote dans un environnement immersif à l'aide d'un dispositif à bas coût. Le travail de conception et de prototypage de ces modules, ainsi que les articles scientifiques associés, sont des contributions au projet. Enfin, les résultats de l'évaluation des prototypes conçus forment également une contribution majeure de la thèse au projet de recherche.

1.4 Structure de la Thèse

Les trois sous-sections précédentes, formant le Chapitre 1, positionnent la problématique dont s'empare ce manuscrit de thèse. S'en suit un état de l'art des solutions numériques pour la PC dans l'aménagement des espaces publics (Chapitre 3) avec une attention particulière sur les solutions attachées au co-design. L'état de l'art démarrera par un historique des possibilités de PC dans le DU, puis mettra en avant un manque sur le sujet des moyens d'expression créative proposées aux citoyens. Dans le Chapitre 2 sera présentée notre méthodologie de recherche, appelée *design science*, ainsi que notre démarche. Ensuite seront exposés les travaux d'observation, de conception, de développement (Chapitre 4) et d'évaluation (Chapitre 5) effectués permettant de répondre aux questions de recherche. Enfin le Chapitre 6 mettra en exergue la validité du travail effectué vis-à-vis des consignes de la méthodologie *design science*, tout en apportant un regard critique sur les travaux réalisés et une projection sur des travaux futurs.

Chapitre 2

Méthodologie de Recherche

Chapitre 2 Méthodologie de Recherche : Design Science

Pour assurer cohérence et rigueur au projet de recherche nous avons fait le choix d'une méthodologie de recherche répandue dans le domaine de système d'informations, la méthodologie *design science*.

2.1 Cadre méthodologique de la *Design Science*

La recherche en systèmes d'informations (SI) est caractérisée par deux paradigmes, les sciences comportementales (traduction de l'anglais *behavioral science*) et la science du design (traduction de l'anglais *design science*). Le premier cherche à développer et à vérifier des théories qui expliquent et prédisent les comportements humains (ou d'un groupe d'humains dans une organisation quelconque), tandis que le second cherche à étendre les limites des capacités humaines et organisationnelles en créant des systèmes (ou artefacts) innovants (A. R. Hevner 2007). Selon (Van Biljon, Marais, and Platz 2017), de nombreux chercheurs interprètent les recommandations de la *Design Science Research* (DSR) comme une recette, et donc une méthode, ce qui est plus restrictif qu'une méthodologie. Or, la flexibilité d'utilisation de différentes méthodes au sein d'un projet appliquant la DSR rend cette dernière adéquate en tant que méthodologie pour la recherche transdisciplinaire, et donc plus spécifiquement de nos travaux de recherche.

La méthodologie du *design science* trouve ses racines dans l'ouvrage de (Simon 1996) *The Sciences of the Artificial*. Ce dernier affirme que, en contraste avec le domaine des sciences naturelles (la biologie, la physique, etc...), une source considérable de connaissances peut être extraite dans le monde artificiel émanant de l'activité humaine. Cela concerne toutes les formes d'ingénierie, de médecine, le domaine législatif, l'architecture ou encore le commerce. En opposition aux sciences naturelles qui recherchent la vérité et la nécessité, les sciences artificielles se concentrent sur l'utilité et la possibilité (ou l'éventualité). Le lieu commun de cette différence est la notion d'artefact, qui est centrale pour résoudre le problème initial auquel la recherche tente de répondre.

C'est sur cette base que (A. R. Hevner 2007) mit en exergue les trois boucles d'activités liées à ce type de recherche : la boucle de pertinence, de design et de rigueur (voir Figure 6). La boucle de pertinence assure l'utilité de l'artefact créé, en le confrontant selon certains critères au problème et opportunités du terrain initialement identifié. La boucle de rigueur repose sur le fait de sélectionner, à partir de la base de connaissances du chercheur, les théories et méthodes scientifiques adéquates pour concevoir et évaluer l'artefact. A l'issue de la recherche, les connaissances créées et ajoutées à la base de connaissances pourront porter sur l'artefact lui-même ou sur la méthode, ou les deux. La boucle de design est le cœur de l'approche dite de la *design science*. Selon (A. R. Hevner et al. 2004), il est important de s'intéresser à la fois au processus de design de l'artefact et à l'artefact créé. Les deux activités propres aux processus de design sont la conception et l'évaluation. (A. R. Hevner et al. 2004) identifie 4 types d'artefacts différents : les construits ou concepts (traduction de l'anglais *constructs*), les modèles, les méthodes et les instanciations. Les construits représentent le langage du domaine concerné, le vocabulaire, ainsi que l'ensemble des connaissances partagées de la discipline. Les modèles sont des ensembles de propositions et énoncés articulant entre eux ces construits. Une méthode est l'ensemble des étapes permettant de guider les activités. Enfin, l'instanciation regroupe construits, modèles et méthodes dans un produit physique (ou logiciel) visant à

réaliser certaines tâches. L'instanciation démontre donc la faisabilité et l'efficacité des construits, modèles et méthodes qu'elle contient.

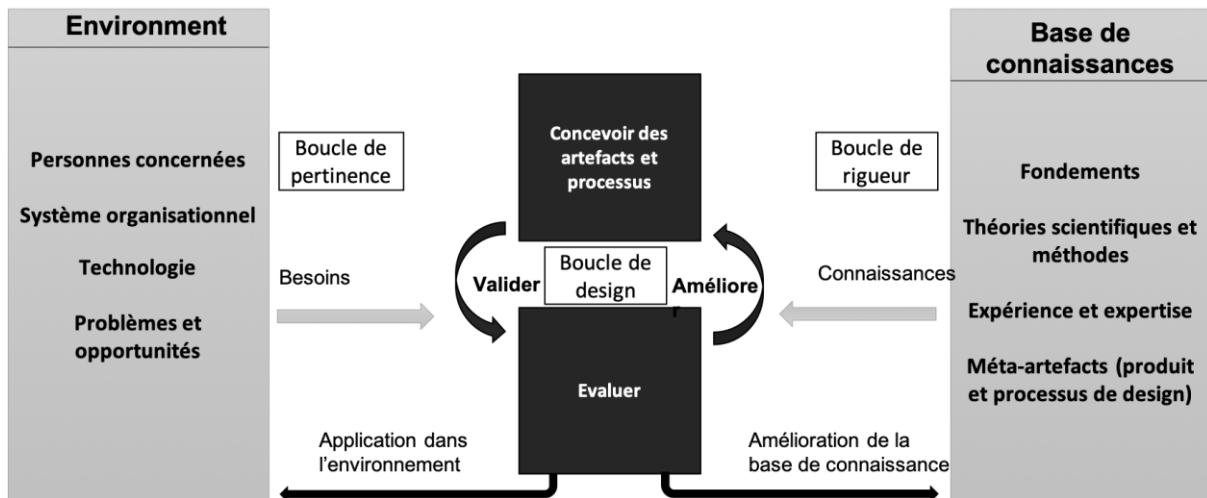


Figure 6 : Les boucles d'activités des recherches en design science, (A. R. Hevner 2007)

A l'occasion d'un article plus récent, (Drechsler and Hevner 2016) propose une évolution du modèle en trois boucles. Ce dernier était critiqué pour son manque de dynamisme par rapport au contexte organisationnel. Pour y répondre il introduit un quatrième cycle dit du changement et de l'impact (traduction de *change and impact cycle*) afin de couvrir le contexte d'application de manière plus large et intégrer les sources de changement au sein du modèle conceptuel. L'environnement se retrouve donc séparé en deux contextes distincts : le contexte sociotechnique et le contexte d'application direct (voir Figure 7).

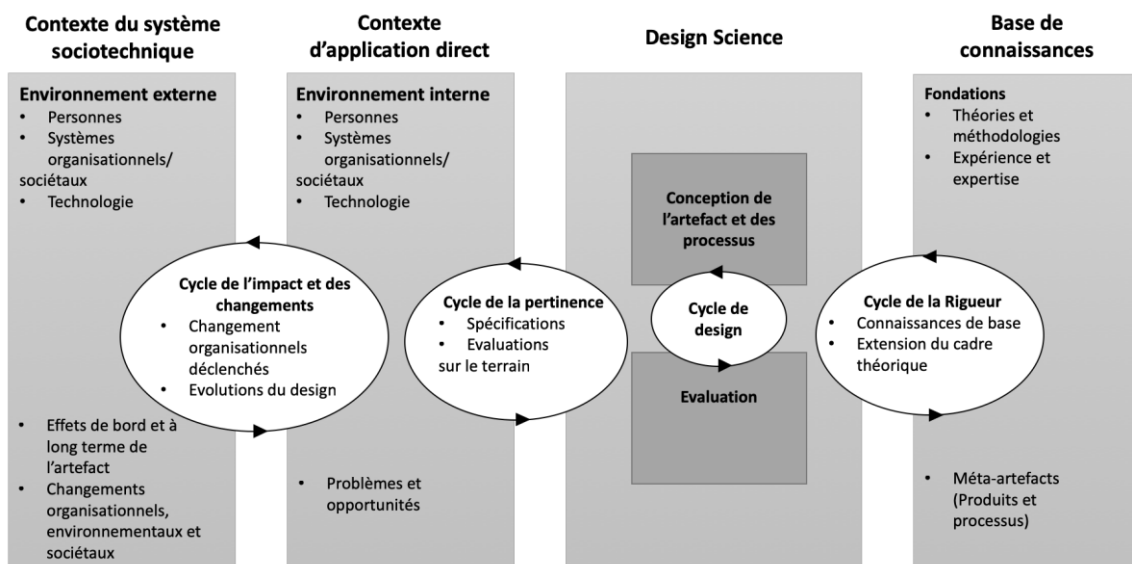


Figure 7 : Le modèle en quatre cycles, extrait de (Drechsler and Hevner 2016)

Le contexte sociotechnique se place ici comme un sur-ensemble et englobe le contexte d'application direct, on parle d'environnement externe et d'environnement interne. Ainsi, on considère que le déclencheur du projet de recherche se trouve dans l'environnement externe.

Compte tenu des délais impartis pour ce projet de recherche, il nous sera difficile d'analyser et étudier les changements organisationnels, environnementaux et sociétaux ainsi que les effets à long terme de l'artefact. D'autre part, certains travaux de recherche n'ont pas nécessairement d'environnement externe car ils trouvent leur point de départ dans la conception d'un artefact (Drechsler and Hevner 2016). Néanmoins, cette thèse contribue en partie au cycle d'impact grâce aux recommandations qui sont présentées à la suite de l'analyse des résultats d'évaluation de l'artefact conçu. D'autre part, le cadre méthodologique nous permet d'effectuer l'évaluation de la recherche et d'en assurer la rigueur et la pertinence.

Dans le cas de la conception d'un système d'information, le cadre méthodologique proposé par la *design science* nécessite d'être opérationnalisé dans le temps. La démarche décrite par (Peffer et al. 2006)b qui se base sur le cadre méthodologique *design science*, permet de l'opérationnaliser sous forme d'un processus clairement défini.

2.2 Démarche Opérationnelle

(Peffers et al. 2006) identifient six étapes : l'identification du problème et la motivation, la définition des objectifs de la solution, le design et le développement, la démonstration, l'évaluation et enfin la communication. La Figure 8 image cette méthodologie appliquée au présent travail de recherche.

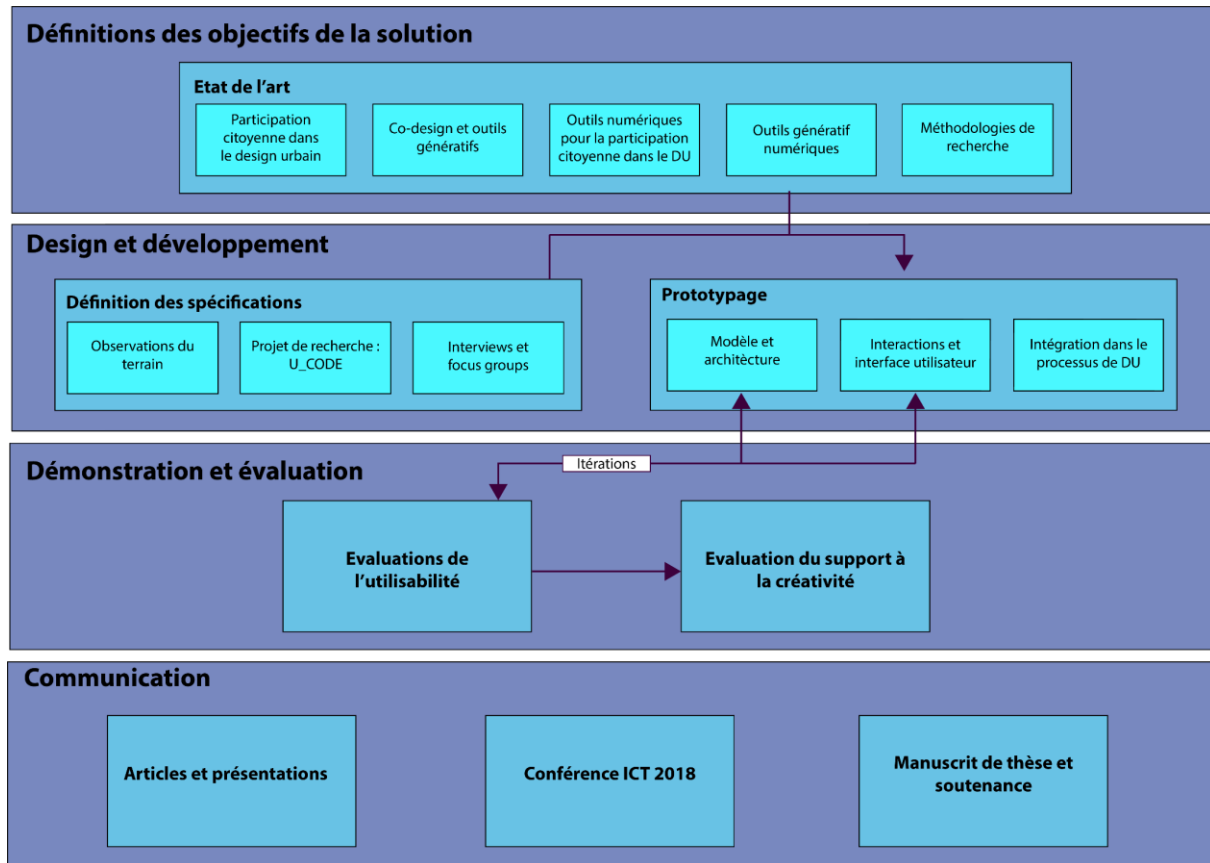


Figure 8 : Démarche opérationnelle de la recherche

L'identification du problème et la motivation sont décrites dans les sections 1.1 et 1.2. Ces dernières définissent le problème de recherche et justifient la valeur de la solution apportée.

La seconde étape consiste à dériver les objectifs de la solution à partir des problèmes identifiés et de la base connaissance sur le sujet. L'état de l'art permet de ressembler les éléments de connaissance. Les résultats de l'état de l'art sont utilisés pour répondre à la question de recherche et ainsi aider à la conception de l'artefact dans les étapes suivantes du processus. De plus, l'état de l'art permet également l'identification des axes d'amélioration, ou d'ouverture, par rapport à l'existant, et ainsi d'assurer la nouveauté de l'artefact.

Nous employons la posture dite de l'amélioration vis à vis du DSR (traduction de l'anglais *improvement*), décrite par (A. R. Hevner and Gregor 2013). Le travail consiste à trouver une nouvelle solution dans le cadre d'un problème qui est déjà clairement identifié, mais pour lequel les solutions existantes ne sont pas optimales, voire insuffisantes. Cette approche est à différencier de trois autres approches, qui sont catégorisées par la maturité de la solution apportée en fonction de la maturité du problème d'application. On distingue ainsi la posture d'invention, qui consiste à trouver de nouvelles solutions pour des problèmes nouveaux ;

l'exaptation, qui consiste à appliquer des solutions existantes dans le cas de problèmes nouveaux ; et enfin la conception routinière, qui se cantonne à appliquer des solutions existantes à des problèmes identifiés. Cette dernière n'est pas considérée comme un travail de recherche à part entière car il ne contribue pas à l'amélioration de la base de connaissances (A. R. Hevner and Gregor 2013).

L'étape de design et développement (voir Chapitre 4) permet la création de l'artefact (construits, modèles, méthodes ou instanciations). Elle consiste en la définition des spécifications, des fonctionnalités, de l'architecture de l'artefact, puis à son implémentation. La définition des fonctionnalités de l'artefact est dérivée d'observations de cas réels de PC dans le DU, d'interviews et de groupes de réflexion, ainsi que de travaux issus d'un projet de recherche. L'état de l'art précédemment établi et les spécifications permettent l'implémentation d'un prototype. Nous avons choisi pour ce travail de recherche de suivre le modèle du prototypage décrit par (Sonnenberg and Vom Brocke 2012), qui consiste à implémenter l'artefact défini pour démontrer sa faisabilité, et qui permet au chercheur d'analyser la manière dont l'artefact interagit avec ses utilisateurs cible.

En ce qui concerne la méthodologie de développement logicielle, nous nous sommes appuyés sur la méthodologie agile présentée par (Beck et al. 2001), qui se veut assez dynamique et flexible pour des modifications de planning imprévues et une amélioration continue du prototype. La complexité du projet et la pluralité des utilisateurs finaux nous impose une méthodologie itérative qui permet de réagir rapidement à une réévaluation, ajout ou suppression de fonctionnalité, ce que nous offre la méthodologie agile. Les méthodologies agiles reposent sur la réalisation d'itérations courtes qui permettent au client de valider l'avancement et éventuellement de modifier les spécifications initiales sans que cela impacte l'ensemble du projet. Du fait du temps limité accordé à la création de notre outil et dans un souci de convenir aux besoins de nos utilisateurs finaux (les citoyens), nous utiliserons donc une méthodologie agile. Pour ce faire nous avons, à partir de spécifications fonctionnelles de l'outil (*user stories*), dérivé un ensemble de tâches techniques à réaliser (*backlog*).

L'étape de démonstration et d'évaluation permet de confirmer l'adéquation de l'artefact conçu. Le modèle du prototypage de (Sonnenberg and Vom Brocke 2012) définit une suite de cinq étapes : (1) la spécification du design de l'artefact, (2) l'implémentation de l'artefact et la construction d'un cas de test à partir d'une tâche réelle identifiée dans le contexte concerné, (3) la sélection d'utilisateurs réels correspondant au contexte d'application, (4) l'expérimentation du prototype implémenté et (5) l'évaluation du prototype face à la réalisation de la tâche sélectionnée. Dans notre cas nous distinguons dans l'étape d'évaluation une évaluation de l'utilisabilité, qui permet d'affiner le prototype, et une évaluation de l'utilité. L'évaluation est présentée dans la section Chapitre 5.

L'étape de communication consiste à présenter le problème et son importance, l'artefact, son utilité, sa nouveauté et la rigueur de sa conception. Cette étape est assurée par la publication et présentation d'article de recherche, la rédaction et la soutenance du manuscrit de thèse et également une présentation lors d'une conférence internationale rassemblant l'ensemble des projets financés par l'Union Européenne dans le domaine des nouvelles technologies.

2.3 Évaluation de la Recherche

Dans leur article initial, (A. R. Hevner et al. 2004) ont mis en évidence sept recommandations pour assurer la qualité d'une recherche en *design science* :

Recommandation	Description
La conception d'un artefact	L'artefact peut prendre l'une des formes citées précédemment (construit, modèle, méthode ou instanciation)
La pertinence du problème	L'objectif de la recherche doit permettre de répondre à un problème existant. Ce dernier doit soit être totalement nouveau, soit mal résolu jusqu'à présent, ce qui est le cas de nos travaux de recherche.
L'évaluation des artefacts produits	L'évaluation fait partie du processus de design et doit être clairement définie. Hevner et al. proposent cinq méthodes : l'observation, la méthode analytique, l'expérimentation, le test et la méthode descriptive. Elle permet de récupérer des avis utilisateurs afin d'affiner la conception de l'artefact et atteindre l'objectif final. Nous utilisons une méthode d'expérimentation.
La contribution de la recherche	La contribution peut porter sur le processus de design (conception et/ou évaluation) et/ou sur l'artefact. Un prototype peut donc être considéré comme une contribution tant qu'il apporte de la valeur à la communauté des praticiens.
La rigueur de la recherche	La preuve de la rigueur de la recherche se fait en s'appuyant sur la base de connaissances disponibles afin de choisir les théories et méthodologies utiles pour résoudre le problème identifié, mais également pour le processus de conception et d'évaluation des artefacts.
La mise en œuvre d'un processus de recherche itératif	Le processus de recherche nécessite premièrement de restreindre l'étendue du problème. Ensuite, l'artefact conçu doit être amélioré de manière itérative.
La communication	La recherche suivant la méthodologie DSR doit être présentée à la fois à une audience orientée sur la technologie et à une audience de managers. Ceci implique de fournir suffisamment de détails pour permettre la conception et l'utilisation de l'artefact, et de déterminer s'il est intéressant pour une organisation d'utiliser ce dernier.

Tableau 3 : Les recommandations pour l'évaluation de la recherche en design science, extrait de (A. R. Hevner et al. 2004)

Ces recommandations nous permettent d'évaluer nos travaux de recherche et seront présentés dans le Chapitre 6. Cette étape permet d'évaluer la rigueur des travaux de thèse réalisés dans leur intégralité.

2.4 Résumé

Pour résumer cette thèse s'appuie sur une méthodologie de recherche bien définie, opérationnalisé à travers une démarche claire.

Le Chapitre 3 permet l'identification du contexte de la problématique identifiée, qui positionne le contexte externe et interne. D'autre part, la présentation de l'état de l'art et des enjeux associés nous permet d'assurer une première itération du cycle de rigueur de notre cadre méthodologique. Ce chapitre représente donc l'étape de définitions des objectifs de la solution de la démarche.

Ensuite dans le Chapitre 4, nous présentons tout d'abord une analyse du contexte social associé à la problématique, qui contribue au cycle de pertinence de la méthodologie. Fort de cette analyse nous définissons les spécifications d'un artefact, son articulation avec une méthode de participation citoyenne améliorée, puis son instanciation sous forme d'un prototype. Cette étape contribue au cycle de design et boucle le cycle de rigueur du fait des premiers résultats obtenus. Le Chapitre 4 correspond donc à l'étape de design et développement de la démarche.

Enfin, dans le Chapitre 5 est présentée l'évaluation du prototype, qui nous permet de terminer les cycles de design et de pertinence de la méthodologie. En effet, une partie de l'évaluation se déroule sous forme d'un atelier de participation citoyenne simulé, reprenant le contexte d'un projet urbain réel, et impliquant des participants réels. Nous avons donc réalisé une évaluation sur le terrain de l'artefact instancié. D'autres part, l'analyse de l'évaluation menée nous permet d'apporter un ensemble de recommandations et de critiques qui contribuent au cycle d'impact de la méthodologie *design science*. Le Chapitre 5 répond à l'étape de démonstration et d'évaluation de la démarche de Peffers et. al.

A la fin du manuscrit sont présentées les publications scientifiques rédigées dans le cadre de cette thèse, qui contribuent au cycle de rigueur et à l'étape de communication, en présentant les résultats à la communauté scientifique.

Chapitre 3

Revue de Littérature

Chapitre 3 Revue de Littérature

Le chapitre suivant présente un état de l'art permettant de poser les bases théoriques ayant porté ce projet de recherche, d'en exposer les limites, pour enfin apporter des éléments de réponses à la sous-question de recherche *RQ 1.1 : Quel est l'avancée actuelle de la littérature sur le domaine des EVII pour la PC dans le DU ?* et donc en partie à la question *RQ 1 : Quelles sont les spécifications d'un EVII appliquant les concepts du co-design pour impliquer les citoyens dans le design urbain ?*

Nous commençons par expliquer les différences entre certains termes qui seront employés tout au long de ce manuscrit et sont souvent sujet à confusion : processus, procédé, méthodologie, méthode, technique ou encore outil. Ensuite seront présentée les racines de la participation citoyenne. Nous nous efforçons de définir le terme, et ses domaines d'application, pour ensuite se concentrer sur le cas de la PC appliquée au design urbain. Pour ce faire nous exposons également les différentes étapes qui sont inhérentes à un projet d'aménagement d'espace public, et comment elles peuvent être influencées par le degré de participation citoyenne. Les différents degrés de participation, qui correspondent à une implication plus ou moins élevée du citoyen dans le processus participatif, induisent de nombreux mécanismes participatifs qui seront ici exposés selon différentes classifications provenant de la littérature. Nous proposons ensuite une classification plus générale basée sur la terminologie présentée en début de chapitre. Enfin, nous proposons une liste non exhaustive des mécanismes envisageables pour le cas de la participation citoyenne dite collaborative, qui intéresse ces travaux de recherche.

Nous présentons ensuite les concepts de co-création et d'outils génératifs (*make tools*), provenant de la littérature dans le domaine de design, que nous souhaitons intégrer aux processus participatifs collaboratifs. Nous faisons premièrement une distinction entre le design centré utilisateur et le concept de créativité collective, lui-même désigné dans la littérature par plusieurs termes (co-design, co-création, design collaboratif ou encore design participatif). Ensuite une revue des mécanismes d'engagement associés à la co-création est proposé et mise en parallèle avec un processus de design urbain collaboratif. Enfin, nous définissons le terme d'outil génératif et exposons son intérêt pour accompagner le processus créatif des citoyens.

Cette revue se termine par un aperçu de l'ensemble des outils numériques ayant été imaginés pour le design urbain, puis pour la participation citoyenne dans le design urbain, et enfin pour la créativité collective dans le design urbain. Nous nous efforçons de proposer une grille de lecture des différents outils basées sur des critères de participation et de technologie, pour finalement positionner nos travaux face à la littérature existante et démontrer un manque que nous souhaitons combler.

3.1 Terminologie et concepts clés

Avant de présenter l'état de l'art associé à ce travail de recherche, il semble important d'apporter des clarifications sur un ensemble de termes utilisés. Ce chapitre est d'autant plus nécessaire que certains termes sont traduits de l'anglais et peuvent ne pas avoir la même signification que l'homonyme français.

Tout d'abord, il est indispensable de faire une distinction entre les termes suivants : *processus*, *procédé*, *méthodologie*, *méthode*, *technique*, et enfin *outil*. Ces termes sont parfois employés pour désigner des concepts similaires, et nous précisons leur signification dans cette thèse.

Définitions du dictionnaire Larousse :

Processus :

Suite continue d'opérations, d'actions constituant la manière de faire, de fabriquer quelque chose : Les processus de fabrication doivent être revus.

Procédé :

Manière de s'y prendre, méthode pratique pour faire quelque chose : Un nouveau procédé de fabrication.

Méthodologie :

Ensemble des méthodes et des techniques d'un domaine particulier.

Méthode :

Ensemble ordonné de manière logique de principes, de règles, d'étapes, qui constitue un moyen pour parvenir à un résultat : Méthode scientifique.

Technique :

Ensemble de procédés et de moyens pratiques propres à une activité : La technique de l'aquarelle.

Outil :

Élément d'une activité qui n'est qu'un moyen, un instrument : Les statistiques sont un outil indispensable pour une bonne gestion.

La Figure 9 ci-dessous illustre les liens et l'imbrication de ces différents termes :

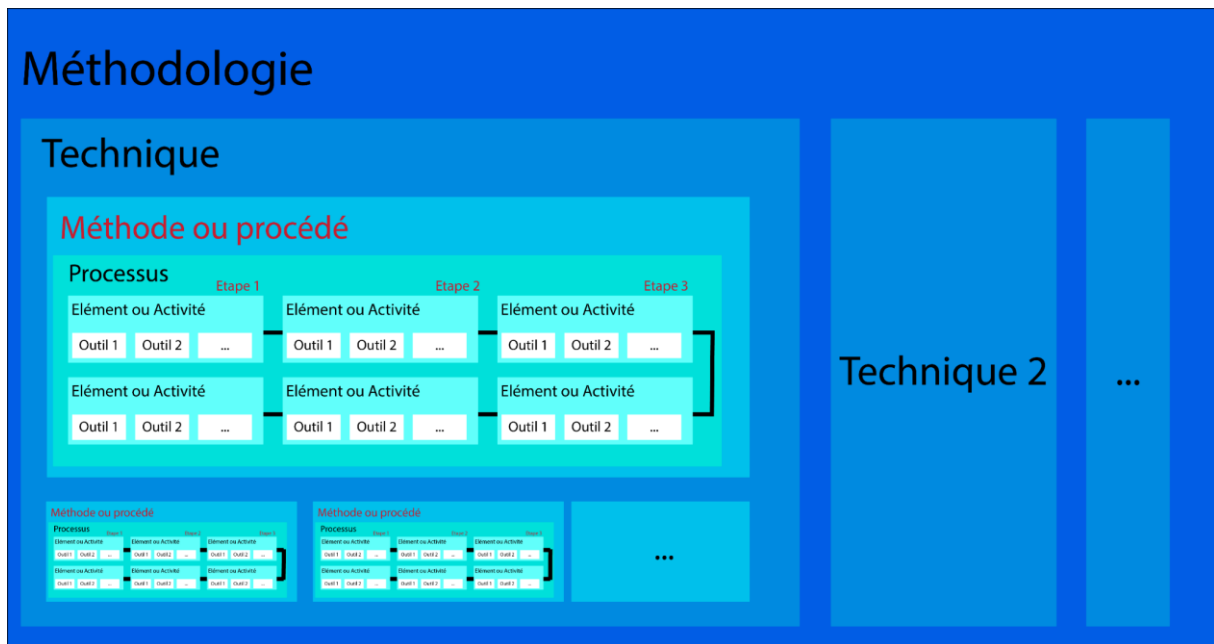


Figure 9 : Relation entre méthodologie, technique, méthode et outil

Il apparaît souvent une ressemblance entre les définitions de *méthode* et *technique*. La *méthode* et la *technique* concernent l'univers artisanal et industriel mais la *technique* est une notion plus large que la *méthode* car la *technique* utilise tout un ensemble de *méthodes* et de *procédés*.

Les termes *procédé* et *méthodes* sont eux utilisés pour designer la même chose, c'est-à-dire un ensemble de principes règles et étapes permettant d'obtenir un résultat déterminé.

Nous différencions également les termes *processus* et *méthode*. Le *processus* est un ensemble d'éléments et d'activités nécessaires à un aboutissement alors que la *méthode* est la manière de mettre en œuvre les éléments et les activités du *processus* avec ordre et raisonnement, sous forme d'étapes.

Dans un deuxième temps, il est nécessaire de clarifier l'emploi de termes que nous avons traduit de l'anglais à partir du Tableau 4 ci-dessous. Certains de ces termes seront définis au fil de l'état de l'art.

Terme	Terme(s) anglais
Participation citoyenne	Public participation, citizen participation, citizen involvement
Engagement public	Public engagement, civic engagement, citizen engagement.
Design urbain / Conception Urbaine	Urban design
Urbanisme/ Planning urbain / Planification Urbaine	Urban planning
Planning participatif	Participatory planning
Design participatif	Participatory design
Design génératif	Generative design
Co-design (ou design coopératif)	Codesign (ou co-operative design)
Co-création	Cocreation
Participation utilisateur	User participation

Tableau 4 : Traduction de termes anglais

De plus, nous utilisons très souvent dans ce chapitre le terme de *mécanisme* participatif, qui est un mot-valise pouvant désigner à la fois une technique, un processus, un outil ou une méthode liée à la participation (Rowe and Frewer 2005). Nous nous efforçons de clarifier la distinction entre ces différents termes dans la section 3.2.3.

Enfin, la pluralité disciplinaire du projet mené se traduit par un cadre conceptuel trouvant ses racines dans les domaines de la **Participation Citoyenne**, du processus du **Design Urbain** et enfin du **Co-Design**, afin de s'appliquer au domaine des **Environnements Virtuels Immersifs et Interactifs** (voir Figure 10 ci-dessous).

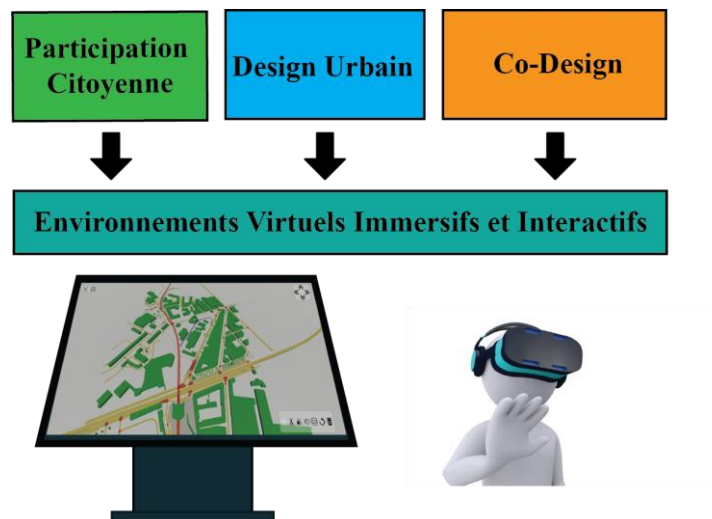


Figure 10 : Aperçu du cadre conceptuel

3.2 Participation Citoyenne et Design Urbain

3.2.1 Définition de la Participation Citoyenne

La participation citoyenne peut se définir comme un processus d'engagement obligatoire ou volontaire de personnes ordinaires, agissant seules ou au sein d'une organisation, en vue d'influer sur une décision portant sur des choix significatifs qui toucheront leur communauté. Cette participation peut avoir lieu ou non dans un cadre institutionnalisé et être organisée sous l'initiative des membres de la société civile (recours collectif, manifestation, comités de citoyens) ou des décideurs (référendum, commission parlementaire, médiation). (André, Martin, and Lanmafankpotin 2012)

La participation citoyenne est généralement définie comme l'acte d'implication de membres du public dans les activités de prise de décision, de gestion de calendrier et d'élaboration de lois ou principes des organisation et institutions responsables du développement de la politique publique (Rowe and Frewer 2005). La démarche est applicable dans plusieurs domaines tels que l'environnement, la gouvernance, la santé publique, le planning et design urbain ou encore la législation. La littérature actuelle propose un large panel d'études traitant des avantages et des risques de la participation citoyenne. Dans le Tableau 5, (Luyet et al. 2012) montrent que ces derniers sont nombreux, et qu'il est donc important d'en avoir conscience avant de choisir un système de participation particulier pour optimiser un processus de participation.

Avantages de la participation
<ul style="list-style-type: none"> - Plus grande confiance apportée aux décisions prises - Améliorer la conception du projet en utilisant la connaissance locale - Apporter une meilleure compréhension des projets et des problèmes - Intégrer des avis et intérêts variés - Optimiser la réalisation des plans et des projets - Améliorer l'acceptation vis-à-vis des décisions prises - Améliorer et développer l'apprentissage social
Risques de la participation
<ul style="list-style-type: none"> - Processus couteux - Processus chronophage - Frustration possible des participants - Identification de conflits nouveaux - Implication de parties-prenantes qui ne sont pas représentatives - Renforcement d'une partie-prenante ayant une influence conséquente

Tableau 5 : Avantages et risques de la participation citoyenne, (Luyet et al. 2012)

Selon (Smith 2014), l'acte de participation citoyenne se définit comme un ensemble de procédures destinées à consulter, informer et impliquer le public pour permettre aux personnes affectées par une décision d'avoir un impact sur celle-ci. Le concept de participation et ses synonymes tels que l'engagement public, la délibération ou le dialogue social ont gagné en importance à la fois dans le domaine académique et politique au sujet de la relation entre la science, la technologie et la société (Braun and Könniger 2018).

Néanmoins ces définitions trop génériques laissent la porte ouverte à diverses interprétations, du fait que le public peut être impliqué de différentes manières ou à différents niveaux, comme le montrent de nombreux travaux de recherche (Arnstein 1969; Pollak 1979; Smith, Nell, and

Prystupa 1997; Rowe and Frewer 2005). Le public peut « participer » en étant le récepteur passif des informations divulguées par les régulateurs et acteurs gouvernementaux ; dans d'autres cas le public peut être sondé, comme lors de l'appel à contribution de l'opinion public à l'aide de questionnaires ; et dans d'autres situations, le public peut être activement impliqué dans le processus de prise de décision à travers une représentation citoyenne.

Ces différences permettent de mettre en avant la distinction entre la communication, la consultation et la participation (voir Figure 11), dont la combinaison définit le terme d'engagement public (Rowe and Frewer 2005). Le terme *décisionnaire* désigne les institutions en charge de la gestion de l'initiative d'engagement, qui sont généralement le gouvernement ou une agence de régulation mais également dans certains cas des représentants de la société civile.

Les flux d'information dans la participation citoyenne

Communication

Décisionnaires → Citoyens

Consultation

Décisionnaires ← Citoyens

Participation

Décisionnaires ↔ Citoyens

Figure 11 : Les différents types d'engagement public, figure originale de (Rowe and Frewer 2005)

Dans le cas de la communication, le flux d'information est à sens unique, depuis les décisionnaires vers les citoyens et aucune contribution de la part des citoyens n'est entendue ou recherchée.

Pour la consultation, l'information transite depuis les citoyens vers les décisionnaires à l'initiative de ces derniers. De ce fait on ne peut pas parler de réel dialogue entre les deux parties et l'information obtenue à travers la consultation est censée représenter l'opinion générale sur le sujet traité.

Enfin concernant la participation citoyenne, l'information circule entre les deux parties. On peut ainsi parler de dialogue dans le processus mis en place, soit entre un groupe de représentants de chaque partie, ou alors avec un groupe de personnes de la société civile recevant des informations de la part des décisionnaires avant de formuler sa réponse. Ces trois formes d'engagement permettent de différencier les mécanismes d'engagement public.

(Luyet et al. 2012) proposent une séparation étendue, en cinq degrés de participation du public :

- Information : Le projet est expliqué aux citoyens.
- Consultation : Présentation du projet aux citoyens et récupération de leurs suggestions, sans certitude que celles-ci soient considérées lors de la prise de décision.
- Collaboration : Présentation du projet aux citoyens, récupération de leurs suggestions avec la certitude qu'elles seront considérées lors de la prise de décision.
- Codécision : Coopération avec les citoyens en vue d'un consensus sur la solution et la manière dont elle est réalisée.
- Responsabilisation (ou émancipation) : Délégation aux citoyens du pouvoir de décision sur le développement et la réalisation du projet.

3.2.2 Participation Citoyenne et Design Urbain

Le design urbain est un processus interdisciplinaire complexe du fait de ses nombreuses parties prenantes et des enjeux qu'il implique. Selon (Urbalab 2015), « *Il permet au créateur de s'approprier le lieu urbain comme un objet ou un ensemble d'objets disponibles dans ou à travers lesquels les usagers vivent. Les lieux, les espaces peuvent être vus comme des objets dont les formes permettent, contraignent ou interdisent certains usages. Ce qui n'est pas contraint est alors possible.* ». Il permet d'établir les connexions entre les citoyens et les lieux de vie. Le design urbain considère différents aspects du lieu à savoir les zones piétonnes, la densité urbaine, l'accessibilité, l'ajout de « poumons verts » dans une ville mais également l'esthétique, l'ergonomie, les fonctionnalités et usages qui vont y être associés. Ainsi, le design urbain est à la fois une réaction face à un changement dans l'environnement urbain à un moment donné, et un dialogue entre différentes personnes et leurs besoins en connexion avec cet environnement. Il peut donc également être défini comme : *L'art et le processus de conception, création, construction et gestion des places et des espaces pour les citoyens*, (traduction de (Christopher T Boyko et al. 2006)). A travers cette définition, C. Boyko et al. mettent en avant deux caractéristiques du design urbain :

- Le design urbain est fondamentalement créatif, et donc spécifique à chaque contexte d'application. Le design urbain doit donc soutenir une démarche *bottom-up* à travers les communautés locales et les autorités.
- Le design urbain peut être vu comme un processus, c'est-à-dire une méthode, une procédure, une série d'actions ou d'événements qui amène à l'accomplissement de résultats. C'est également un processus itératif de développement urbain.

Le design urbain en tant que discipline professionnelle et distinguée du planning urbain est apparu au 20^e siècle (Van Assche et al. 2013). L'apparition du terme ne peut pas être attribuée à une personne mais plutôt à un mouvement de pensées théoriques émanant des pays anglo-saxons. La discipline universitaire est apparue pour la première fois à l'université de Liverpool en 1909. Historiquement, les approches traditionnelles ont traité le planning urbain comme un processus passif, à l'intérieur duquel le design urbain a été largement ignoré du fait de sa composante artistique. Les approches traditionnelles positionnent les planificateurs urbains comme des décisionnaires, réalisant des choix basés sur la récolte et l'analyse quantitative de données (Christopher T Boyko et al. 2006). Depuis peu, les aspects qualitatifs sont considérés

permettant d'impliquer plus activement les parties-prenantes dans le processus (C T Boyko, Cooper, and Davey 2005).

Budget, planning, ambitions écologiques, équité sociale, la place de la culture, de la sécurité ou encore l'approvisionnement en eau, ce sont autant d'influences sur les choix des professionnels et que sur les problèmes soulevés par les citoyens.

La Figure 12 propose un aperçu des étapes principales du processus de design urbain.

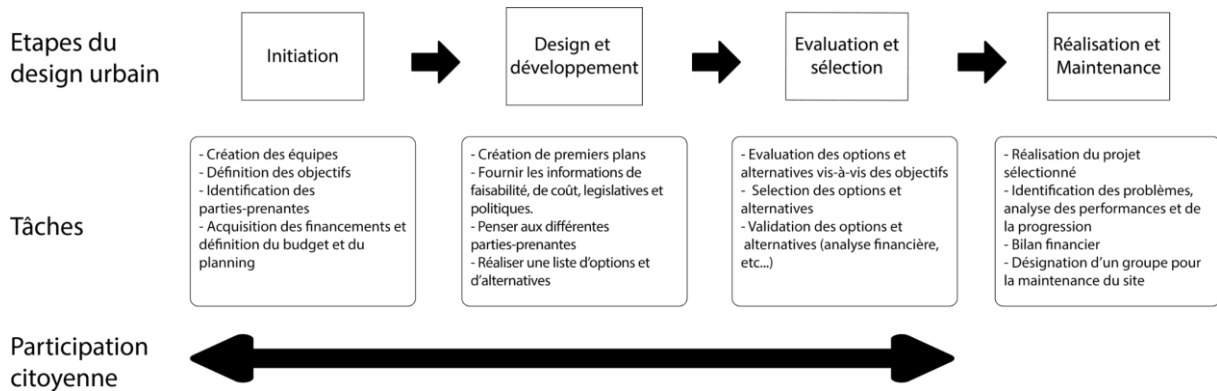


Figure 12 : Les principales étapes du design urbain et les tâches associées, figure inspirée des travaux de (Hayek 2011; Sanoff 2000; C T Boyko, Cooper, and Davey 2005)

Elles se séparent en 4 phases majeures incorporant diverses activités : l'initiation du projet, le design et développement, l'évaluation et la sélection, et enfin la réalisation et la maintenance. En bas du schéma est illustré le spectre sur lequel la participation s'applique de manière générale, à savoir les trois premières étapes. On observe de nos jours des situations où la participation citoyenne s'étend jusqu'à l'étape de Réalisation et Maintenance, avec par exemple la gestion d'un jardin partagé ou la responsabilité de locaux associatifs sur un complexe sportif, comme nous avons pu l'observer dans le contexte de ce travail de recherche.

L'implication au plus tôt des citoyens dans ce processus est un principe clé pour une participation citoyenne réussie (Luyet et al. 2012; Christopher T Boyko et al. 2006). De nombreuses raisons justifient l'application de la PC dans le DU : construire un climat de confiance et gagner l'acceptation des citoyens pour les projets urbains, générer de nouvelles idées, et enfin trouver des solutions (Lauwaert 2009).

(Sanoff 2000) propose un prisme de lecture basé sur quatre catégories (ou expériences) permettant d'amener à un commun accord sur le futur du lieu concerné. Ces catégories peuvent être comprises comme des étapes globales de la participation citoyenne pour le design urbain :

- La définition des objectifs : cette étape consiste à construire un langage commun entre les différents acteurs du projet, en découvrant ou redécouvrant les réalités de l'environnement concerné à partir de leurs expériences respectives. C'est une étape de découverte.
- La programmation : à ce stade est construite une compréhension plus profonde des problématiques sociales, spatiales, économiques et culturelles de la situation. Un échange clair doit être en place pour assurer une bonne définition des objectifs et besoins des participants et éviter de futures contestations.
- Le design : il s'agit ici de passer outre l'étape de découverte et de compréhension pour définir un plan pour la situation concernée. Les participants doivent concevoir des maquettes physiques sur la base de leurs priorités, avant d'analyser les alternatives et le plan final.
- L'implémentation : comme dans le cas de la Figure 12, la plupart des projets de participation arrêtent l'implication des participants à cette étape. Cette étape concerne la réalisation des travaux de conception sur la base d'un design final.

3.2.3 Typologie des Mécanismes d'Engagement Public

Un nombre important de processus/méthodes/techniques/outils, ou plus globalement mécanismes (Rowe and Frewer 2005), sont proposés pour permettre l'engagement public. Par exemple, (Rosener 1975) propose une liste de trente-neuf différentes techniques telles que le « workshops » (atelier), « le referendum citoyen » ou encore « programme d'information public ».

(Sanoff 2000) détaille dans ses travaux plusieurs mécanismes (méthodes, processus ou techniques) de participation dans le design urbain. Nous y retrouvons premièrement plusieurs méthodes tels que :

- Le Visionnage (traduit de *Visonning*)
- Les Charrettes
- Le « Bocal à poissons » (traduit de *Fishbowl Planning*)
- Le planning-action communautaire (traduit de *Community Action Planning*)
- L'action-recherche participative (traduit de *Participatory Action Research*)
- Le Planning stratégique (traduit de *Strategic Planning*)

(Sanoff 2000) décrit également cinq techniques distinctes de participation qui peuvent être adoptées à diverses étapes du processus de design urbain :

- Techniques de communication : L'objectif est d'informer la population sur le projet en cours et les problèmes principaux par l'intermédiaire d'expositions, de médias ou de ballades sur le lieu.
- Techniques d'interaction en groupes : Mieux connues sous le nom de *workshops*, que ce soit un groupe de personnes méticuleusement sélectionnées ou une session ouverte, l'objectif est de résoudre un problème donné à travers plusieurs sessions de travail mélangeant professionnels et utilisateurs finaux.
- Techniques qui utilisent le jeu : Elles placent les participants dans un contexte réel dans le but de résoudre un problème donné. Le contexte comprend des participants, des règles, des contraintes et des méthodologies. Elles peuvent être utilisées comme un processus éducatif pour les citoyens ou comme une manière de résoudre une problématique entre plusieurs parties prenantes
- Techniques indirectes : Des questionnaires et interviews sont utilisés pour recueillir les opinions et les besoins des citoyens. Cette approche permet l'obtention rapide de données quantitatives. Néanmoins elle pose le problème de la subjectivité du créateur du questionnaire. A travers les interviews en face-à-face, des informations détaillées et qualitatives peuvent être atteintes.
- Techniques ouvertes : L'objectif est d'atteindre une large audience sans sélection particulière et ce à n'importe quelle étape du projet urbain. Pour cela peuvent être utilisés le canal de la télévision (et de nos jours d'internet), le scrutin de vote et enfin les outils numériques (vidéoconférence, simulations par modèle, jeux vidéo, environnement virtuels collaboratifs...)

(Wates et al. 2000) proposent également longue liste de mécanismes tels que les diagnostics en marchant (que nous classifions en méthode) ou les diagrammes (que nous classifions en outil).

La USA Environmental Protection Agency (EPA) propose une liste de mécanismes classifiés en fonction de trois catégories, et chaque catégorie est applicable à divers degrés d'implication des citoyens (voir Tableau 6) :

- Mécanismes d'information du public : Il se séparent en trois types : les outils présentiels, à distance et non-traditionnels. Ils permettent de communiquer aux membres du public des informations utiles à la compréhension du projet et aux décisions prises. Ils peuvent également permettre de fournir un retour au public sur la manière dont leur participation a été prise en compte.
- Mécanisme de gestion et d'obtention de commentaires : Ils permettent de fournir aux participants un moyen de partager des informations, opinions et idées dans le cadre de la prise de décision.
- Mécanismes de création de consensus et de négociation : Ces mécanismes rendent possible la réunion de diverses parties prenantes pour qu'ils participent à un processus de prise de décision partagée.

Pour chaque catégorie, le choix des mécanismes nécessite de considérer le contexte du projet : objectif du projet, public ciblé, degré de participation voulu, connaissances des participants, moyens existants, etc...

Catégorie de mécanisme	Degré de participation (Luyet et al. 2012)	Mécanisme
Information du public	Information	<i>Présentiel</i>
		Réunions publiques Séances d'information
		<i>A distance</i>
		Fiches d'information Sites web Référentiels d'information Lettres d'information ou bulletins Postes d'information Presses et médias
		<i>Non-traditionnels</i>
		Mise en scène/théâtre Véhicules et panneaux publicitaires
Gestion et obtention de commentaires	Consultation, Collaboration, Codécision, Responsabilisation	Entretiens Groupes de réflexion (focus groups) Cercles d'étude Réunions publiques Ateliers publics (workshops) Cafés mondiaux Charrettes Processus informatisés
Création de consensus et de négociation	Collaboration et Responsabilisation	Ateliers de consensus (workshops) Conseils consultatifs Processus informatisés Jurys citoyens

Tableau 6 : Mécanismes de participation citoyenne, (EPA 2019)

(Luyet et al. 2012) proposent une classification d'un nombre restreint de mécanismes de participation en fonction de leur degré d'implication des citoyens, comme illustré dans le Tableau 7. Selon leurs travaux, le choix du mécanisme à employer doit se faire en fonction de plusieurs facteurs, à savoir : le degré d'implication, le profil des parties-prenantes (connaissances et expériences passées, temps disponibles, intérêts etc...), culture locale et normes sociales, événements similaires passés, le temps prévu accordé à l'utilisation du mécanisme dans le projet et enfin la connaissance et l'expérience des décisionnaires et facilitateurs.

Mécanisme de participation	Degré de participation				
	Information	Consultation	Collaboration	Codécision	Émancipation
Lettre d'information	X				
Rapport	X				
Présentations publiques, conférences	X	X	X		
Page internet	X	X			
Interviews, questionnaires et sondages	X	X	X		
Diagnostics en marchant et interactions	X	X	X		
Workshops (ou ateliers)		X	X	X	X
Cartographie participative			X	X	X
Groupes de réflexion (Focus group)			X	X	X
Jury citoyen		X	X	X	X
Système d'aide à la décision	X	X	X	X	
Carte mentale	X	X	X		
Jeux de rôle			X	X	X
Analyse multidimensionnelle			X	X	
Analyse de scénarios		X	X	X	X
Conférence consensuelle		X	X	X	X

Tableau 7 : Aperçu des mécanismes de participation citoyenne en fonction de leur degré d'implication, (Luyet et al. 2012)

(Stelzle and Noennig 2017) proposent une classification de 70 mécanismes selon le degré de participation, séparé en 4 niveaux : information, consultation, collaboration, autonomie. En fonction de chaque degré, ils ont catégorisé les mécanismes de participation premièrement selon leur approche : ateliers et conférences sont opposés à mécanismes digitaux et en ligne. Ensuite, ils ont établi une hiérarchie au sein des degrés pour classifier les mécanismes comme le montre la Figure 13.

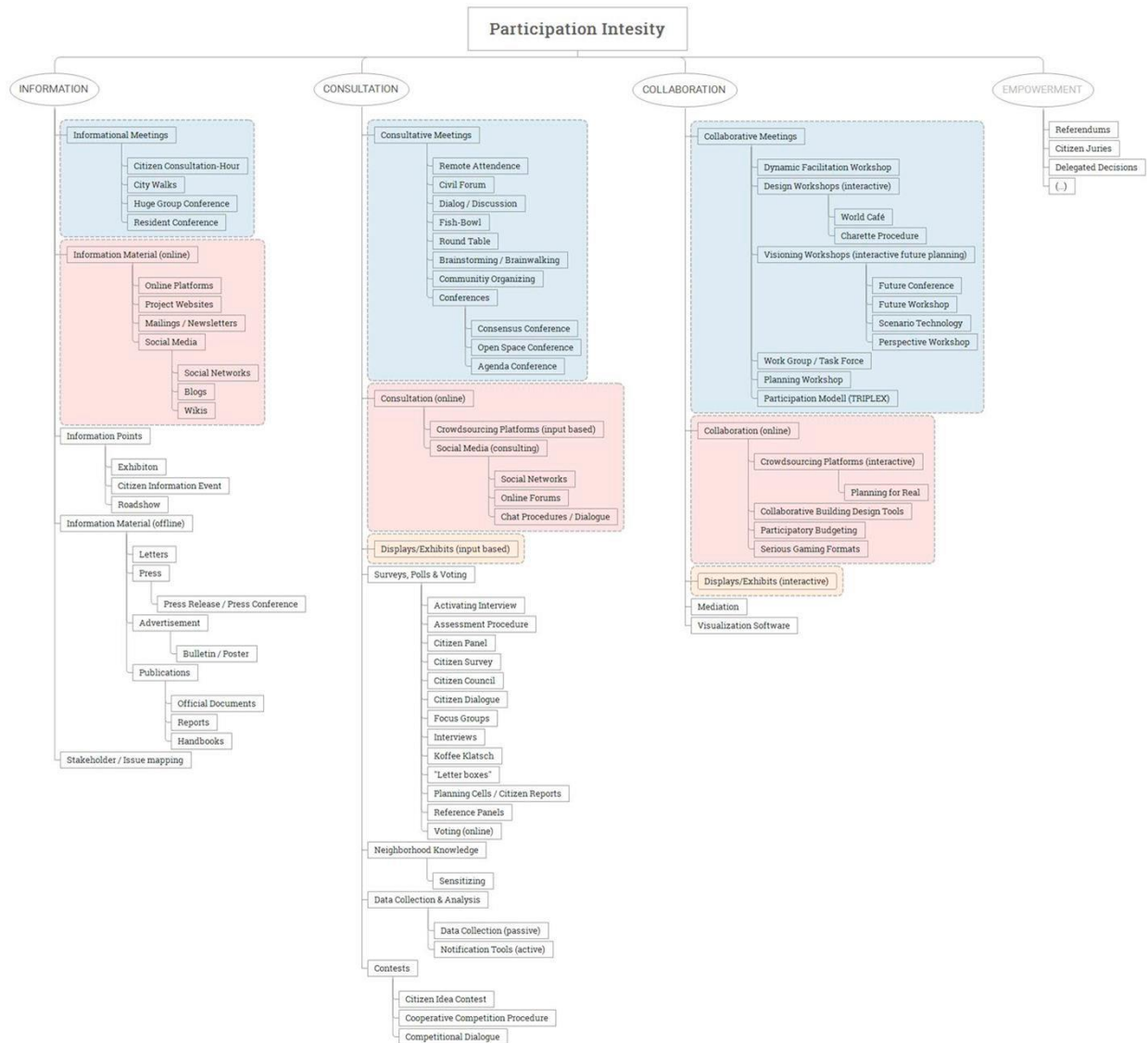


Figure 13 : Catégorisation des mécanismes de participation selon le degré de participation, par (Stelzle and Noennig 2017)

La liste exhaustive des mécanismes est difficile à établir, d'autant plus que certains termes sont utilisés pour designer la même action (par exemple le terme *workshop* peut désigner planning-action, design ou échange d'information), ou peuvent avoir un sens différent en fonction du pays. Il y a également un problème d'équivalence et d'interdépendance de certains termes. En effet, un mécanisme peut désigner un processus composite, une technique spécifique, ou encore un outil. Ainsi, certains mécanismes peuvent en contenir d'autres. Par exemple, le panel citoyen est un mécanisme permettant d'obtenir un avis général à partir d'une portion de la population, par l'intermédiaire d'une enquête (qui est également un mécanisme de participation identifié dans la littérature).

De nombreux efforts sont notables dans l'état de l'art au sujet de la classification des différents mécanismes de participation citoyenne (Arnstein 1969; Glass 1979; Pollak 1979).

La classification établie par (Rowe and Frewer 2005) avance que l'efficacité d'une participation citoyenne dépendra du mécanisme de participation sélectionné et de la manière dont il est appliqué. Ainsi, pour classer ces mécanismes, il propose de se baser premièrement sur les 3 formes d'engagement, puis également sur des variables associées aux mécanismes qui influencent potentiellement l'efficacité de la participation menée (voir Tableau 8). Sa typologie se démarque des précédentes du fait de sa généralité, qui peut s'appliquer à l'ensemble des mécanismes grâce à l'identification de variables clés communes.

Variable associée au mécanisme	Valeurs des variables	Aspect de l'efficacité de la participation potentiellement influencé	Type d'engagement potentiellement associé
Méthode de sélection des participants	Contrôlée Non contrôlée	Pertinence des participants	Communication Consultation Participation
Facilitation du transfert de l'information	Oui Non	Qualité des informations transmises par les participants	Consultation Participation
Mode de réponse	Illimité/Ouvert Limité/Fermé	Qualité des informations transmises par les participants	Consultation Participation
Forme de communication de la part des décisionnaires	Standard, Conventionnelle Flexible	Qualité des informations transmises par les décisionnaires	Communication
Mode de transfert de l'information	Face à face Pas de face à face	Transfert et traitement d'informations pertinentes	Communication Consultation Participation
Facilitation de l'agrégation	Combinaison structurée Combinaison déstructurée	Agrégation des informations des participants	Consultation Participation

Tableau 8 : Les variables de classification des mécanismes de participation citoyenne, selon (Rowe and Frewer 2005)

Ces variables influencent des aspects précis de l'efficacité de la participation mise en place telles que la qualité des informations transmises par les différents partis ou la pertinence des participants. Les différentes combinaisons des valeurs des variables permettent de classer les mécanismes en fonction des différents types d'engagement (communication, consultation et participation).

Dans l'objectif de lever l'ambiguïté inhérente au terme « mécanisme d'engagement public », qui englobe un ensemble de techniques, méthodes, processus et outils, nous proposons une grille de lecture basée sur :

- La méthodologie de participation employée
- Les techniques associées :
- Les méthodes disponibles
- Le processus concerné
- Les activités proposées
- Les outils utilisés

Les mécanismes présentés dans le Tableau 9 ont été extraits des tableaux de classifications de (Luyet et al. 2012; EPA 2019; Wates et al. 2000; Sanoff 2000; Rosener 1975; Stelzle and Noennig 2017).

Méthodologie (ou degré) de participation	Technique	Méthode/procédé	Activité	Outil	
- Information	- Technique de communication	- Ateliers publics - Ateliers de consensus	- Visionnage	- Conseils consultatifs	- Page internet - Sites web
- Consultation		- Ateliers artistiques	- Charrettes	- Forums d'urbanisme	- Système d'aide à la décision.
- Collaboration	- Technique d'interaction en groupe	- Atelier de briefing - Atelier de conception - Atelier de terrain	- Fishbowl Planning	- Jury citoyen	- Outils numériques divers
- Codécision		- Ateliers en espace ouvert	- Planning Action	- Conférences de recherche du futur	
- Émancipation	- Jeux			- Séances de planification de participation	- Fiches d'information
	- Techniques Ouvertes	- Cartographie participative - Carte mentale - Simulation	- Action-recherche participative	- Jeux de conception	- Référentiels d'information
	- Techniques Indirectes			- Jeux de rôle	- Lettres d'information ou bulletins
		- Groupes de réflexion - Groupe de travail - Groupes d'utilisateur - Cercles d'étude	- Le Planning stratégique	- Jeux	- Postes d'information
			- Micro-urbanisation	- Concours d'idées	- Presses et médias
		- Analyse multidimensionnelle - Analyse de scénarios - Analyse de la communauté	- Roadshow / tournée	- Edition collaborative - Maquettage	- Véhicules et panneaux publicitaires
		- Centre d'architecture - Centres d'urbanisme de quartier - Centre de design communautaire - Studio de design urbain - Magasins locaux		- Sondage par photo - Voyages de reconnaissance	- Montages d'altitude
				- Revues - Evaluation des risques	- Expositions interactives
				- Stands de rue	- Affichage de tableaux
		- Evènement urbanisme-action - Festivals de design - Semaine d'activité - Weekend de l'urbanisation - Journée de l'urbanisation			- Tribune improvisée par vidéo
		- Système de récompense			- Modèles - Catalogue - Diagrammes - Cartes électroniques

Tableau 9 : Classification des techniques, méthodes, activités et outils permettant différents degrés de participation

Le phénomène de la participation citoyenne dans le design urbain a généré un nombre très varié d'outils et de ressources. Les méthodes historiquement utilisées reposent sur l'utilisation d'outils papier pour guider les participants vers la conception (ou le design) d'une proposition finale et donc vers une proposition professionnelle. Parmi les méthodes connues on retrouve les visites de site et les dessins sur une carte en 2D, les affichages de graphiques et autres données contextuelles, les affichages de paysages ou d'équipements urbains, la construction d'une maquette (avec du carton, de la pâte à modeler, du bois, etc...).

La tenue sur le lieu concerné d'ateliers, de groupes de réflexion et autres méthodes accompagnées d'un facilitateur permet de promouvoir l'implication d'un grand nombre de parties prenantes (Christopher T Boyko et al. 2006). Ce schéma a prouvé sa valeur quand il n'y a qu'un seul designer impliqué et plusieurs professionnels ont développé et décrit leur méthode (Kheir Al-Kodmany 1999).

Néanmoins, pour les activités collaboratives, le besoin de communication, d'expression et de compréhension des personnes n'ayant pas d'expérience dans le domaine du design urbain n'est pas suffisamment satisfait avec des dessins sur une carte en deux dimensions et des outils de visualisation appropriés sont nécessaires (Wang and Chen 2009). Les techniques de visualisation sont la clé d'une participation réussie car elles permettent la construction d'une vision commune entre les initiés et les non-initiés (Kheir Al-Kodmany 1999).

3.3 Co-design Urbain et Outils Génératifs

Les mécanismes collaboratifs évoqués dans les sections précédentes connaissent une attention grandissante dans la littérature sur la participation citoyenne. Le processus de design urbain nécessitant la création d'un prototype, étant l'espace de discussion de la PC (une place, un parc, un terrain sportif...), nous avons également souhaité nous intéresser à la littérature sur le design, la créativité, et à la manière d'intégrer un amateur dans la conception d'un artefact (un produit final). En effet, la littérature sur le co-design et la créativité nous permet d'enrichir les processus existant de participation citoyenne en apportant des méthodes et des outils favorisant le pouvoir d'expression des non professionnels. Les méthodologies tournées sur le design centré sur l'utilisateur (traduction de l'anglais *User-Centered Design*, UCD ou *Human-Centered Design*, HCD), majoritairement utilisées pour le développement logiciel, sont en plein essor dans le domaine de la PC dans le DU. Plus récemment un changement de paradigme s'instaure sous les termes de design participatif, co-design, ou encore design collaboratif, qui prônent la mise en avant des capacités créatives des personnes non-initiées à l'aide d'outils particuliers, appelés outils génératifs.

Pour synthétiser, nous avons présenté dans la section précédente ce qu'est un processus participatif collaboratif, qui est inclus dans un processus de design urbain. Au sein du processus participatif collaboratif réside le processus de design et de création. Pour supporter ces derniers, nous nous basons sur les travaux se rapportant à la co-création et au co-design. En reliant les deux pans de la littérature (participation dans le design urbain et design de produit), nous introduisons le concept de co-design urbain et décrivons les outils nécessaires à son application.

3.3.1 Co-création, Co-design et Co-design Urbain

La co-création est définie par E. Sanders comme un terme tiroir, pouvant désigner selon le contexte un état d'esprit, une méthode, ou un outil (E. B. Sanders and Stappers 2012). Il peut désigner toute activité de créativité collective, c'est-à-dire un processus créatif partagé par deux personnes ou plus. Le mot est adaptable dans plusieurs situations telles que :

- La co-création en communauté
- La co-création en entreprise, de manière interne
- La co-création entre entreprises
- La co-création entre une organisation et les personnes qu'elle sert (utilisateurs, consommateurs, citoyens...)

Ainsi dans le cas du design urbain, l'acte de co-création représente l'ensemble des parties prenantes du projet travaillant de pair avec les planificateurs, architectes et concepteurs, dans le but d'améliorer une idée. Ce concept est étroitement relié avec le concept de design participatif. Le principe de « créativité collective » est apparu il y a maintenant quarante ans en Europe sous le nom de « design participatif » (traduction de l'anglais *participatory design*) (E. B. Sanders and Stappers 2012). Le crédo principal est de convenir au mieux aux besoins des utilisateurs finaux. Dans ce contexte, la conception centrée utilisateur possède une histoire encore plus ancienne. En utilisant des méthodes de récupération, d'analyse et d'interprétation de données, elles permettent le développement de spécifications et l'évaluation de prototypes/produits. Néanmoins, le design participatif a vocation à impliquer l'utilisateur de

manière plus poussée que la conception centrée utilisateur, cette dernière le plaçant comme un objet d'étude et agissant avec un point de vu d'expert.

Le co-design est décrit comme une instance spécifique de la co-création. Il représente une méthodologie centrée sur la communauté et une approche que les concepteurs utilisent, afin de donner les moyens aux utilisateurs qui bénéficieront du résultat final de participer à la conception des solutions à leurs problèmes et besoins. La principale différence avec les autres méthodologies de conception participative ou d'autres méthodologies centrées sur l'utilisateur est qu'au cœur du co-design, il y a un déplacement vers un processus de conception mené par les utilisateurs (Carlier 2017).

Dans le contexte du design urbain, le co-design consiste à appliquer un processus de co-design à un processus de design urbain, où l'artefact (ou prototype) concerné est l'espace urbain qui est amené à évoluer, c'est-à-dire l'objet d'étude du projet urbain.

(Fu and Lin 2014) distinguent 5 étapes du co-design urbain, similaires à celles identifiées dans les sections précédentes : l'exploration, l'intégration, l'idéation, l'implémentation et enfin l'évaluation. Ils associent pour chaque étape des mécanismes particuliers comme l'illustre le Tableau 10.

Etape du co-design urbain	Mécanismes potentiellement utilisés
Exploration	Ateliers Interview Cartographie
Intégration	Définition de scénarios Mise en scène à travers des histoires Business plan Parcours utilisateur
Idéation	Brainstorming Jeux de rôle Groupes de réflexion (Focus group) Ateliers
Implémentation	Prototypage rapide Conception itérative
Évaluation	Évaluation de l'utilisabilité Analyse Apprentissage

Tableau 10 : Les étapes du co-design urbain, issu de (Fu and Lin 2014)

3.3.2 Créativité et Prototype pour le Co-design Urbain

La créativité et le prototypage sont au cœur du processus de co-design urbain. La créativité d'une personne est définie par (Nayak, Agarwal, and Amabile 2011) comme l'intersection entre l'expertise, la capacité de pensée créative et la motivation intrinsèque. L'expertise se définit comme l'ensemble des connaissances et des savoir-faire d'une personne. La pensée créative représente les compétences liées à la créativité (production d'idées nouvelles). Enfin, la motivation intrinsèque est l'intérêt qu'une personne apporte au travail à réaliser.

E. Sanders explique dans son livre (E. B. Sanders and Stappers 2012) que la créativité d'une personne n'est pas seulement stimulée par les idées stockées dans son cerveau et ses émotions, mais qu'elle est également influencée par ses mouvements, ses actions, ainsi que son environnement. Selon son analyse, si l'on veut parvenir à faire exprimer les valeurs et besoins d'une personne pendant une session créative, et ainsi l'aider à imaginer son expérience future, il faut réussir à faire ressortir ses connaissances tacites (traduction de l'anglais *tacit*) et latentes (traduction de l'anglais *latent*). Les connaissances d'une personne sont divisibles en 4 catégories :

- Celles qui sont explicites : elles sont très accessibles et on peut y associer des mots.
- Celles qui sont observables : elles apparaissent par l'observation du comportement d'une personne ou d'un événement.
- Celles qui sont tacites : ce sont les connaissances qu'une personne ne peut traduire verbalement.
- Celles qui sont latentes : ce sont les connaissances sur des sujets inconnus, sur des situations que l'on n'a pas encore rencontrées, mais sur lesquelles on peut se fonder une opinion grâce à nos expériences passées.

Les deux premières catégories sont relativement faciles d'accès, en revanche les connaissances tacites et latentes sont difficiles à atteindre car les personnes ne sont pas habituées à réaliser cet exercice et donc à communiquer sur ces connaissances.

L'enjeu des sessions de participation génératives décrites par E. Sanders est d'accéder aux deux derniers niveaux, grâce à un ensemble d'outils et techniques qui sont des moyens d'expression qui mettent l'utilisateur en action. Les moyens d'expression les plus répandus reposent par exemple sur la réalisation rapide de croquis, de prototypes ou de maquettes en 3D. Les produits réalisés deviennent alors le support de visualisation pour placer le participant dans une expérience future.

(E. B. Sanders 2013) décrit les activités prenant place dans un processus de co-design par l'intermédiaire d'un cycle de prototypage participatif (CPP) (traduction de l'anglais *Participatory Prototyping Cycle (PPC)*).

Le CPP est un modèle qui met en avant la nécessité du prototypage dans un espace particulier et dans une période précise vis-à-vis du processus global de conception. Comme illustré dans la Figure 14, le CPP lie les actions de construire, raconter et jouer évoquées précédemment sous forme d'une boucle itérative. Le cycle peut démarrer à n'importe quelle étape et de se déplacer dans n'importe quelle direction.

La construction (action de construire) correspond à l'utilisation de ses mains pour représenter ses idées sous forme physique. Les artefacts réalisés tôt dans le processus de design représenteront des expériences, des ambiances, tandis que ceux réalisés tard représenteront des objets ou des espaces. Le discours (action de raconter) est la description verbale de scénarios futurs. Le jeu enfin (action de jouer) se rapporte à l'utilisation de son corps dans un environnement pour exprimer ses idées au sujet du lieu futur.

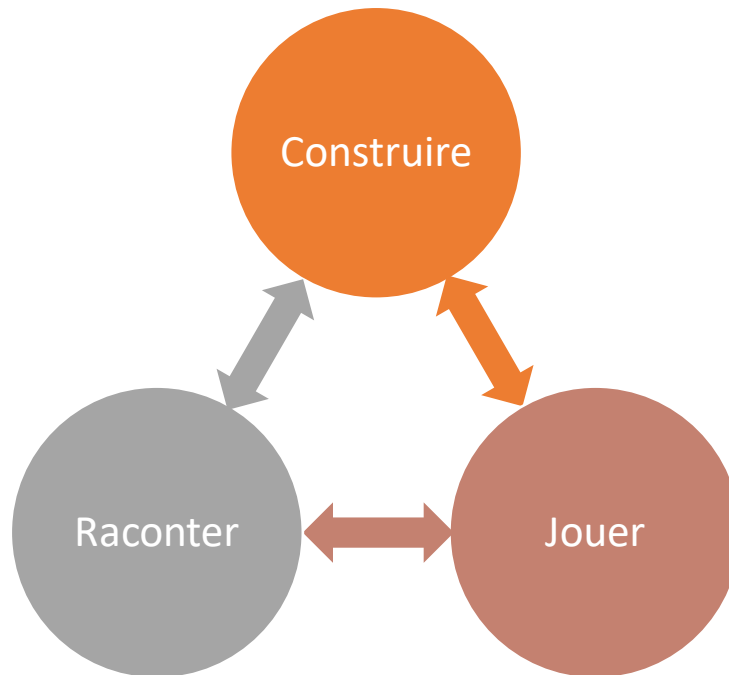


Figure 14 : le Cycle de Prototypage Participatif (CPP),(E. B. Sanders 2013)

E. Sanders (E. B.-N. Sanders and Stappers 2014) distinguent trois approches différentes pour réaliser l'action de construction/création du cycle CPP :

- Les sondes : Elles sont utilisées dans le but d'inspirer les designers en observant la réaction des participants face à leurs propositions. Les utilisateurs sont donc les participants, qui retournent aux designers le travail qui leur a été demandé. Elles sont conçues par les designers et peuvent prendre la forme d'un journal de bord, d'un agenda, d'un jeu ou d'une caméra avec des instructions à suivre.
- Les caisses à outils : Conçues par les designers et les chercheurs, elles seront utilisées par les participants. L'objectif est ici de donner aux personnes qui ne sont pas designer de profession un moyen de participer en tant que co-créateur dans le processus de conception. Le résultat final est donc un artefact imageant le futur voulu. Elles prennent généralement la formes de composants en 2D ou 3D tels que des images, des mots, des phrases, des formes, des boutons, etc.

- Les prototypes : ils sont dédiés aux designers qui s'en serviront pour réaliser leur design professionnel. Dans la philosophie du co-design, ils sont réalisés par les co-designers pour imaginer leurs idées de manière physique, et recevoir un retour sur leur contribution. Ils permettent également d'explorer la faisabilité technique et sociale de la proposition. Les prototypes peuvent être composés de différents matériaux tels que de l'argile, de la pâte à modeler, du bois, du papier ou même d'éléments digitaux (modèles CAO ou maillages 3D).

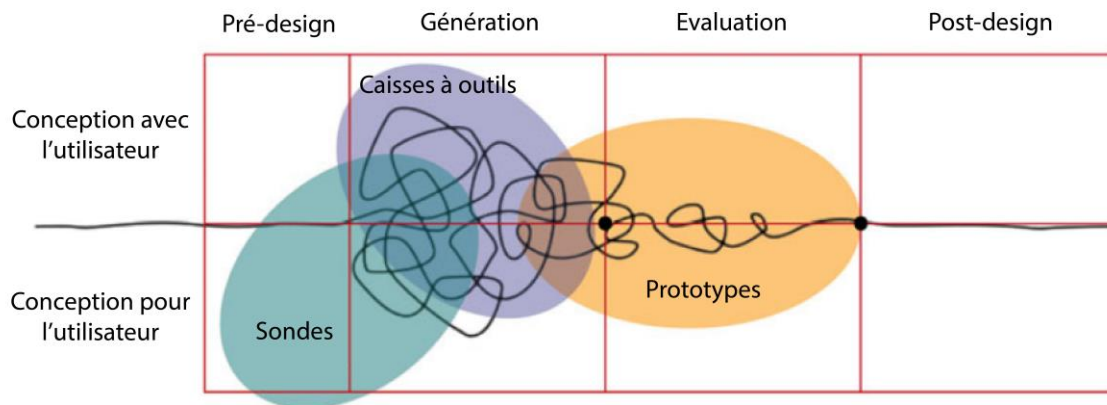


Figure 15 : Les approches créatives vis-à-vis des étapes du processus de conception. Le premier point illustre le moment où divers scénarios sont envisagés et le deuxième le produit fini. (E. B.-N. Sanders and Stappers 2014)

Comme illustré dans la Figure 15, ces approches sont mises en contexte vis à vis de 4 phases du processus de design d'un produit : le pré-design, la génération, l'évaluation et le post-design. Le premier point noir indique le point temporel où l'opportunité de conception a été trouvée. Le deuxième point noir indique l'étape où l'objet conçu est mis à profit. Sanders et al. expliquent à travers la courbe noire que le début du processus est souvent flou et comporte de nombreuses activités ayant pour objectif d'informer et d'inspirer l'exploration de questions ouvertes telles que « Comment améliorer le processus de participation citoyenne dans le design urbain ? ».

On parle d'une étape de pré-design floue à cause de l'ambiguïté et de la nature chaotique qui la caractérise. Effectivement à ce stade on ne sait pas encore si l'on va réaliser un service, un produit, une interface ou encore un bâtiment. L'objectif de ces explorations est de déterminer ce qui sera conçu, et parfois ce qui ne le sera pas. Cette étape est suivie du processus de design classique dans lequel les idées associées aux futurs produits (ou interface, service, etc...) sont développées d'abord en concepts, puis en prototypes qui sont affinés au fil du temps sur la base des retours des utilisateurs cibles.

On distingue également sur ce schéma le cas de la conception pour l'utilisateur et le cas de la conception avec l'utilisateur.

La phase de pré-design se concentre sur le contexte global de l'expérience voulue à travers l'artefact, alors que la phase de post-design recherche comment les utilisateurs l'appréhendent. La phase générative consiste à produire des idées et des concepts et à identifier des scénarios futurs, alors que l'évaluation permet de jauger les effets ou l'efficacité du produit à travers une identification des problèmes d'utilité ou d'utilisabilité. Il est également important de noter la position des approches vis-à-vis du processus. Les sondes sont utilisées dans les phases de pré-

design et de génération, dans le cas d'une conception pour l'utilisateur. Les caisses à outils, provenant de la vision participative, utilisent l'approche du design avec l'utilisateur dans la phase générative. Enfin, les prototypes peuvent être conçus soit avec, soit pour l'utilisateur dans la phase d'évaluation.

Les approches proposées par le CCP nous semblent être particulièrement pertinentes dans le domaine du co-design urbain car elles apportent des outils et méthodes concrets pour stimuler la créativité. Nos travaux de recherche s'intéressent particulièrement aux outils permettant de construire et créer, plus communément appelés outils génératifs (traduction de *make tools*). Ils s'appliquent à la phase générative du processus de design d'un produit et permettent la création d'un prototype. Ils s'appliquent particulièrement aux phases d'idéation et d'implémentation du co-design urbain.

3.3.3 Les Outils Génératifs, ou « Make Tools », pour le Co-design Urbain

E. Sanders propose un cadre conceptuel en trois dimensions pour la classification des mécanismes du co-design (E. B.-N. Sanders, Brandt, and Binder 2010), les dimensions étant l'action réalisée (construire, raconter ou jouer), l'objectif et le contexte. L'objectif décrit pourquoi l'outil est utilisé, à partir de quatre cas différents qui peuvent s'associer avec toutes les formes d'action :

- Pour sonder les participants en les plaçant en tant qu'observateurs de leurs vies de tous les jours et de leurs expériences.
- Pour préparer (ou éduquer) les participants en les plongeant en immersion dans le sujet d'étude
- Pour obtenir une meilleure compréhension de leurs expériences
- Pour générer de nouvelles idées de conception en créant et envisageant des scénarios futurs

Le contexte expose où et comment l'outil est utilisé : en groupe ou individuellement, en face à face ou à distance (par internet), le lieu et les relations entre les différentes parties prenantes.

Le Tableau 11 ci-dessous présente une classification d'outils et techniques propres au co-design en fonction de l'action et de l'objectif.

Mécanisme	Objectif			
	Sonder	Préparer/Éduquer	Améliorer la compréhension	Générer des idées
Construire/Créer				
Collages 2D	X	X	X	X
Cartographie 2D	X	X	X	
Maquettes 3D	X	X	X	
Discuter/raconter				
Histoires	X	X	X	X
Journal de bord	X		X	X
Cartes	X	X	X	
Mise en scène, jeu, théâtre				
Jeux de société	X	X	X	
Projection vers le futur et mise en scène de manière participative	X	X	X	
Improvisation	X	X	X	

Tableau 11 : Quelques outils et techniques en fonction de la forme et de l'objectif, inspiré de (E. B.-N. Sanders, Brandt, and Binder 2010)

Une des caractéristiques du co-design est l'utilisation d'objets frontière (d'objets physiques) en tant que moyen d'exprimer ses pensées. Les objets frontière, qu'ils soient matériels ou conceptuels, sont des espaces permettant la communication entre mondes très différents, afin de servir un objectif commun. L'utilisation du terme surgit à la fin des années 90 suite à un article de Susan L. Star et James R. Griesemer (Star and Griesemer 1989) et désigne tout objet (abstrait ou concret) dont la structure est suffisamment connue par différents groupes de personnes pour qu'elle assure un minimum d'identité au niveau de l'intersection tout en étant suffisamment souple pour s'adapter aux besoins et contraintes spécifiques de chacun de ces groupes. Ce concept fournit une structure théorique pour comprendre comment les représentations (cartes, équations, mots, graphiques, images, etc.) peuvent servir de médiateurs entre des points de vue différents. Ils permettent à différents acteurs, de milieux socio-professionnels différents, de construire un langage commun en vue de collaborer sur une tâche. Lors des ateliers que nous avons observés, les outils utilisés tels que la carte en 2D représentant le lieu du futur parc, ainsi le panel d'images, sont identifiés comme objets frontière. La philosophie des objets frontière part du principe que toute personne est créative et se repose sur l'utilisation d'outils génératifs permettant de faire émaner les idées, rêves et envie des personnes impactées par le processus de conception. Nous nous référons donc ici à l'action de construction du CPP.

Les outils génératifs donnent aux participants les moyens de créer des artefacts, des produits, qui imagent les pensées et émotions. Ils améliorent le pouvoir d'expression des participants et leur permettent de représenter en détail ce qu'ils pensent en profondeur. Les utilisateurs sont également à expliquer individuellement, ou en groupe, l'histoire de leur artefact. De manière générale, ils donnent aux professionnels la possibilité de saisir de manière plus profonde les

expériences des participants. Ces derniers utilisent des stimuli (images, mots, objets) volontairement ambigus, afin que les participants aient la liberté de leur associer leur propre signification. A travers le récit que les participants associent à leur artéfact, ils peuvent exprimer leurs besoins tacites et latents. A ce titre, les activités telles que le collage sont parfaitement adaptées pour déclencher les souvenirs des participants et atteindre les expériences émotionnelles (Stappers and Sanders 2003).

Cette section nous permet finalement d'éclaircir le contexte dans lequel s'installe ces travaux de recherche. Nous nous intéressons à une **méthodologie** participative collaborative employant des **techniques** d'interactions en groupe pour la conception du design d'un espace public. Nous nous concentrons pour ce faire sur des **méthodes** de co-design tels que les ateliers de conception (*workshops*), organisées dans un **processus** défini dans le temps. Lors de ces ateliers créatifs, un ensemble **d'activités** de création collective sont effectuées telles que du maquettage, et ce à l'aide **d'outils**, pour notre cas des outils génératifs.

La prochaine section nous permet de mettre en exergue un manque dans la littérature vis-à-vis des outils génératifs numériques. Nous avons comme hypothèse que l'emploi d'un environnement virtuel interactif et immersif comportant des outils génératifs facilitera la créativité des participants et cherchons à identifier les avancées actuelles dans ce domaine.

3.4 Faciliter la Participation Citoyenne dans le Design Urbain par le Numérique

La littérature actuelle fait part d'un nombre considérable de proposition d'outils numériques pour la participation citoyenne. Ces derniers prennent des formes différentes allant du site web, à l'environnement virtuel immersif. Bien entendu, la nature de ces outils (apparence, fonctionnalités, complexité, technologies matérielles et logicielles utilisées) est influencée par les méthodologies, techniques, méthodes ou activités de participation auxquels ils s'appliquent.

3.4.1 Design Urbain et Numérique

L'apparition première d'outils numériques pour le design urbain a pour but de faciliter le travail des professionnels. Il s'agit de visualiser et modifier des plans en 2D, avec des données contextuelles associées (nom de rues, données provenant de cadastres, données énergétiques, données de pollution, données sonores, etc...). Ces environnements informatisés sont appelés les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et apparaissent à la fin des années 1970 avec la publication de Roger Tomlinson (Roger F. 1969). Par définition, un SIG est un système d'information conçu pour stocker, gérer, analyser et présenter tout type de données spatiales et géographiques (une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre). Les SIG sont utilisés de pair avec la Conception Assistée par Ordinateur, ou CAO (traduction de *Computer-Aided Design* ou CAD) également en plein essor à cette période-là et permettant de représenter des modèles en 3D à l'aide d'un ordinateur. On parle également de simulation urbaine (F. S. Al-Douri 2006).

Une branche des SIG est ensuite apparue à la fin des années 1990 (Klosterman 1997), introduisant les Systèmes de Support à la Planification ou SSP (traduction de l'anglais *Planning Support Systems, PSS*). Ils ont pour objectif d'ajouter d'une part composantes spécifiques au domaine du planning urbain, et d'autre part les caractéristiques des Systèmes d'Aide à la Décision sur l'Espace, ou SADE (traduction de l'anglais *Spatial Decision Support Systems, SDSS*). Les SSP intègrent trois composantes importantes : l'information, la modélisation et la visualisation. Selon (Russo et al. 2018), les SSP sont des « logiciels utilisant des modèles mathématiques simples ou complexes pour analyser et prévoir le développement urbain ou régional d'un territoire ». A travers une interface simple d'utilisation, ils aident les professionnels à utiliser et analyser de grandes quantités de données spatiales et non-spatiales, et ainsi à supporter la prise de décision. La distinction avec les SADE se trouve sur la temporalité des sujets traités par le SSP. Les SSP traitent de politiques d'évaluation et de décision sur le long terme, contrairement aux SADE qui sont généralement pour le court terme (Li and Jiao 2013). Les différents PSS ont été classifiés en deux catégories :

- Les systèmes dédiés aux professionnels des tâches d'analyse, de design et de prévision
- Les systèmes pour améliorer l'expression et la communication dans le planning urbain

Aujourd'hui encore des efforts sont fournis pour améliorer les SSP comme le montre la récente étude de (Russo et al. 2018) faisant état des dernières avancées sur le sujet. Cela se traduit par une grande quantité de logiciels à la fois commerciaux et open source pour ce domaine, qui ne font pas encore l'unanimité auprès des professionnels. Plus particulièrement, P. Russo fait état du fait que les outils conçus ne correspondent pas aux attentes des utilisateurs, et que des efforts sont à fournir au niveau de leur utilisabilité.

Parallèlement certains chercheurs ont commencé à s'intéresser à l'utilisation de ces technologies pour faciliter l'expression des citoyens dans les projets de design urbain, comme le montre la Figure 16 initialement réalisée par (Köninger et al. 1998) qui commencent à se poser la question des interactions entre les SIG, les professionnels et les citoyens.

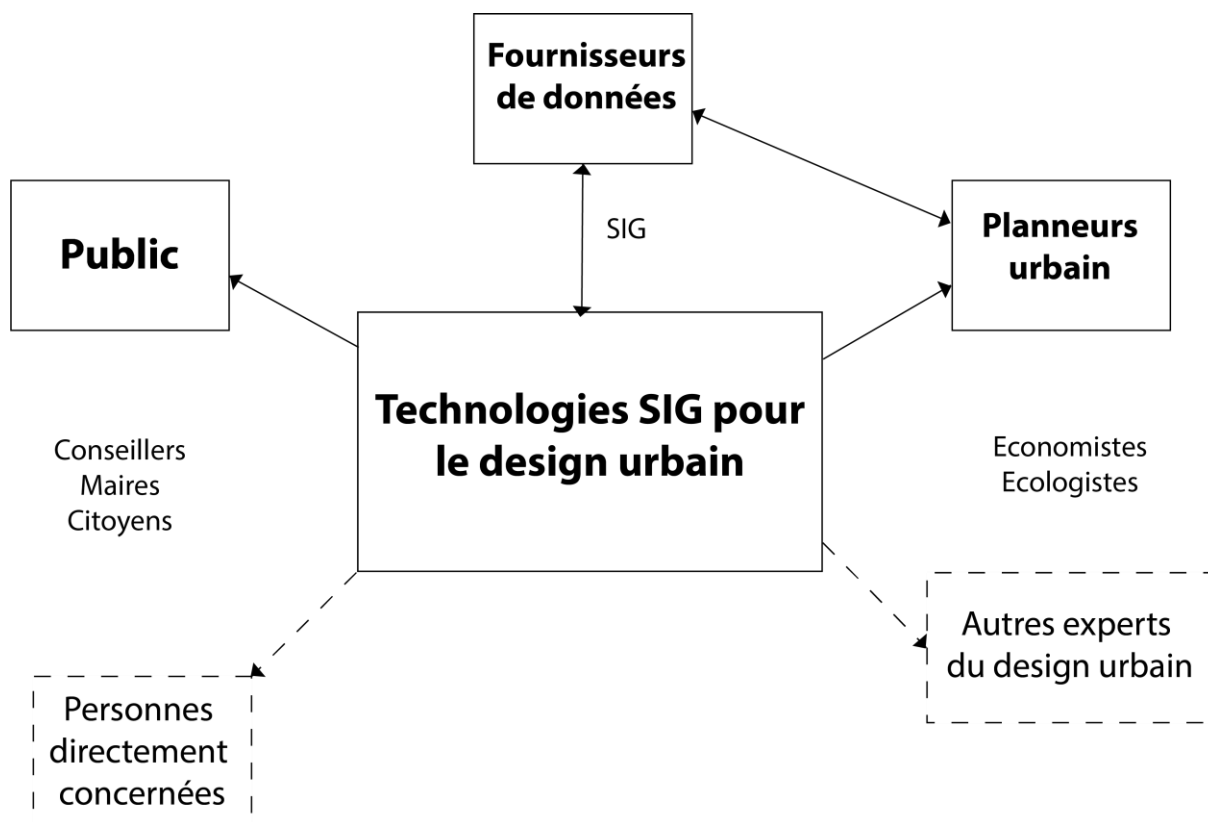


Figure 16 : Les SIG et ses utilisateurs, schéma initial de (Köninger et al. 1998)

3.4.2 Participation Citoyenne Numérique

Les racines des premiers travaux de recherche sur le sujet apparaissent aux États-Unis avec les publications de K. Al-Kodmany (K Al-Kodmany 1999), qui se posa la question de l'impact de la visualisation par ordinateur sur le processus de PC. Il proposa une combinaison de 3 techniques de visualisation lors d'ateliers organisés pour un projet dans un quartier de Chicago. Premièrement, une base de données d'images provenant de SIG est présentée à l'aide du SSP ArcInfo. Il permettait l'affichage de données contextuelles telles que des cartes, des données démographiques, de transport, des données économiques. Ensuite, un artiste s'étant entraîné à dessiner des propositions de design urbain a réalisé plusieurs croquis imageant les besoins des participants. Les dessins étaient réalisés sur des palettes graphiques et pouvaient donc être sauvegardés dans un fichier informatique. Enfin, ils ont mis en place un moyen de superposer des images entre elles en se basant sur un fond urbain (une rue, une place, etc...) afin d'imaginer plusieurs possibilités de design. Déjà à cette époque les résultats se sont révélés très positifs. Néanmoins, le problème de lenteur des ordinateurs, les bugs et les procédés fastidieux pour préparer les données manipulées lors des ateliers présageaient un effort considérable à fournir pour que l'expérience soit vraiment bénéfique. Le panel des propositions d'outils numériques pour faciliter la PC est aujourd'hui vaste et cela se traduit par de nombreux de projets de recherche, open-source et commerciaux (voir Annexe I page 170).

Les technologies pour la participation citoyenne sont rassemblées sous plusieurs acronymes comme l'illustre le Tableau 12.

Terme français traduit (acronyme)	Terme(s) anglais (acronyme)	Références
Participation Citoyenne via TIC (Technologies de l'Information et de la Communication)	ICT-mediated citizen participation	(Saad-Sulonen and Horelli 2010)
Science Citoyenne	Citizen Science	(Mueller et al. 2018)
SIG Collaboratif (SIGC)	Collaborative GIS (CGIS)	(Sun and Li 2016)
SIG Collaboratif en Temps-réel (SIGCT)	Real-time Collaborative GIS (RCGIS)	
SIG pour la Participation Citoyenne (SIGPC)	Public Participation GIS (PPGIS)	(Obermeyer 1998)
SIG Participatif (SIGP)	Participatory GIS (PGIS)	(Abbot et al. 1998)
	Volunteered Geographic Information (VGI)	(Goodchild 2007)
SIGWeb	WebGIS	(Peng and Tsou 2003)
Système d'Aide à la Décision en Groupe (SADG)	Group Decision Support Systems ou Groupware (GDSS)	(Laurini 2001)

Tableau 12 : Aperçu des termes employés pour désigner les technologies pour la PC

Plusieurs chercheurs ont proposé une classification des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dédiés à la PC, certaines se basant sur les technologies utilisées, et d'autre sur leur objectif vis-à-vis du processus de PC et du mécanisme employé (Billger, Thuvander, and Wästberg 2017; Van Leeuwen et al. 2018; Pettit et al. 2011; Russo et al. 2018; Carlier 2017; Hanzl 2007; Markopoulou et al. 2018; Julin et al. 2018; Siret, Servières, and Lescop 2014; Sun and Li 2016; F. Al-Douri 2017; Hayek 2011; Voinov et al. 2016; Kheir Al-Kodmany 2002; Trubka et al. 2016; Jutraž and Moine 2016; Skelton 2013; De Lange and De Wall 2013; Jutraz and Zupancic 2015; Senbel and Church 2011; Saad-Sulonen and Horelli 2010; Fernquist 2010).

Par exemple, (Fernquist 2010) propose une répartition entre technologies unipersonnelles et collaboratives. (Laurini 2001) classe les TIC pour la PC en deux grandes familles, (1) les outils aidant à l'exploration et à la communication et (2) les outils aidant à l'analyse et à la prise de décision (voir Tableau 13). Il répartit ensuite les différentes fonctionnalités qu'une TIC pour la PC est capable d'assumer, à savoir : (1) la communication en groupe, (2) la gestion d'informations, (3) l'affichage graphique, (4) l'analyse de l'espace, (5) la modélisation de processus, (6) la visualisation spatiale avancée, (7) la modélisation décisionnelle et (8) le processus structuré en groupe.

Outils d'aide à l'exploration et à la communication	Outils aidant à l'analyse et à la prise de décision
<p>Communication en groupe : génération et récupération d'idées à travers des données anonymes, échange, synthèse et identification d'idées communes.</p> <p>Outils : Vote électronique, tableaux électroniques, visioconférences, écrans d'affichage public, groupes de réflexion</p>	<p>Modélisation de processus : Simulation de processus physiques et humains dans l'espace.</p> <p>Outils : Modèles SIG, modèles spécialisés liées aux SIG, outils de visualisation, agents intelligent, systèmes experts, bases de connaissances</p>
<p>Gestion d'informations : stockage, exploration et organisation de données.</p> <p>Outils : Systèmes de gestion de bases de données</p>	<p>Visualisation spatiale avancée : réalité virtuelle</p> <p>Outils : mapping, cartographie animée, cartes augmentées</p>
<p>Affichages graphiques : visualisation de données spatiales et contextuelles.</p> <p>Outils : Affichage de cartes sur ordinateurs individuels ou partagés, tables tactiles, graphiques, images, diagrammes</p>	<p>Modélisation décisionnelle : Règles de décision intégrant des évaluations individuelles ou en groupe avec diverses données de performance.</p> <p>Outils : Techniques de décision multicritères</p>
<p>Analyse de l'espace : Fonctions analytiques de bases.</p> <p>Outils : Analyse de données, minage de données</p>	<p>Processus structuré en groupe : Intégration en groupe structurée/facilitée, brainstorming</p> <p>Outils : Brainstorming électronique, Delphi électronique</p>

Tableau 13 : Les différentes fonctionnalités assumées par les SIGPC, traduction de (Laurini 2001)

L'ensemble de ces outils peuvent être rassemblés sous le nom d'outils de visualisation pour le design urbain (Billger, Thuvander, and Wästberg 2017). Au sens large ce terme désigne les outils et approches numériques telles que la visualisation 2D/3D et autres formes de visualisation de données géographiques à travers des environnements utilisant la réalité virtuelle (RV) et augmentée (RA). Un environnement virtuel est un environnement spatial en 3D généré par ordinateur. Il faut ainsi différencier le terme RV qui est une technologie, contrairement au terme *environnement virtuel* qui est un environnement numérique.

Dans leur revue et critique des outils de visualisation actuels, Billger et al. identifient 3 catégories différentes (Billger, Thuvander, and Wästberg 2017) : les outils basés sur des cartes en 2D, les environnements virtuels en 3D, et finalement les jeux-vidéo (tels que Minecraft, Simcity ou Cities Skyline). Le concept de monde virtuel (Jutraz and Zupancic 2015; Westerberg and Von Heland 2015; Jutraž and Moine 2016; Jutraz and Zupancic 2012; Koplin and Skelton 2012; Maher et al. 2006; Alatalo et al. 2016; Roupé 2013; Lin et al. 2015) et d'Environnement Virtuel Géographique, ou EVG (traduction de l'anglais *Virtual Geographic Environment*, ou VGE) se rapprochent de ces derniers et désignent des espaces numériques en 3D sur ordinateurs que l'on peut explorer, avec lesquels on peut interagir et vivre une expérience (Lin et al. 2015).

Plusieurs projets de recherche se concentrent sur l'utilisation d'interfaces tactiles (Ligtenberg et al. 2011; Halatsch, Kunze, and Schmitt 2009; Maquil 2016; Mahyar et al. 2016; van der Laan et al. 2013) et tangibles (Fatah et al. 2005; Seichter 2007; Ben-Joseph et al. 2001; Huang, Do, and Gross 2003; Maquil 2016; Maquil et al. 2018; Ishii et al. 2002; Alrashed et al. 2015).

Force est de constater qu'une liste complète des outils numériques est difficile à établir. Nous proposons néanmoins une classification générale des outils numériques pour la PC à travers un prisme de lecture composé de multiples critères influençant la nature de l'outil :

- Les critères reliés à la participation citoyenne :
 - o Quel degré de PC est appliqué ?
 - o Quel est le processus de PC en place ?
 - o Quel est la méthode employée ?
 - o Quel est le rôle accordé aux utilisateurs vis-à-vis de l'outil ?
 - o À quelle étape du DU l'outil est-il utilisé ?

- Les critères technologiques :
 - o Quelle technologie matérielle/physique ?
 - o Quelle technologie logicielle ?
 - o Quelles données sont manipulées ?
 - o Quelles fonctionnalités sont disponibles ?

3.4.3 Les Outils Génératifs Numériques

Grace aux progrès perpétuels de l'ordinateur et des technologies interactives, il y a une émergence de nouvelles possibilités pour placer l'utilisateur en tant que concepteur de sa propre expérience, notamment à travers les surfaces interactives, la réalité augmentée ou virtuelle. Dans cette section nous identifions quelques travaux de recherche s'étant intéressés à la conception d'outil génératifs numériques, dédiés à un processus de co-design urbain, et utilisant ces technologies interactives.

(Arnold 2008) a commencé à se poser la question de la transposition du concept d'outil génératif (collage 2D ou maquette 3D) dans un environnement virtuel en 3D pour faciliter le processus de co-design. Partant du constat que ces méthodes ont été largement reconnues efficaces, il fit l'hypothèse de rendre accessible la méthodologie du co-design à un plus grand nombre et à moindre coût à travers la technologie. De plus, il fit l'hypothèse de faciliter la génération d'idées d'une manière différente des méthodologies traditionnelles.

(Stuerzlinger et al. 2006) ont réalisé la conception de CoDeViS (Co-Design in Virtual Space), qui est un système séparé en deux parties : un logiciel de design appelé SESAME et une installation collaborative nommée MULTI (voir Figure 17). SESAME permet la création d'éléments 3D de manière simple à travers une interface graphique comportant une vue 3D et un menu. Il possède un ensemble de fonctionnalités à travers un clavier et une souris permettant la sélection, le déplacement, la rotation ou le clonage d'objets 3D. L'utilisateur peut également extruder ou mettre à l'échelle certains éléments, ou encore dessiner des éléments en deux dimensions dans la scène 3D. L'environnement MULTI est composé d'une table interactive et de trois écrans muraux. Il permet une utilisation collaborative de SESAME pour des groupes allant jusqu'à 7 personnes, en séparant l'environnement de design en plusieurs fenêtres. Les écrans muraux permettent l'affichage de vues alternatives du design en train d'être réalisées. À la suite d'un processus d'évaluation, il s'est avéré que la collaboration a été convenablement soutenue, et que l'environnement a rendu la tâche créative divertissante et amusante, ce qui va dans le sens d'un soutien à la créativité.

A travers deux études de cas impliquant des étudiants dans la conception d'une automobile, il démontra un gain de temps et d'argent par l'utilisation de leur environnement virtuel, CoDeViS. Il releva également l'accessibilité de cet outil par rapport à d'autres licences commerciales.

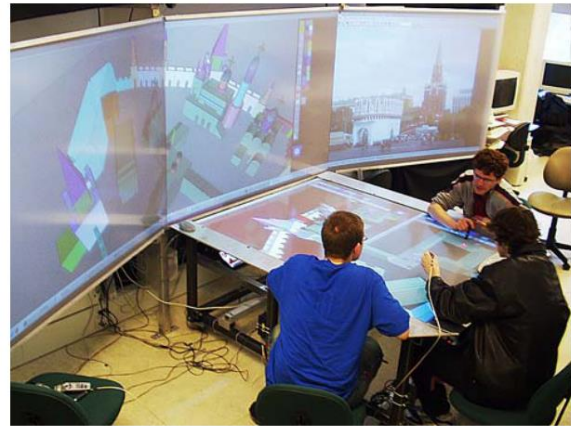


Figure 17 : A gauche, aperçu de SESAME. A droite, aperçu de MULTI. (Stuerzlinger et al. 2006)

Avec l'implémentation d'un outil numérique appelé l'*Interactor*, (Lauwaert 2009) réalisa une étude de cas dans le cadre d'un projet de participation citoyenne avec des habitants adultes et enfants, visant à concevoir un nouveau parc urbain à Slotervaart en Hollande. L'outil prend la forme d'un environnement similaire à celui d'un jeu vidéo permettant d'assister les participants à travers plusieurs étapes du processus de conception du parc : l'exploration, la schématisation, la discussion et la conception. Les utilisateurs pouvaient donc explorer de manière digitale le lieu futur sur un ordinateur personnel, puis prendre des instantanés des lieux sur lesquels ils voulaient travailler. Pendant la phase de schématisation, ils utilisaient ces instantanés comme canevas de travail et ajouter de nouveaux éléments à partir d'une base de données d'images conséquente. Ils pouvaient également ajouter leurs propres éléments dans la base de données. Dans la troisième phase du jeu ils devaient débattre sur les réalisations de chacun, puis voter et choisir la meilleure. Enfin dans la dernière étape, un mode multijoueur permettait aux participants de concevoir la proposition retenue et finalement atteindre le résultat illustré dans la Figure 18. Le projet a rencontré un franc succès pour plusieurs raisons. Il a permis l'implication de parties prenantes étrangères et l'acceptation quasi-totale d'un design final, personnes âgées mises à part.

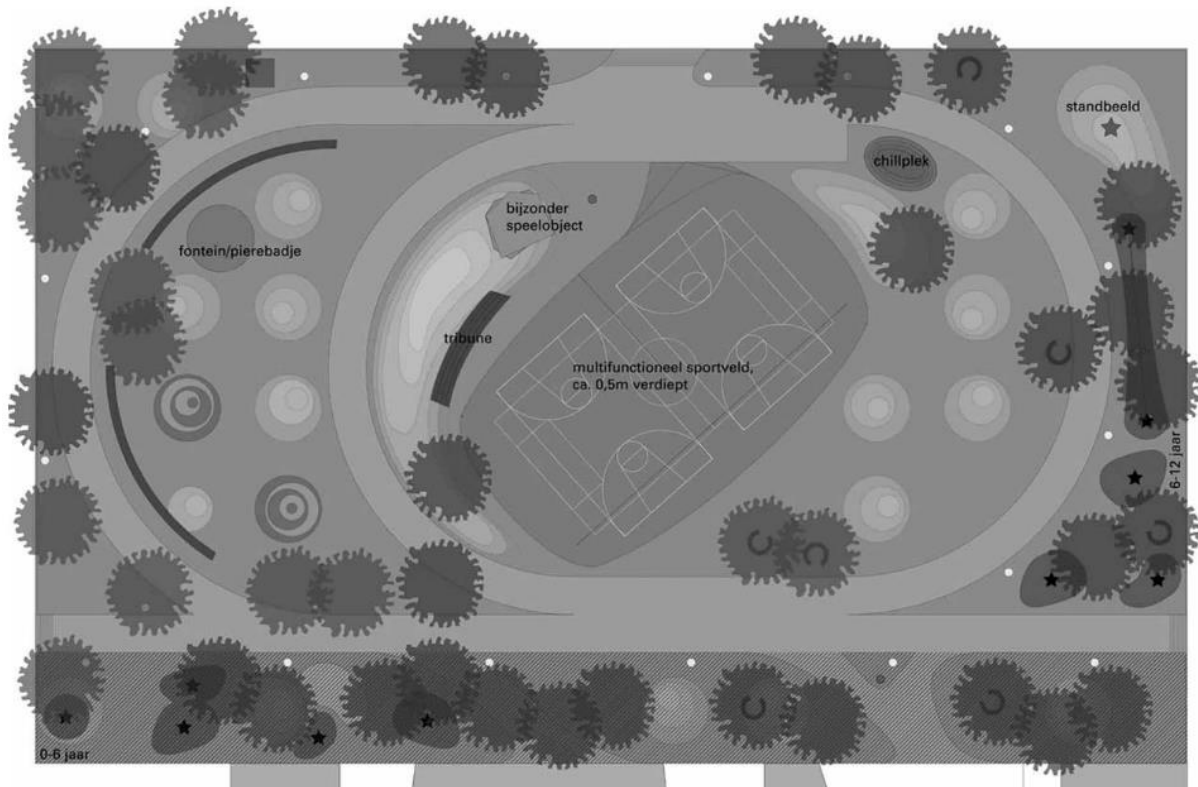


Figure 18 : Le résultat obtenu après la phase de conception d'un parc urbain à partir de l'Interactor, (Lauwaert 2009)

(Van Leeuwen et al. 2018) se sont posés la question de l'impact de la réalité virtuelle dans un processus de design urbain pour la rénovation d'un parc public. Le processus s'appuyait sur des activités de co-design en 4 étapes : une consultation publique, un atelier créatif, un scrutin de codécision et enfin la définition du design final. Lors des étapes 2 et 3, des outils numériques ont été utilisés. Premièrement, lors de l'étape 2, dans le but de générer 3 propositions de design différentes, avec l'aide d'un environnement de modélisation 3D commercial nommé Sketchup . Ce dernier était manipulé par un expert et servait simplement de support de discussion aux participants. Ensuite, lors de l'étape du scrutin, il était proposé aux participants de visualiser les 3 propositions à l'aide de deux techniques de visualisation : une image à 360° (par ordinateur, téléphone, tablette ou casque de VR) et un plan papier en 2D. A l'aide de questionnaires post-participation, ils ont conclu que l'utilisation de la réalité virtuelle a amélioré l'engagement des participants en comparaison aux personnes qui ont seulement visualisé les propositions en 2D. La même chose a été remarquée pour l'étape de génération des propositions avec l'environnement virtuel. Néanmoins, ils ont relevé que l'utilisation de la VR n'a pas rendu les participants plus sûrs de leurs votes, en comparaison avec les autres techniques de visualisation.

Dans ces travaux la démarche de co-design est remarquable. Néanmoins, le pouvoir d'action donné aux citoyens à travers l'outil numérique reste limité. En effet seules des techniques de visualisation sont proposées, et non des moyens interactifs de création. Le participant reste spectateur du processus de création. De plus le processus se limite à l'utilisation de technologies existantes, et non à la définition d'un environnement spécifique pour la co-creation dans le DU.

(Mueller et al. 2018) ont travaillé sur la définition d'un environnement numérique en se basant sur la présentation d'une démarche appelée *Citizen Design Science*. Leur objectif était de répondre à trois problèmes principaux de la participation citoyenne : le coût de la mise en place (temps et argent), le manque d'implication de certains profils de participants, l'identification des envies explicites et observables en défaveur de celles tacites et latents. Pour répondre à cette dernière ils proposent la définition d'un outil génératif sur la base des travaux de E. Sanders. Leur outil, Qua-Kit, prend la forme d'une interface web dans laquelle un utilisateur peut visualiser des objets 3D, les déplacer et les faire tourner dans un environnement représentant une carte (voir Figure 19). Les participants peuvent également ajouter et positionner des éléments 3D (arbres, bancs, ...) et définir des zones fonctionnelles (résidence, centre commercial, parc, etc.). Il a pour vocation d'être utilisé dans des démarche participatives collaborative à distance, dans le but d'agrandir l'échantillon de population. Les auteurs relèvent que peu de travaux se sont concentrés sur le support à la créativité des participants à travers un outil numérique et proposent d'outrepasser le problème avec des fonctionnalités de positionnement d'objets 3D. Ils reconnaissent néanmoins la limitation des moyens d'expression créative du fait que les objets ne peuvent pas être directement édités.

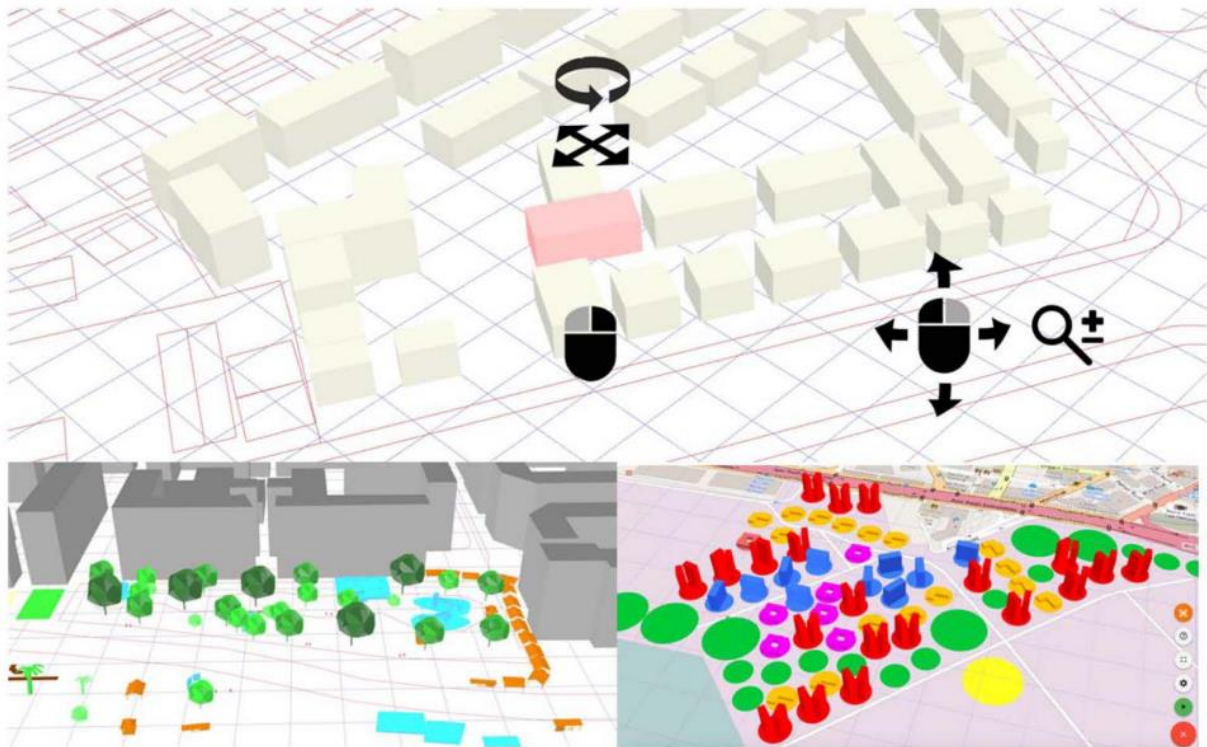


Figure 19 : Captures d'écran du qua-kit, (Mueller et al. 2018)

3.5 Positionnement du Travail de Thèse

A travers l'état de l'art présenté, nous avons identifié que peu de travaux de recherche se concentrent sur un processus de co-design urbain avec des outils numériques, et encore moins avec des « make-tools », ou outils génératifs. La majorité des travaux se concentrent sur la visualisation, la présentation ou la communication d'information. Il y a donc un besoin d'offrir aux utilisateurs un moyen d'exprimer plus librement leur créativité avec une activité de maquettage soutenu par le numérique. De plus de nombreux travaux sont dédiés à un public averti et non à des personnes non initiées à la fois aux technologies et au design urbain en général.

Nous constatons également une césure sur deux aspects : le design, le développement et l'évaluation d'un outil numérique, face au processus de PC. En effet, certains travaux sont trop centrés sur les défis technologiques, et d'autres sur l'amélioration du processus de PC. Nous cherchons à établir un équilibre entre ces deux domaines.

Ayant présenté un aperçu global des différentes méthodes de PC dans le DU, du cas particulier du co-design, et enfin des outils numériques supportant la PC dans le DU avec une attention particulière aux outils génératifs, nous pouvons maintenant positionner le travail de thèse. Dans l'objectif de répondre aux mieux aux enjeux identifiés, nous proposons de positionner nos travaux sur l'utilisation d'outils numériques pour la PC dans le DU en écho aux questions soulevées à la fin de la section 3.4.2 :

Les critères reliés à la participation citoyenne :

Quel degré de PC est appliqué ?

Selon le modèle de (Rowe and Frewer 2005), nous nous plaçons dans la classe participative de type 1 qui possède les caractéristiques suivantes :

- Sélection des participants contrôlée
- Facilitation du transfert de l'information
- Mode de réponse des citoyens ouvert
- Communication flexible de la part des décisionnaires
- Transfert de l'information en face à face
- Agrégation des données non structurée

Selon le modèle de (Luyet et al. 2012) et l'échelle de (Arnstein 1969), nous nous classons dans un niveau de collaboration, ou co-décision. Nous considérons également le cas de la consultation réalisée en amont de la conception professionnelle, qui permet d'intégrer les avis et besoins des citoyens.

Quel est le processus de PC en place ?

Le co-design urbain est le processus que nous souhaitons adopter et qui sert de base à nos travaux.

Quel est la méthode employée ?

Nous prenons le parti de définir un outil dédié aux ateliers créatifs en face à face, ou encore aux charrettes.

Quel est le rôle accordé aux utilisateurs vis-à-vis de l'outil ?

Du fait du degré de participation choisi, l'outil défini doit permettre à l'utilisateur d'avoir un rôle particulièrement actif, à savoir : pouvoir créer soi-même une proposition de design et/ou exprimer son avis sur des propositions citoyennes ou professionnelles. Il ne doit pas être un simple spectateur et cela doit se traduire par les fonctionnalités proposées.

À quelle étape du DU l'outil est-il utilisé ?

Nous souhaitons impliquer les citoyens au plus tôt dans le processus de design urbain et donc donner des possibilités d'expression et de visualisation dès l'initiation du projet, en passant par les étapes de conception et développement de propositions de design, jusqu'à l'évaluation de propositions en vue d'un choix final.

Les critères technologiques :

L'ensemble des choix technologiques seront plus amplement justifiés lors du récit de la définition des spécifications, puis du design et développement de l'outil dans le Chapitre 4.

Quelle technologie matérielle/physique ?

Nous utiliserons une interface tactile et les casques de RV. Nous justifierons également ces choix dans le Chapitre 4.

Quelle technologie logicielle ?

Dans le but d'offrir un environnement virtuel fluide en 3D nous utiliserons un moteur graphique de jeux-vidéo.

Quelles données sont manipulées ?

Nous manipulerons des données SIG provenant des bases de données open-source ainsi que des modèles 3D.

Quelles fonctionnalités sont disponibles ?

Pour répondre aux exigences de participation liées à la méthode du co-design, l'utilisateur devra être capable de manipuler librement des éléments 3D, en laissant libre cours à sa créativité. Il devra également pouvoir évaluer des travaux précédemment réalisés.

3.6 Résumé

A l'issue de ce chapitre, et par rapport au cadre méthodologique choisi, nous avons déjà réalisé deux étapes de recherche (voir Figure 20) :

- L'identification du contexte de la problématique identifiée, qui permet de positionner le contexte externe et interne. Le contexte externe (contexte du système sociotechnique sur la Figure 20) est représenté par les projets de design urbain employant une méthodologie de participation citoyenne dite collaborative. Le contexte interne (contexte d'application direct sur la Figure 20) est le cas des ateliers collaboratifs appliquant une méthodologie de co-design et des outils génératifs numériques.
- La prise en compte de la base de connaissance existante dans le domaine de recherche concerné, qui assure la première moitié de la boucle de rigueur.

Nous avons d'autre part répondu à la question de recherche *RQ1.1* : *Quel est l'avancée actuelle de la littérature sur le domaine des EVII pour la PC dans le DU ?* qui contribue à répondre à la question *RQ1* : *Quelles sont les spécifications d'un EVII appliquant les concepts du co-design pour impliquer les citoyens dans le design urbain ?*

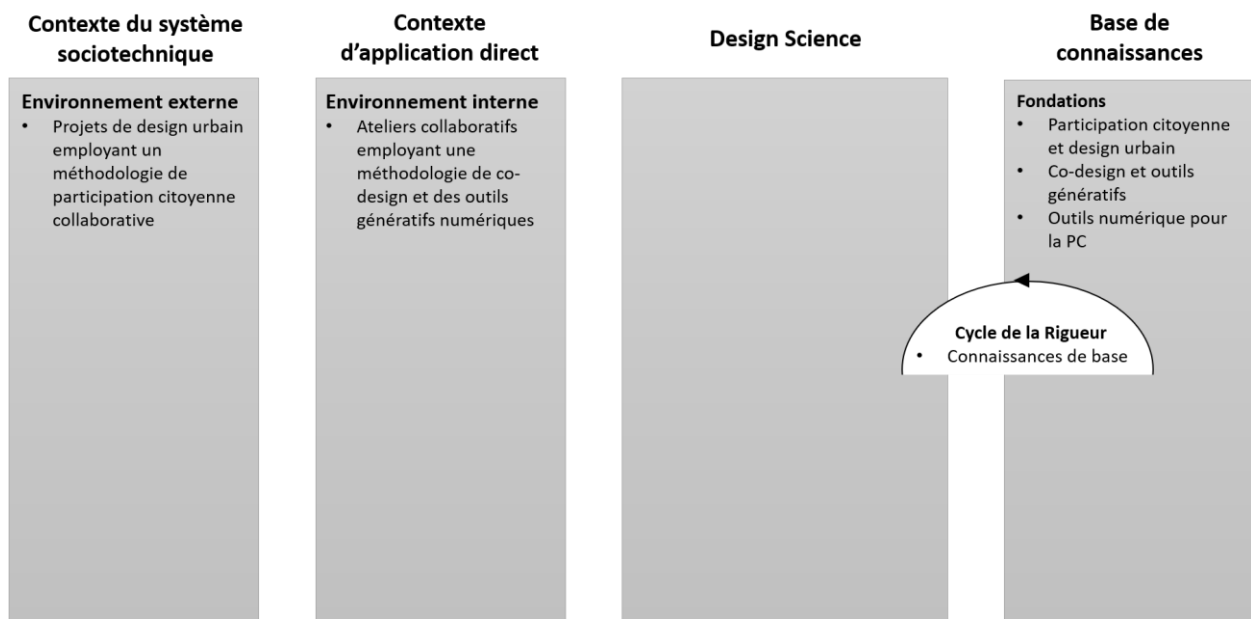


Figure 20 : Premières étapes de la méthodologie design science

Chapitre 4

Design et Développement du Prototype

Chapitre 4 Design et Développement du Prototype de l'EVII

Ce chapitre contient la description du processus de design et développement d'un artefact répondant aux problèmes identifiés dans les chapitres précédents.

Tout d'abord nous avons effectué la découverte du contexte social propre aux participations citoyennes à partir de l'observation participante d'un cas d'étude réel dans la ville de Marseille et également à partir d'interviews de professionnels de l'urbanisme habitués des concertations. Cette première partie nous permet en outre d'identifier un processus participatif ainsi qu'un processus créatif en son sein, et également d'en déterminer les limites et améliorations possibles. À la suite de cette première analyse nous présenterons l'observation d'un second cas d'étude, qui s'est déroulée cette fois-ci avec une idée plus claire d'un outil pouvant faciliter l'expression des participants. Nous nous sommes donc concentrés sur l'observation des interactions des participants avec les outils proposés lors de la concertation. Nous avons de nouveau identifié certaines limites concernant le processus créatif, les participants présents et les outils proposés. Ces deux observations nous permettent de définir les exigences d'un artefact pouvant améliorer l'expression créative des participants, et également de définir des persona, représentant les profils types de participants, qui nous ont aidés par la suite à imaginer les fonctionnalités d'un prototype.

Fort de ces observations, nous proposons ensuite deux axes d'amélioration : tout d'abord au sujet du processus créatif des ateliers, puis nous abordons le thème de l'amélioration des outils. Pour la première amélioration nous nous basons sur les travaux théoriques de (Buijs and Van der Meer 2013), puis sur la réalisation d'ateliers créatifs simulés, pour proposer un nouveau processus créatif. Ensuite, nous présenterons l'amélioration des outils en présentant la conception d'un artefact puis son implémentation sous forme de prototype. Cette dernière partie nous permet de répondre à la question de recherche *RQ1.2 : 1.2 Quelles métaphores d'interaction et quels outils génératifs peuvent être intégrés à l'EVII ?*

La conception est initiée par la définition de métaphores d'interactions, dont le concept sera expliqué. Puis nous présentons des histoires utilisateurs (traduction de l'anglais *user stories*), qui spécifient les exigences fonctionnelles de l'artefact. L'étape de conception se termine par la présentation d'un modèle conceptuel et de ses utilisateurs, articulé avec un processus itératif de construction/visualisation, puis intégré dans le processus créatif précédemment présenté.

La section suivante, concernant l'implémentation du prototype à partir du modèle conceptuel, présente les fonctionnalités du prototype et comment celles-ci répondent aux exigences et métaphores d'interaction imaginées précédemment. Les détails concernant les choix d'architecture technique et les choix vis-à-vis des technologies utilisées sont également présentés, tout comme les travaux concernant la réalisation des interfaces utilisateur.

Enfin, nous mettons en avant la contribution de ce chapitre vis-à-vis de notre méthodologie de recherche, qui présente une première moitié du cycle de l'impact et des changements, une première moitié du cycle de la pertinence, l'étape de conception de l'artefact et du processus et donc une première moitié du cycle de design.

4.1 Analyse du Contexte Social

4.1.1 Euroméditerranée et le Parc Bougainville

4.1.1.1 Présentation du Projet

Dans un but de découverte et de compréhension des processus participatifs existant sur le terrain, nous nous sommes associés au projet Euroméditerranée de la ville de Marseille. Euroméditerranée est un projet lancé en 1995 qui a pour objectif le développement économique de la ville à travers plusieurs projets de planning urbain. Il a été initié par le gouvernement français, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la ville de Marseille, et est financé par des fonds européens et français. S'étendant sur une zone de 480 hectares, il est le projet de dynamisation urbaine le plus conséquent d'Europe. Euroméditerranée est l'autorité responsable de la gestion budgétaire et organisationnelle des différents projets. Actuellement en train de terminer la troisième phase d'avancement global, Euroméditerranée a démarré en Mars 2016 un projet de construction d'un parc urbain, appelé le parc Bougainville, qui représente un espace de 4 hectares à une position centrale de la ville. Le terrain est entouré par des routes très fréquentées, une station de métro, des résidences, une copropriété, une école primaire ainsi qu'une cité sensible. Ce parc a pour vocation de devenir le « poumon vert », le terrain ayant pour le moment une allure de friche industrielle. En effet il est le commencement d'un plus large projet appelé le parc des Aygalades qui s'étendra sur une surface de 15 hectares.



Figure 21 : Le projet de construction du parc Bougainville

(source: <http://www.euromediterraneeacte2.fr/comptes-rendus-des-ateliers/>)

L'intention principale de l'équipe en charge du projet est d'établir un dialogue et une collaboration sérieuse entre les différentes parties prenantes du projet, et plus particulièrement d'impliquer les résidents et associations locales dans la définition du projet afin d'obtenir une forte adhésion. Cela aura pour conséquence de minimiser les risques de débats et manifestations, tout en réalisant un parc à l'image des besoins des riverains.

Euroméditerranée a directement mis en place une méthodologie de participation citoyenne orientée sur la conception collaborative par l'intermédiaire d'ateliers, trois ans avant le démarrage prévu des travaux de construction. Ces ateliers sont ouverts à toute personne intéressée par le projet, dans des lieux proches du futur parc (école, café, locaux associatifs, ...). Avant le premier atelier, certaines données primaires ont été rassemblées afin d'être

présentées aux citoyens : budget du projet, les infrastructures existantes, une étude de l'état des sols, les risques d'inondation, la pollution du lieu, des relevés topologiques et également une analyse du contexte social. En effet, le projet se déroule dans un quartier multiculturel, rassemblant des personnes avec des habitudes et un niveau de vie variables ce qui augmente les enjeux.

Deux objectifs majeurs ont été identifiés dans le cadre des ateliers de travail avec les citoyens :

- La définition collaborative d'infrastructures temporaires afin de fournir rapidement aux riverains quelques éléments critiques du futur parc.
- La réalisation d'un préprogramme du parc, décrivant les fonctionnalités et usages voulus par les résidents, qui servira de liste de recommandation lors du concours de sélection du cabinet d'urbanisme.

Ainsi, Euroméditerranée a présenté aux citoyens un planning en trois phases avant le début des travaux de construction qui est illustré dans la Figure 22 :

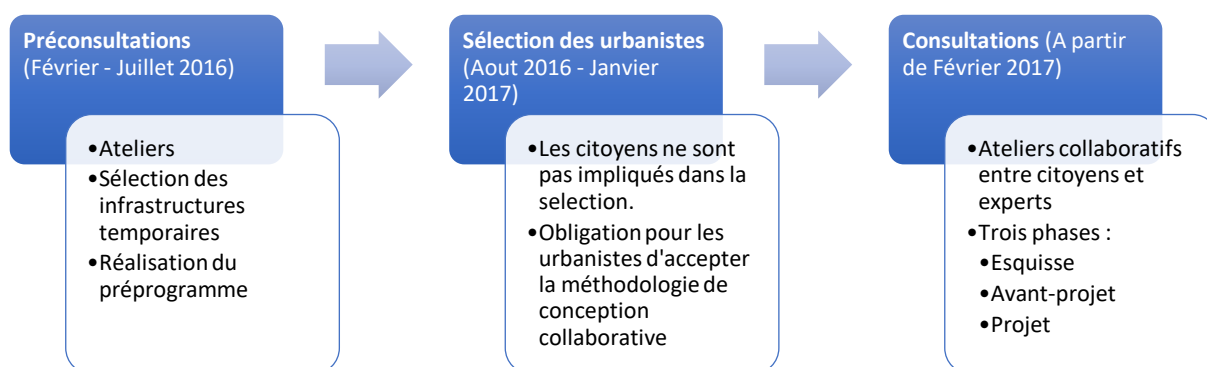


Figure 22 : Les étapes de la consultation pour le parc Bougainville

Premièrement, une période de préconsultations a impliqué les citoyens et les membres de l'équipe Euroméditerranée. Plusieurs ateliers ont été réalisés et ont permis de définir un cahier des charges destiné aux futurs maîtres d'œuvre du projet. Dans ce cahier des charges est présent le préprogramme qui a été co-construit lors des ateliers. Le préprogramme contient la définition des usages et fonctions attendues par les citoyens dans le futur lieu. Cette étape a également permis le choix d'infrastructures temporaires afin de modifier progressivement l'image du lieu et d'implanter des infrastructures sportives, une rénovation des cheminements piétons et des interventions culturelles.

La sélection des urbanistes a été soumise à un appel d'offre et un concours. La prise en compte de la part des participants du cahier des charges et du bilan des concertations a été un élément clé dans le choix final, qui a été réalisé par Euroméditerranée.

Enfin, depuis le mois de Février 2017, plusieurs ateliers ont été menés, avec la participation d'Euroméditerranée, du cabinet d'urbanistes et des citoyens, dans le but de définir plus précisément les usages et fonctionnalités du parc. Trois phases sont à différencier dans l'étape de consultation : l'esquisse, l'avant-projet et le projet. La différence entre ces trois phases est le niveau de granularité de la définition du parc. Plus le temps avance et plus la définition sera précise et les choix non modifiables.

4.1.1.2 Identifications des participants et création de persona

Lors de notre observation des ateliers nous avons pu identifier l'ensemble des participants, et donc les potentiels futurs utilisateurs de notre artefact. Comme l'illustre la Figure 23, nous avons rassemblés ces derniers en 4 parties-prenantes : les citoyens, les initiateurs du projet, les superviseurs du projet et les facilitateurs. Les initiateurs (publics ou privés) sont ceux ayant investi de l'argent pour la réalisation du projet et étant donc décisionnaire. Les superviseurs sont les organismes et entreprises gérant le travail de création de plans et solutions respectant les normes en règles. Les facilitateurs ont pour rôle d'animer les ateliers, de les organiser et d'en restituer les résultats aux initiateurs. Ils ont donc une responsabilité forte puisqu'ils doivent, par leurs actes et discours, gagner la confiance des citoyens et des décisionnaires. Enfin les citoyens sont les personnes impactées par le projet soumis à participation. Ces derniers peuvent être des résidents du quartiers, des activistes ou représentants d'associations, ou encore des étudiants ou personnes intéressées par le projet.

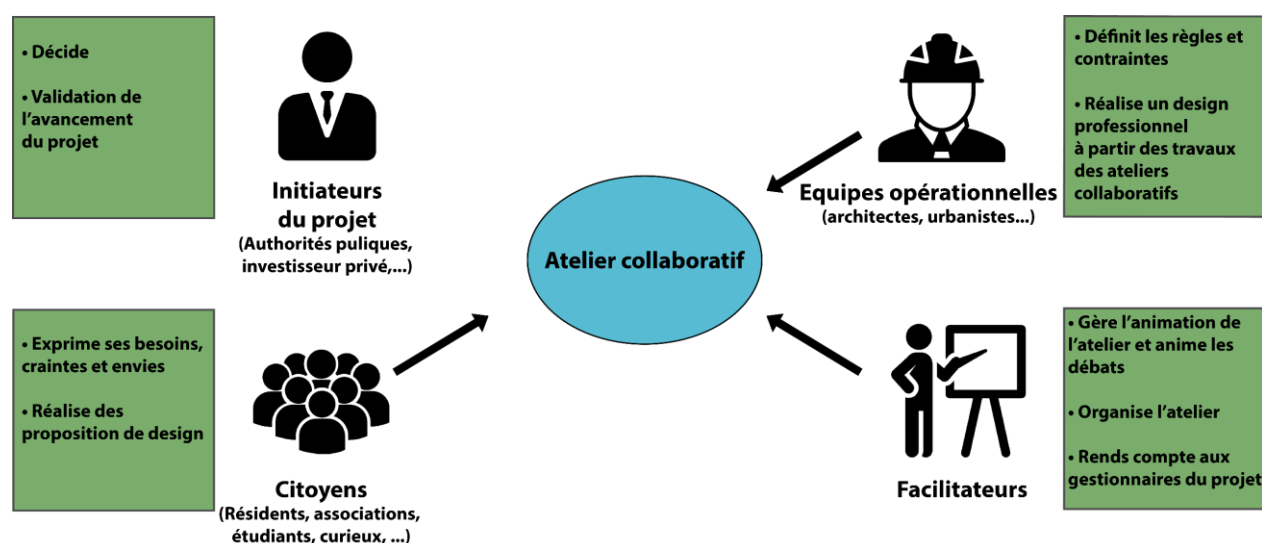


Figure 23 : Les différentes parties-prenantes du projet Euroméditerranée

Par la suite, nous nous sommes concentrés sur l'identification des différents profils de participants présents durant nos différentes observations. La réalisation de persona, ou personnalités fictives, est une technique de design interactif particulièrement répandue dans le développement de logiciel qui a été initiée par (Cooper and others 1999). Sur la base des observations du projet Euroméditerranée nous avons pu établir des profils types de participants qui ont par la suite dirigé certains choix dans notre processus de design. La finalité de cette technique est d'identifier les besoins et objectifs des utilisateurs.

Nous avons défini les profils selon plusieurs caractéristiques :

- Le nom
- L'âge
- Le genre
- Le statut socio-professionnel
- La connaissance/compréhension du design urbain
- La connaissance/compréhension des technologies
- Un texte illustrant un scénario dans lequel le personnage intervient

Le Tableau 14 ci-dessous représente le persona d'une personne plutôt âgée qui n'est pas à l'aise avec la technologie mais qui comprend bien les problématiques du design urbain puisqu'il participe souvent à des consultations citoyennes :


	<p>Nom : Serge</p> <p>Age : 65 ans</p> <p>Métier : Militaire à la retraite. Membre actif d'une association de quartier qui s'occupe de la vie en communauté et de la défense des intérêts des résidents.</p> <p>Statut social : Ancien militaire de la classe moyenne. Habite en banlieue.</p> <p>Connaissances du design urbain : Comprend très bien les problématiques du design urbain du fait de son implication dans plusieurs consultations citoyennes.</p> <p>Connaissances des technologies : N'est pas très à l'aise mais aime apprendre de nouvelles choses</p>
<p>Mon association a été approchée par l'organisme Euroméditerranée dans le but de promouvoir le processus participatif concernant le parc Bougainville, de sensibiliser les résidents locaux au projet et de récupérer leurs avis à propos des propositions de design relatives au futur parc.</p>	

Tableau 14 : Un des persona réalisés à partir des interviews et observations participantes.

L'intégralité des persona réalisés est visible en Annexe V page 184.

4.1.1.3 Identification d'un processus et de ses limites

Les ateliers organisés par Euroméditerranée sont inspirés du *Participatory Prototyping Cycle framework* (outils pour le cycle de prototypage participatif) décrit par (E. B. Sanders 2013). Plusieurs parties prenantes, professionnels ou non-professionnels, sont rassemblés pour « construire » (*make*) et « décrire » (*tell*) sur des sujets tels que la sécurité, la culture locale, l'histoire du lieu, et enfin pour la co-conception de propositions de design urbains. Cela remplit deux des trois critères de Sanders, le troisième étant le « jeu » (*enact*) qui consiste à simuler une situation future comme les acteurs d'un film. Nous pouvons considérer que ce critère est rempli par le fait que les citoyens endossent, pour le temps des ateliers, le rôle d'un designer urbain.

Pendant les sessions de travail, Euroméditerranée laisse la parole aux citoyens présents pour qu'ils expriment leurs envies ou leurs craintes. Pour appuyer leur travail de facilitation et aborder certaines questions ouvertes, ils utilisent soit des outils d'expression manuelle (images, ciseaux, colle, plans 2D, etc...), soit de simples mécanismes de vote. Par exemple, pour répondre à la question : « Quelles sont les fonctionnalités que vous aimeriez avoir dans le parc ? », les citoyens présents ont été divisés en plusieurs groupes.



Figure 24 : Les citoyens participant à l'atelier travaillent en sous-groupes

Les organisateurs ont distribué à chaque groupe un ensemble d'outils : une carte en deux dimensions du lieu, des images regroupées par catégories (meubles, équipements sportifs, jeux d'eau, jeux pour enfants, jardins, services, ...), ainsi que du scotch et des ciseaux. Ensuite, il leur était demandé de coller des images sur la carte à une position choisie pour représenter leurs envies. Cette étape amène à des débats intéressants dans chaque groupe. Elle les force à adopter une attitude collaborative dans le but de trouver une solution qui convienne à tout le monde. Une fois le travail effectué, chaque groupe désignait un rapporteur pour présenter leur proposition et les éventuels débats qui sont apparus.



Figure 25 : La proposition faite par un des groupes de citoyens

À la suite de ces présentations, le facilitateur réalise directement une synthèse pour identifier les besoins clés des citoyens. A l'issue de chaque rassemblement réalisé par Euroméditerranée, les informations, questions et problèmes identifiés sont remontés aux autorités locales afin qu'elles prennent conscience des problématiques principales. Nous distinguons donc ici quatre étapes : la (1) présentation de l'ordre du jour et de l'objectif, (2) le travail en groupe à l'aide de certains outils, (3) la présentation du travail réalisé, et finalement (4) la synthèse. Pendant l'étape (1) et (4), les participants citoyens sont dans une posture d'écoute et ne prennent pas la parole sauf exception pour un question particulière. En revanche pendant les étapes (2) et (3), les participants citoyens collaborent et débattent entre eux, mais également avec les animateurs et professionnels (urbanistes). Nous retrouvons donc lors des étapes (2) et (3) un véritable cas de co-design.

Cet exemple n'illustre qu'une partie de la méthodologie employée par Euroméditerranée pour mener à bien la participation citoyenne. Ils ont également réalisé des ballades afin de prendre connaissance du lieu, ils ont organisé des sessions avec les habitants de la cité Bellevue qui ne venaient pas d'eux-mêmes aux ateliers. De plus, l'équipe d'urbanistes ayant remporté le projet a également participé à tous les ateliers pour favoriser la transparence et le dialogue avec les habitants du quartier. Enfin, de manière à renforcer l'esprit de participation, Euroméditerranée fait l'effort de choisir des lieux proches du futur lieu de construction et représentatifs pour réaliser les ateliers : école, café, locaux associatifs...

Nous avons participé à la grande majorité des ateliers organisés, ce qui nous a donné l'opportunité d'analyser les aspects positifs ainsi que les limitations de la méthodologie. Notre observation permet de témoigner que la participation citoyenne dans le cadre du design urbain facilite la compréhension des citoyens et leur adhésion au projet. Le sentiment général est

positif et il est clair que les ateliers répétés alimentent un débat de qualité et donc permettront aux professionnels de réaliser des propositions de design à l'image des citoyens. Néanmoins, nous avons pu remarquer que l'audience n'était pas totalement représentative de la population locale en termes d'âge, de catégorie socio-professionnelle et de lieu d'habitation, ce qui pose le problème de la prise en compte de leurs envies. De plus, le taux de renouvellement des participants est assez élevé entre chaque session, exception faite d'un noyau dur d'environ cinq personnes présentes à chaque fois. Le bilan général que l'on peut tirer de cette participation est que les avis sont partagés. Certaines personnes ont été rassurées sur l'orientation qu'a pris le projet et ont gagné en confiance, mais d'autres étaient frustrées vis-à-vis de la durée de la participation, qu'ils trouvaient trop longue. Il y a eu également un sentiment de trahison lorsque qu'Euroméditerranée a annoncé une décision politique impactant le projet, ce après que plusieurs ateliers aient déjà été faits.

Les observations nous ont donc finalement permis d'identifier un processus créatif utilisé sur le terrain lors d'ateliers collaboratifs. Comme présenté précédemment, ce processus se sépare en 4 étapes et utilise un ensemble d'outils. Au regard du processus créatif employé lors des ateliers, nous avons identifié quelques limites qui nous permettront d'appuyer la définition de notre artefact :

- Les participants ont une mauvaise compréhension des espaces, des distances et du relief.
- Les images imprimées ne suffisent pas lorsqu'une personne cherche à exprimer une idée précise. Des outils supplémentaires sont nécessaires pour que les citoyens puissent réellement *créer*.
- La compréhension du contexte technique, politique et financier pourrait être améliorée.
- La collaboration entre les citoyens et les professionnels pourrait être améliorée. Nous avons remarqué qu'il y a encore une relation expert-amateur qui peut être source de tensions.

L'observation nous a également permis de prendre pleinement conscience de l'importance des objets frontière, introduits dans la section 3.3.3.

4.1.2 Observation d'une Concertation dans la Ville de Venelles

Dans un deuxième temps, nous avons eu l'opportunité d'observer une participation citoyenne dans un contexte différent, mais en nous concentrant cette fois-ci surtout sur les objets frontière employés et les interactions des participants avec ceux-ci.

La ville de Venelles a fait appel au bureau d'études Connexion Sport Urbain spécialisé dans les problématiques d'aménagement du sport et des loisirs pour établir le schéma directeur des dix prochaines années d'un complexe sportif. A cette occasion étaient invités une cinquantaine de résidents « grands utilisateurs ». Cette dénomination a été utilisée pour désigner les élus locaux, les membres et dirigeants d'associations, les directeurs d'école ou encore des assistantes maternelles. Les personnes présentes étaient majoritairement âgées de plus de cinquante ans, avec quelques trentenaires. En amont de la concertation, le bureau d'étude avait déjà réalisé une analyse statistique des usages actuels du parc, ainsi que des entretiens avec chacune des associations concernées. Le projet a été séparé en trois phases et nous avons assisté à la phase initiale : (1) réalisation d'un diagnostic, (2) définitions de scénarios, (3) réalisation du schéma directeur (budget, planning et communication).

Il est ici important de remarquer que le niveau de participation citoyenne est plutôt en bas de l'échelle. Premièrement du fait de la sélection des participants qui n'est pas représentative de l'ensemble de la ville, et également au travers du pouvoir de négociation qui leur est accordé. On ne propose pas aux citoyens de travailler sur la définition de la programmation et de l'apparence (dans le sens esthétique) du projet comme dans le cas d'une participation collaborative.

La démarche mise en place lors de la consultation est séparée en trois étapes menant à la définition de scénarios pour le futur du complexe sportif : (1) l'identification des points forts et des points faibles du lieu, (2) l'expression des souhaits, des envies et (3) le positionnement d'éléments obligatoires et optionnels du programme. Pour ce faire les participants ont été séparés en cinq groupes de 8-10 personnes (voir Figure 26).



Figure 26 : Les participants de la consultation à Venelles pendant les ateliers

Pour l'étape (1) un tableau papier a été utilisé. Pour l'étape (2) des post-it sur lesquels les participants devaient écrire. Pour l'étape (3), les éléments obligatoires (piscine, terrain de tennis, piste d'athlétisme, terrain de basket, etc...) étaient représentés par des plaques en plexiglas à une échelle de 1/500^e et les facultatifs par les post-it. Les éléments étaient positionnés sur une carte papier en 2D du complexe sportif. La Figure 27 illustre les travaux réalisés par l'un des groupes de participants.

Vis-à-vis de l'emploi des outils proposés aux participants, nous avons remarqué qu'ils remplissaient correctement leur rôle d'objet frontière et permettaient d'organiser le débat entre les différents profils présents (élus locaux, membres d'associations ou assistantes maternelles). Nous avons également pu noter les points suivants :

- Les participants aiment s'appuyer sur la carte quand ils expliquent une idée, toucher, pointer du doigt pour être compris.
- Lors de leurs réflexions et débats les participants étaient très souvent amenés à retirer ou modifier les éléments.
- Dans la continuité de la remarque précédente, les participants utilisaient systématiquement les contours de la carte pour positionner les éléments sujets à débat ou qu'ils ne savaient pas encore positionner, tel un « vide-poche ».
- Malgré la présence de l'échelle sur la carte et l'utilisation d'éléments en plexiglas également à la même échelle, les participants ont du mal à imaginer mentalement les distances.

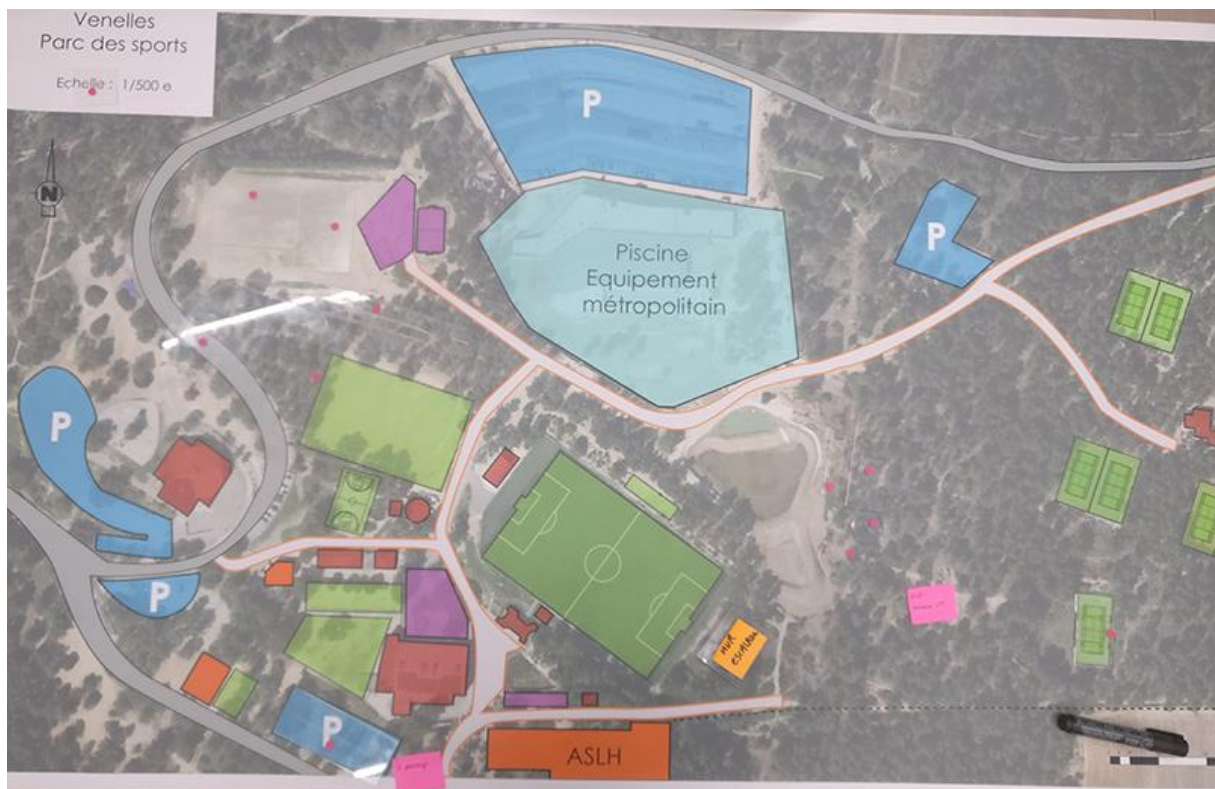


Figure 27 : La proposition réalisée par l'un des groupes de participants

Le processus créatif employé et les outils proposés présentent malgré tout des limites si on les observe à travers le prisme des concepts de co-design et d'outils génératifs. Effectivement le pouvoir créatif des participants reste très limité par l'emploi d'objets finis, que l'on ne peut modifier. **Le potentiel de génération d'idées s'en voit ainsi lourdement impacté.** Ces problématiques pourraient facilement être résolues par l'emploi d'un outil numérique s'appuyant sur un environnement virtuel, notamment sur la manipulation (déplacement, modification, suppression) d'éléments ou la compréhension des distances. Avant de commencer à imaginer l'apparence et les fonctionnalités d'un tel outil outrepassant ces problématiques, nous avons souhaité interroger des professionnels de l'urbanisme à ce sujet. Que pensent-ils d'une implication plus poussée des participants à l'aide d'un environnement virtuel ?

4.1.3 Interview de Professionnels

Nous avons mené deux interviews organisées et deux autres plus improvisées sur le vif d'une discussion. Les interviews organisées se sont déroulées en face à face sous la forme d'un entretien semi-directif, nous permettant si nous le souhaitons de diverger en fonction des réponses des personnes interrogées. Le guide de discussion utilisé est disponible en Annexe II page 172. Celles-ci ont été enregistrées puis réécoutées afin d'en extraire les points importants.

La première interview organisée concernait une personne habituée aux méthodes de participation citoyenne pour la programmation urbaine, et nous a présenté un projet pour lequel elle a été très utile. La municipalité de la ville en question avait pour objectif de réaliser un espace sportif. Les prérequis pour ce terrain étaient la présence d'un terrain de foot, d'un espace d'athlétisme et de pistes de golfs. Ensuite, certaines zones avaient été identifiées comme libres et pouvaient servir de base à la concertation. Lors des concertations, l'équipe d'animation avait préalablement préparé des modèles en plexiglas représentant le complexe sportif, ainsi que les invariants. L'objectif était le positionnement des invariants mais également de recueillir des propositions sur les zones libres : placement des parkings, des services, des aires de jeu...

Ils ont également réalisé des concertations « grands utilisateurs » rassemblant des représentants d'associations, les services de la ville (sport, jeunesse, espaces verts), des enseignants, etc. Le professionnel interviewé a vraiment relevé l'aspect positif de cette concertation. Notamment lors de la réunion publique qui s'est déroulée plusieurs semaines après l'atelier. En effet il l'a qualifiée de positive et constructive, alors que ses expériences précédentes l'avaient habitué à des situations où les gens sont contestataires et réfractaires. Ici l'impact de la concertation préalable est notable et la participation des citoyens a permis d'identifier des besoins qui ont été ajoutés au cahier des charges. Il a également remarqué que le type des réponses/propositions apportées variait en fonction du public.

Il a néanmoins attiré notre attention sur un possible sentiment de manipulation. En effet selon lui la concertation est plus ou moins dirigée par les contraintes imposées par la municipalité. Quant à son avis sur l'utilisation d'outils numériques pour la participation citoyenne, celui-ci est très positif. Il nous a tout de même mis en garde sur le fait de ne pas proposer un outil trop complexe, que ce soit en termes de manipulation ou d'informations affichées. En effet il a identifié que si l'on donnait trop (ou pas assez) d'informations aux participants, ceux-ci n'arrivaient pas à réfléchir correctement et contractaient le syndrome de la feuille blanche.

Enfin, nous avons identifié que l'ajout de contraintes dans le milieu numérique est important mais en quantité maîtrisée, et également que l'identification des éléments générant une nuisance sonore était très importante et récurrente dans les projets.

La seconde interview sollicitait également un urbaniste habitué des consultations citoyennes. Il nous a présenté plusieurs méthodes qu'il a appliqué lors d'études participatives (donc avant la construction) : maquettage, diagnostics en marchant, ateliers de présentation de propositions ou encore des ateliers de peinture. Il nous a également présenté un cas de participation en autonomie lors duquel des citoyens ont participé à la construction du lieu et devaient par la suite en gérer la maintenance et l'entretien. Selon lui, l'utilisation d'outils permettant aux citoyens de s'exprimer pour ensuite alimenter le travail des professionnels est très important et le succès de ses projets précédents en témoignent. Il a tout de même tenu à prévenir de la nécessité d'une bonne volonté de la part des municipalités à mettre en place ce genre de méthodologies. Quant à l'utilisation d'un outil génératif numérique son avis était plutôt positif, à condition que l'atelier soit correctement encadré par des professionnels pour assurer un travail qualitatif, et en toute conscience des contraintes du lieu.

Ensuite, les entretiens improvisés ont eu lieu dans deux situations différentes. Tout d'abord avec un des membres de l'équipe d'urbanistes en charge du projet Euroméditerranée, puis quelques temps plus tard avec deux personnes travaillant dans le domaine de l'aménagement public dans la ville de Toulon. Ces échanges nous ont beaucoup appris sur l'avis des professionnels au sujet des participations citoyennes car les deux étaient antagonistes.

Dans le premier cas, l'échange a été rapidement écourté lorsque nous avons évoqué l'éventualité de proposer un outil numérique pour laisser les citoyens s'exprimer. Les arguments de la personne étaient centrés sur la complexité d'utiliser des outils normalement dédiés aux professionnels, et que dans ce cas leur implication dans le projet ne serait même plus nécessaire. Nous avons ici ressenti une réticence forte à donner trop de moyens aux participants, ce qui pourrait entraîner une perte de contrôle et des débats interminables. La personne avait également peu d'espoir en la capacité de compréhension des citoyens des différentes contraintes techniques et législatives propres au métier d'urbaniste.

Le second entretien s'est déroulé dans un climat beaucoup plus enthousiaste étant donné que les deux personnes avaient pour objectif de préparer un processus de participation citoyenne collaboratif, et étaient à la recherche d'outils et idées pour ce faire. De leur point de vue l'utilisation d'outils numériques pourrait avoir un impact très positif. Notamment, ils ont évoqué le fait qu'habituellement pendant les participations citoyennes utilisant des outils traditionnels (carte 2D, papiers, stylos, post-it, etc...), les travaux fournis étaient difficilement accessibles par la suite à un plus grand nombre de personnes, puisque « rangées au fond d'un placard ». Un outil numérique permettrait de conserver un historique facilement visible par le biais d'un site internet par exemple. Ils étaient en revanche plutôt inquiets de la durée nécessaire pour intégrer ce genre d'activités, qui pourraient être très chronophages.

Les enseignements que nous pouvons tirer de ces échanges sont clairs : les professionnels ont une certaine réticence, ou peu d'espoir, en l'introduction d'outils numériques dans les processus de concertation citoyenne. Premièrement certains sont sceptiques par rapport à l'intérêt d'un tel outil, et estiment que les citoyens n'ont pas à réaliser le travail à la place des professionnels. D'autres sont plutôt sceptiques vis-à-vis de la complexité de l'outil à développer, de son utilisabilité et du coût de son développement. Nous avons également recueilli des avertissements par rapport à l'animation de ce genre d'atelier collaboratifs créatifs,

pendant lesquels l'objectif peut rapidement divaguer. Plusieurs retours restent néanmoins encourageants et nous ont conforté dans notre démarche. Les professionnels semblent enthousiastes à l'idée d'utiliser un artefact numérique à la condition que son utilisation soit bien encadrée, par l'intermédiaire d'un processus de facilitation. Des pistes intéressantes ont également été identifiées comme la possibilité offerte par les outils informatique de stocker un historique des ateliers précédents pour faciliter leur visibilité. Ou encore le fait de pouvoir générer des contraintes dans un environnement virtuel qui permettraient de les aborder de manière éducative. Il a par exemple été évoqué le cas de simuler numériquement les nuisances sonores générées par l'ajout d'un élément dans un espace urbain. Un point également intéressant concernait la quantité d'informations fournies aux citoyens. Il nous a été conseillé de faire attention à ne pas en fournir trop, ni pas assez, afin d'éviter un blocage dans le processus créatif des participants.

En conclusion, les concertations observées et les interviews font apparaître un besoin d'amélioration du processus employés lors des ateliers collaboratifs, et également des outils utilisés. Nous nous efforçons d'y répondre dans les sections suivantes en intégrant premièrement le processus créatif dans le processus de participation, puis en présentant la conception d'un artefact et d'un prototype s'intégrant dans ce nouveau processus.

4.2 Créativité dans le Processus Participatif

Les observations participantes et interviews menés en début de projet nous ont permis d'identifier des processus participatifs utilisés sur le terrain mais également leurs limites. Malgré un discours prônant une collaboration des professionnels avec les citoyens, les processus n'intégraient pas d'étape créative. Nous avons donc décidé de fusionner certaines étapes des deux processus observés et d'y ajouter une nouvelle étape de création. Pour cela nous nous appuyons sur les travaux de Buijs et Van der Meer au sujet du processus de créativité collective (Buijs and Van der Meer 2013), que nous intégrons à notre processus participatif amélioré. Enfin, nous présentons la réalisation d'ateliers de simulation reprenant un contexte réel et appliquant ce processus amélioré, ainsi que les conclusions que nous en tirons.

4.2.1 Convergence et Divergence dans les Processus Créatifs

Selon J. P. Guilford, l'acte créatif suit deux phases, la divergence et la convergence (Guilford 1950). La divergence consiste en la capacité à produire un grand nombre d'idées et association d'idées comme solutions à un problème donné. De manière opposée, la convergence illustre la capacité à rapidement choisir la meilleure solution à un problème donné pour ensuite l'affiner. Cette séquence divergence/convergence est connue sous le nom de diamant créatif (voir Figure 28).

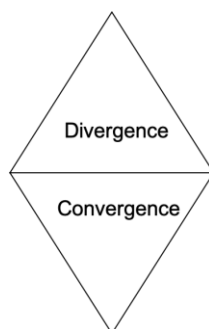


Figure 28 : Le diamant créatif (Guilford 1950)

De plus, le processus créatif prend généralement place dans un cadre collectif, et non par l'intermédiaire d'une personne seule dans une salle. Les outils pour la créativité collective sont donc indispensables dans les phases de divergence et convergence. Des recherches plus récentes proposent un diamant créatif étendu qui décrit le processus créatif en cinq étapes (Buijs and Van der Meer 2013) illustrées par la Figure 29 :

- L'appréhension de la tâche consiste à faire des recherches sur la tâche concernée. On se concentre sur la tâche et évalue les possibilités.
- La divergence concerne la production d'idées
- Le tri permet de catégoriser ces différentes idées
- La convergence identifie et sélectionne les meilleures options pour le problème donné.
- La réverbération a pour but de partager les résultats obtenus et de décider des prochaines étapes à suivre. Cette étape peut servir de point de départ pour recommencer des sous parties du processus.

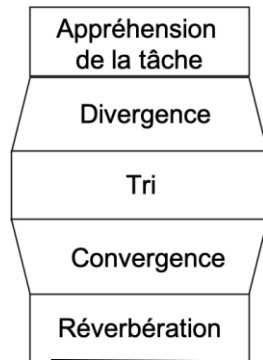


Figure 29 : Le diamant créatif étendu (Buijs and Van der Meer 2013)

4.2.2 Proposition d'un Nouveau Processus Participatif

Sur la base du diamant créatif étendu de Buijs et Van der Meer, nous proposons un processus participatif dédié aux ateliers collaboratifs de design urbain qui se sépare en 5 étapes (voir Figure 30) :

- 1) L'analyse de l'état actuel du lieu : Cette étape consiste à définir les points positifs et négatifs du lieu de travail. Elle est associée à l'étape d'*appréhension de la tâche* du diamant créatif. Les outils utilisés sont du papier et des stylos.
- 2) L'idéation : Définition des atmosphères et usages souhaités pour le lieu futur. Cette étape est associée à l'étape de *divergence* du diamant créatif. Les participants ne sont pas limités dans le nombre et le type de leurs idées. Au contraire, il leur est demandé de générer un maximum d'idées sans se soucier des contraintes du projet. Des images imprimées sont utilisées pour faciliter l'imagination des participants, qui ont également accès à des post-its et des stylos.
- 3) Positionnement spatial : Les participants définissent la position des idées de l'étape précédente sur un support dédié comme une carté imprimée en 2D. Les contraintes spatiales forcent les participants à faire des choix par rapport à toutes les idées générées, et donc à débattre collectivement pour décider. A l'issue de cette première étape, l'espace de travail se retrouve divisé en diverses sous-zones d'activité orientant la suite des travaux de conception. Par exemple, dans le cas d'un complexe sportif, il pourrait y avoir une zone libre pour les écoliers (courses d'orientation), une zone multisport et un espace associatif. Chaque groupe de participants doit converger vers une solution par groupe puis présenter leur travail devant les autres. Cette étape parcourt donc simultanément le tri, la convergence et la réverbération du diamant créatif.

- 4) Création d'une proposition de design : Les participants créent l'apparence et l'esthétique de chaque sous-zones du lieu futur. Leur cahier des charges comprend bien entendu les éléments des étapes précédentes, mais un nouveau processus de diamant créatif démarre et ce pour chaque atelier qui sera effectué. L'objectif est d'entrer dans les détails des sous-zones définies à l'étape 3. On peut donc imaginer de réaliser un atelier par sous-zone si nécessaire, qui démarrera à chaque fois un nouveau diamant créatif. L'enjeu de cette étape est de faire ressortir les besoins tacites et latents des participants via l'utilisation d'outils génératifs, et la narration associée. Pour cette étape les participants ont donc accès à un panel d'outils leur permettant de faire une construction, tels que du bois, de la colle, de la pâte à modeler ou du papier de couleur.

- 5) Travail professionnel : Création d'un design professionnel du lieu futur à partir des travaux des citoyens. Les travaux réalisés par les citoyens sont sources d'inspiration pour les professionnels.

Chaque étape peut être découpée en plusieurs itérations en fonction du temps imparti. Les étapes 1) à 4) impliquent la participation des professionnels, des citoyens et des facilitateurs. L'étape 5) en revanche concerne seulement le travail des professionnels.

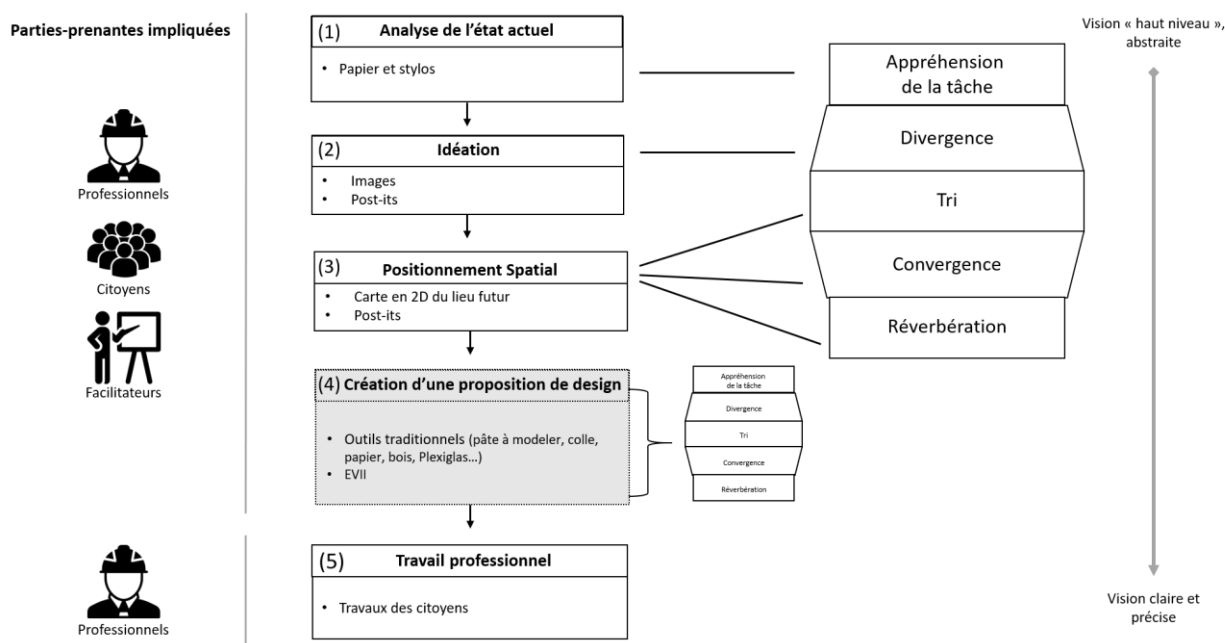


Figure 30 : Le processus participatif amélioré, inspiré des observations du terrain. Le cadre en pointillés illustre l'étape ajoutée.

Par l'intermédiaire des étapes successives, la vision du projet s'éclaircit, passant d'un concept abstrait à une proposition de design concrète.

4.2.3 Réalisation d'un Atelier Utilisant le Processus Amélioré

Dans le but tester le processus proposé, nous avons réalisé deux simulations d'ateliers : une avec les partenaires du projet U_CODE (designers urbain, architectes, ingénieurs en informatique, chercheurs) et une autre avec des enseignants-chercheurs et administratifs travaillant dans une école d'ingénieur. Pour cela nous avons mis en place une *Do technique* à la manière de (E. B. Sanders and Stappers 2012). Les participants avaient accès à une carte en deux dimensions du lieu de travail, à des matériaux (bois, papier, pâte à modeler, formes simples en plexiglas, etc...) et à des outils (stylos, ciseaux, colle, patafix...). Nous avons enregistré l'intégralité de l'atelier sous plusieurs angles afin d'observer et analyser le comportement des gens.

Les règles de la simulation demandaient aux participants de jouer le rôle d'un citoyen intéressé par le projet du parc Bougainville. Nous avons donc prédéfini certains rôles à l'aide de nos observations précédentes : âge, sexe, classe socio professionnelle, connaissances en urbanisme, connaissances en technologies et raisons de la présence. Les rôles sont à l'image des persona décrits dans la section 4.1.1.2.

Comme l'illustre le Tableau 15 ci-dessous, l'atelier s'est déroulé en plusieurs étapes qui sont inspirées des ateliers que nous avons observés dans le cadre du projet Euroméditerranée :

	Étape 1 : Analyse de l'état actuel	Étape 2 : Idéation	Étape 3 : Positionnement Spatial	Étape 4 : Création d'une proposition de design urbain
Objectif	Discussion sur les points positifs et négatifs du lieu	Définitions des atmosphères et usage du lieu futur	Définition de la position des idées précédemment exprimées. Tri et sélection.	Définition de la disposition et de l'apparence du lieu futur.
Matériel/outils proposés	Papier et stylos	- Images imprimées - Post-it	- Carte 2D imprimée - Images imprimées - Post-it	- Outils de création manuels traditionnels (colle, ciseaux, papiers, Lego, pâte à modeler...)
Résultat	Une liste de points positifs/négatifs	Une liste d'idées pour le futur lieu	Première version d'un scénario de design urbain sur une carte papier en 2D.	Une proposition de design urbain en 3D (maquette) positionnée sur une carte papier en 2D

Tableau 15 : Les étapes participatives des ateliers réalisés

Ce même travail a été réalisé une seconde fois avec des personnes non initiées aux participations citoyennes et au design urbain dans un contexte de travail différent. Cette fois-ci ils devaient travailler sur la rénovation d'une place publique dans la ville de Toulon, la place de la porte d'Italie. Ces personnes n'ont pas été sélectionnées en fonction de leur âge, travail ou sexe et proviennent de professions variées (professeurs, administratifs, étudiants...). La Figure 31 illustre le résultat atteint par les participants lors des deux ateliers (voir images supplémentaires en Annexe III page 173).



Figure 31 : A gauche, la proposition réalisée par les membres u projet U_CODE dans le cadre du projet du parc Bougainville. A droite, la proposition réalisée par les participants au second atelier pour la place porte d'Italie.

Par l'intermédiaire d'interviews semi directives post-participation (voir questionnaire en Annexe I.D page 176), nous avons pu récolter les avis suivants de la part des participants :

- Possibilité d'expression : Très positive
- Possibilité d'expression créative avec les outils fournis : Globalement positive
- Possibilité de faire comprendre ses idées à un autre participant : Globalement positif
- Compréhension de l'espace et des dimensions : Globalement positif
- Compréhension des idées des autres participants : Très positive
- Possibilité de projection dans le futur du lieu : Très positive
- Satisfaction vis à vis de la proposition réalisée : Globalement positif
- Qualité du travail réalisé (maquette) : Globalement négatif
- Temps pour réaliser la proposition : Négatif
- Possibilité de collaboration : Très positif

Ces ateliers nous ont donc permis d'appliquer une méthodologie de participation citoyenne utilisant des outils génératifs traditionnels. De manière générale, l'ensemble des participants ont estimé que le processus était positif sur les aspects de la collaboration et de la communication avec les autres participants.

L'emploi de ciseaux et de moyens d'assemblage (colle, patafix, ...) s'est avéré indispensable. Néanmoins, la majorité des participants ont estimé que leur réalisation n'était pas de bonne qualité et qu'ils n'avaient pas forcément à disposition tous les outils nécessaires. Cela se comprend du fait des compétences manuelles hétérogènes des participants. Certains étaient très actifs et force de proposition lors de la tâche de création, alors que d'autres restaient en retrait. Après interview et analyse, il s'avère que ces profils n'étaient pas à l'aise avec la construction manuelle parce qu'ils estimaient qu'ils n'en avaient pas la capacité. Ce point est une des limites des outils traditionnels que nous essaieront de résoudre dans la section suivante.

Nous pouvons également constater que sans une explication associée au résultat, il est difficile de comprendre ce qui est représenté. Ainsi une personne qui serait amenée à évaluer les travaux d'un groupe sans y avoir participé serait incapable de voter objectivement.

Les ateliers réalisés nous ont beaucoup appris sur la manière dont les participants interagissent entre eux à travers le processus proposé. Il y a eu une montée en puissance de leur investissement dans les travaux au fil des activités proposées. Plus il leur était demandé de manipuler des éléments, plus ils collaboraient et discutaient entre eux.

Nous avons également appris sur leur rapport avec les objets frontière que nous leur avons fournis. Les participants étaient limités par leurs capacités en travaux de conception manuelle, et étaient souvent à la recherche d'un élément, d'une pièce, qui n'était pas disponible sur la table. Ils étaient également frustrés de l'apparence finale de leur maquette et ont estimé ne pas disposer d'assez de temps. De plus, la majorité d'entre eux a remonté un problème relatif aux échelles de leurs constructions, qui ne respectaient pas l'échelle de la carte. Nous nous sommes donc concentrés par la suite sur l'amélioration des outils proposés en imaginant comment le numérique pourrait outrepasser les limites identifiées.

4.3 Amélioration des Outils

Le deuxième axe du travail d'amélioration concerne les outils proposés aux participants lors des ateliers collaboratifs et créatifs de participation citoyenne. Après avoir réalisé deux ateliers utilisant le processus participatif amélioré, nous avons identifié certaines limites qui pourraient certainement, ceci est notre hypothèse, être dépassées par l'utilisation d'outils numériques. Les limites concernaient d'abord le pouvoir créatif des participants, et donc d'expression, qui est trop fortement lié à leur savoir-faire manuel. Nous avons également identifié des limites sur l'aspect visuel des réalisations, qui sont difficilement compréhensibles. Nous pouvons étendre cette limite au fait que les réalisations sont également difficilement transportables pour être montrées à un public plus nombreux. Ces limites, nous avons eu pour objectif de les outrepasser par une projection des actions manuelles dans un environnement virtuel. C'est le principe des métaphores d'interactions, ou métaphores d'interfaces, qui sera présenté dans la section suivante.

La phase d'amélioration des outils se sépare en deux phases, la conception d'un artefact et l'implémentation d'un prototype, qui sont parties intégrantes du cycle de design de notre méthodologie de recherche. Cette section nous permet en outre de répondre à la question de recherche *RQ1.2 : Quelles métaphores d'interaction et quels outils génératifs peuvent être intégrés à l'EVII ?* et donc finaliser la réponse à la question *RQ1 : Quelles sont les spécifications d'un EVII appliquant les concepts du co-design pour impliquer les citoyens dans le design urbain ?*

4.3.1 Conception de l'Artefact

Plusieurs étapes nous ont permis d'aboutir à la conception d'un artefact ayant pour objectif de répondre à notre problématique de recherche. Tout d'abord une réflexion sur les métaphores d'interaction permettant de dépasser les limites des outils artisanaux, puis par la définition des exigences de l'artefact. Ces deux étapes nous permettront de présenter un modèle conceptuel représentant l'artefact et ses utilisateurs, ainsi que la manière dont il s'articule avec notre proposition de processus participatif.

4.3.1.1 Les Métaphores d'Interaction

Notre réflexion sur les métaphores d'interaction s'est déroulée lors de sessions de brainstorming impliquant les partenaires du projet U_CODE. Nous nous sommes également appuyés sur les ateliers simulés que nous avons réalisés précédemment.

Le concept de métaphore d'interaction (ou métaphore d'interface) est apparu dans l'objectif d'ouvrir l'utilisation des outils informatiques, parfois trop complexes, au grand public. On réalise pour ce faire la transposition d'un concept réel, concret, dans un environnement dynamique virtuel, afin de stimuler chez l'utilisateur un comportement adéquat (Collard, Fastrez, and Brouwers 2012). Cette analogie permet aux utilisateurs de mieux percevoir leur position et leurs possibilités. Parmi les métaphores les plus répandues nous retrouvons le « bureau », la « fenêtre », le « dossier » ou encore le « document », utilisées par les systèmes d'exploitation.

Dans notre contexte, nous avons cherché à imaginer des métaphores destinées à des participants à des ateliers collaboratifs et créatifs. La première métaphore a déjà été introduite dans les sections précédentes, c'est la métaphore du *make tool* (ou outil génératif). Par cette métaphore nous entendons tout outil aidant un utilisateur à accomplir un travail de création, de construction. Nous allons donc transposer ce concept dans un environnement virtuel.

Ensuite, nous avons imaginé la métaphore du « géant dans un monde miniature ». Dans notre processus participatif initial, les participants se trouvent au-dessus d'une carte papier en 2D leur permettant d'appuyer leurs débats. Cette carte est bien évidemment à une échelle réduite, ce qui place ainsi l'utilisateur en position de géant ayant une vue d'ensemble sur un monde miniature : la proposition de design urbain.

En démarrant sur un terrain représentant l'état actuel du lieu de travail, les utilisateurs doivent être capables de sélectionner des formes en 3 dimensions (basiques ou plus complexes) à partir d'une « librairie », mais également de modifier ces éléments. A l'image des ateliers proposant des outils génératifs traditionnels (ateliers de maquettage), l'utilisateur doit donc être capable de découper différentes parties de ces modèles 3D, de les redimensionner pour qu'ils soient correctement intégrés dans la zone, de changer les couleurs, les apparences, ou encore de fusionner deux modèles entre eux. Nous avons donc imaginé pour cela la métaphore de « collage 3D », qui permet le support d'un concept inhérent aux outils génératifs : le support à la créativité. Effectivement, en fournissant à un utilisateur suffisamment de matériaux, une méthodologie, et des outils lui permettant de créer de nouveaux objets à partir des matériaux existants, nous supportons un processus créatif. L'utilisateur atteint son but par plusieurs moyens : la transformation d'éléments existants, l'association d'éléments amenant à un élément nouveau, et enfin par l'action d'essayer et de se tromper (Isaksen and Treffinger 1985).

Enfin, la métaphore de « projection dans le futur » doit donner la possibilité au participant citoyen de se représenter l'impact de ses modifications. Nous pensons ici à l'exemple d'une personne qui positionne un bâtiment, ou un mobilier urbain, à un endroit qui finalement empêcherait la vue sur un beau paysage. Un plan en 2D permet difficilement de se rendre compte d'une telle situation, de même qu'une maquette artisanale ne respectant pas les échelles.

Ces métaphores ont servi de base à la définition des exigences d'un artefact numérique, qui sont présentées dans la section suivante.

4.3.1.2 Définition des Exigences de l'EVII

Pour définir les exigences de l'EVII, nous avons opéré en suivant notre méthodologie de développement, la méthodologie agile (présentée dans la section 2.2 page 34). Pour ce faire nous avons réfléchi à la rédaction de *user stories*, qui ont pour but de représenter les besoins des utilisateurs de l'artefact en suivant un format bien particulier : « En tant que *utilisateur*, je peux ... afin de ... ». Ce travail se rapporte aux modules *Mock-up focus group* et *Visualization & Consultation : Public feedback with VR mobile application* présentés dans la section 1.3 page 24, dans le cadre de notre contribution au projet de recherche U_CODE. Ainsi, le Tableau 16 et le Tableau 17 recensent l'ensemble des *user stories* respectives pour chaque module, qui sont associées à la description d'une fonctionnalité. L'ensemble des fonctionnalités forment ainsi le *backlog* de l'artefact.

Comme l'illustre le Tableau 16, le *Mock-up focus group* a pour objectif de répondre aux *user stories* et fonctionnalités suivantes :

Réf.	Rôle	User story	Fonctionnalité
E1.1	Super Médiateur	Je peux fournir les modèles 3D initiaux qui seront utilisés par les participants	Pouvoir charger des modèles 3D dans la librairie de l'application
E1.2	Super Médiateur	Je peux ajouter des contraintes BIM à l'environnement 3D afin de restreindre les actions des utilisateurs	Les contraintes BIM doivent être reliées à l'environnement de travail.
E1.3	Citoyen	J'ai besoin d'un environnement 3D avec une vue de dessus pour pouvoir travailler sur des propositions de design	Fournir une vue de dessus. Fournir des outils de navigation à partir de cette vue de dessus.
E1.4	Citoyen	Je peux sélectionner différents types de formes 3D afin d'exprimer mes idées.	Fournir une librairie de composants 3D.
E1.5	Citoyen	Je peux dessiner des formes 3D afin d'exprimer mes idées.	Fournir des formes 3D basiques. Fournir la possibilité de redimensionner, déplacer et tourner les éléments.
E1.6	Citoyen	Je peux changer la couleur et l'apparence des éléments 3D dans l'espace de travail virtuel afin d'exprimer mes envies.	Fournir des textures aux différents objets de la librairie. Pouvoir sélectionner différentes apparences (couleur).
E1.7	Citoyen	Je peux déplacer/sélectionner/tourner/supprimer/redimensionner des éléments 3D à partir d'une librairie d'objets afin d'exprimer mes idées.	Fournir une interface graphique pour la manipulation d'éléments 3D.
E1.8	Citoyen	Je peux assembler des éléments 3D entre eux dans l'espace de travail afin d'exprimer mes idées.	Fournir une fonctionnalité de fusion d'éléments 3D.
E1.9	Citoyen	J'ai besoin d'un environnement immersif pour explorer la proposition que je viens de réaliser.	Accepter une visualisation à partir d'un dispositif immersif.
E1.10	Citoyen	Je peux travailler sur une reproduction du lieu de travail réel afin de me situer et de comprendre facilement.	Reproduire un lieu réel dans l'environnement 3D.
E1.11	Citoyen	Je peux réfléchir à mes idées tout en ayant une vue globale du projet.	Fournir une vue de dessus et une fonctionnalité de zoom.

Tableau 16 : Les user stories du module « *Mock-up focus group* »

Le *Mock-up focus group* a été imaginé, dans la continuité du contexte de recherche et des observations, comme un environnement virtuel permettant le travail en groupe à l'étape de co-design du processus participatif du projet U_CODE. Il permet d'assurer les phases de divergence et convergence à l'aide des métaphores de « géant dans un monde miniature » et de « collage 3D ». D'autre part, il répond aux métaphores d'interaction suivantes : le « make tool » et la « librairie ».

D'autre part, la phase de tri du diamant créatif étendu est supportée par le module *Visualization & Consultation : Public feedback with VR mobile application*. Ce dernier répond aux fonctionnalités listées dans le Tableau 17 ci-dessous :

Réf.	Rôle	User story	Fonctionnalité
E2.1	Super Médiateur	Je peux retrouver les différents opinions (émoticônes, texte, enregistrement audio...) émis par les participants sur des parties spécifiques d'une proposition de design.	Fournir une interface graphique pour visualiser les différents votes des utilisateurs.
E2.2	Citoyen	Je peux donner un retour global sur une proposition de design.	Affecter des émoticônes, du texte ou des enregistrements audios à une proposition.
E2.3	Citoyen	Je peux donner un retour localisé sur une proposition de design.	Positionner des émoticônes, du texte ou des enregistrements audios dans une proposition
E2.4	Citoyen	Je peux explorer une proposition de design à l'échelle 1 :1 pour visualiser les détails.	Fournir une interface de navigation immersive.

Tableau 17 : Les user stories du module « *Visualization & Consultation : Public feedback with VR mobile application* »

L'utilisateur est ici capable de voir les propositions de design réalisées de manière immersive, à échelle réelle, comme s'il était sur place, et répond donc à la métaphore de la « projection dans le futur ». Il peut ainsi ressentir l'atmosphère et imaginer l'expérience du lieu futur. Il doit être capable de donner un avis sur ce qu'il voit par l'intermédiaire de fonctionnalités de vote ou d'expression.

4.3.1.3 Le Modèle Conceptuel

Le modèle conceptuel de l'artefact est composé de trois parties distinctes (voir Figure 32) qui sont articulées entre elles. L'espace de création, l'espace de visualisation et de vote, puis l'espace professionnel :

- L'espace de création (WS1) : Cet espace représente la transposition dans un environnement virtuel d'un atelier créatif traditionnel reposant sur l'utilisation de modèles 3D (formes basiques, mobilier urbain et autres modèles préparés). Nous proposons de donner la possibilité à l'utilisateur de manipuler ces formes aussi librement que s'il utilisait des ciseaux à travers la métaphore de « collage 3D ». Cet espace permet le travail collaboratif des participants à partir d'une carte représentant le lieu de travail dans son état actuel (bâtiments, rues, ...). L'utilisateur a accès à une base de données d'éléments 3D catégorisés par des mots clefs tels que « bâtiments » et « arbres », ou décrivant plutôt des ambiances tels que « paysages méditerranéens » ou « jeux pour enfants ».
 - L'utilisateur dispose ensuite d'une trousse de création, qui est la représentation virtuelle des actions manuelles employées dans les ateliers traditionnels (manipulations à la main pour tourner, déplacer ou transformer les objets). La trousse donne aussi des possibilités que les ateliers traditionnels ne permettent pas, telle que la possibilité d'enregistrer son travail pour y revenir plus tard, d'annuler l'action précédente ou de modifier la taille d'un objet à la volée.
 - Enfin, une trousse de configuration permet à l'utilisateur d'ajouter des contraintes et des informations contextuelles à la proposition de design en cours de réalisation. L'utilisateur peut par exemple définir des zones non modifiables, associer des données textuelles descriptives à un objet 3D, ou associer des comportements particuliers lorsque l'on sélectionne une zone.
 - Dans d'autres termes, l'espace de création peut être vu comme plusieurs couches d'interaction. La première couche est une carte d'un lieu avec ses rues et infrastructures. La seconde est composée d'éléments 3D et de contraintes ajoutés par l'utilisateur
- L'espace de visualisation et de vote (WS2) : Cet espace permet une visualisation immersive et supporte la prise de décision des participants vis-à-vis d'une proposition de design urbain. Il fournit à l'utilisateur les moyens de visualiser à l'échelle 1:1 afin de prendre conscience de l'impact de ses réalisations et de ressentir pleinement l'atmosphère du lieu futur. Dans cet espace, l'utilisateur ne peut apporter de modification, il peut seulement explorer, et s'exprimer. Pour s'exprimer le participant dispose de moyens pour associer des émotions ou des avis à la globalité de la proposition, ou à des parties spécifiques.
- L'espace professionnel (WS3) : L'espace professionnel rassemble toutes les données générées par les participants afin qu'elles puissent être visualisées et analysées. Ce dernier est dédié aux professionnels en charge du projet, qui peuvent par son intermédiaire configurer les données nécessaires : position de la carte, contenu de la base de données d'objets 3D, gestion des utilisateurs... Ils peuvent ainsi faciliter leur processus de prise de décision, et utiliser les données comme base ou inspiration pour leur travaux professionnels.

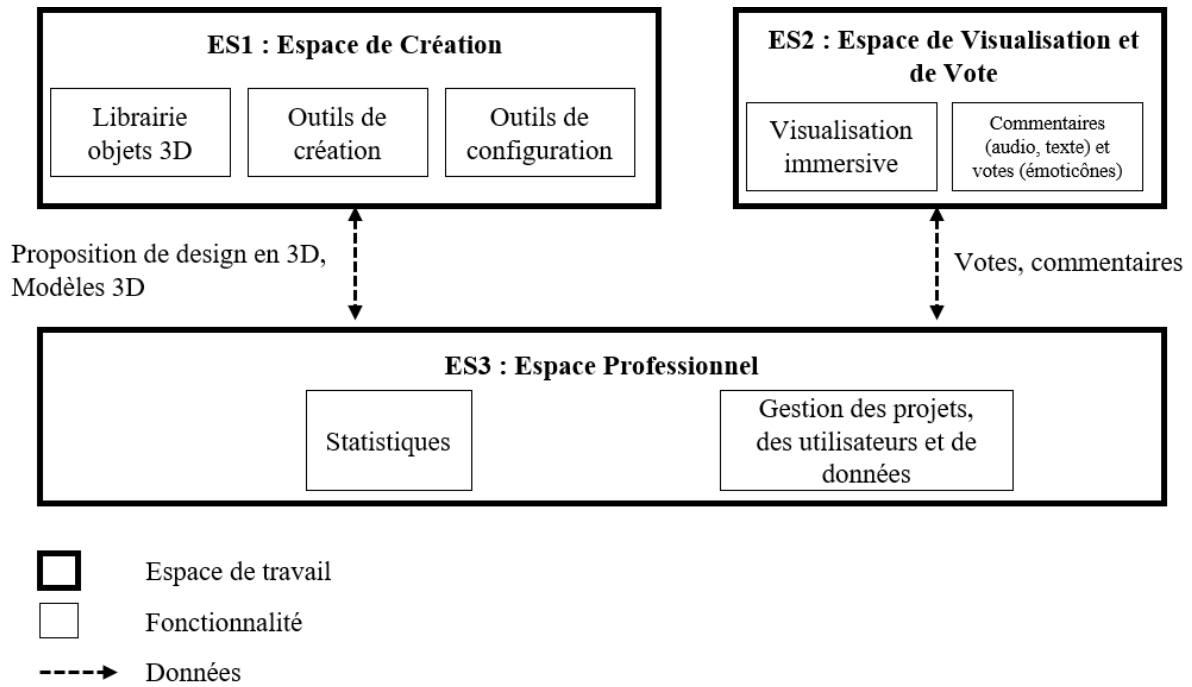


Figure 32 : Le modèle conceptuel de l'EVII

Enfin, nous proposons d'utiliser les interfaces de visualisation et de création au travers d'un processus itératif comme l'illustre la Figure 33. Il permettra à un groupe de participants de se répartir entre un rôle de « créateur » et un rôle d'« explorateur », et d'ainsi favoriser une collaboration forte. Ce processus donne surtout la possibilité à l'utilisateur d'affiner son travail en visualisant directement le travail accompli, afin de vérifier qu'il correspond à ce qu'il avait imaginé.

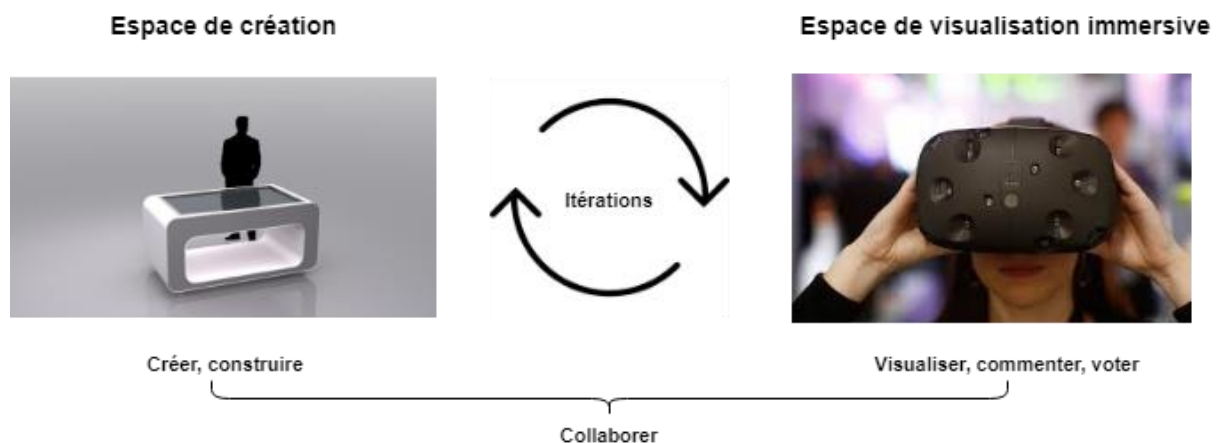


Figure 33 : Modèle itératif construction / visualisation

4.3.1.4 Intégration du Modèle dans le Processus Amélioré

Nous avons associé les différents espaces du modèle conceptuel au processus participatif dans le but d'illustrer l'articulation de l'artefact (voir Figure 34).

Nous donnons bien la possibilité aux utilisateurs de construire, raconter et jouer, comme le préconise le Cycle de Prototypage Participatif. La construction est soutenue par la surface interactive, le jeu par la visualisation immersive et le discours par le processus participatif en lui-même.

Nous avons précédemment identifié quatre rôles différents dont les responsabilités ont été décrites dans la Figure 23 page 78 : les investisseurs (publics ou privés), les équipes opérationnelles (designers, urbanistes, architectes, ...), les facilitateurs et enfin les citoyens. L'ensemble des rôles sera amené à interagir avec l'espace de création et de visualisation. En revanche, l'espace professionnel n'est pas dédié aux citoyens mais à l'ensemble des professionnels impliqués (initiateur, facilitateurs et équipes opérationnelles).

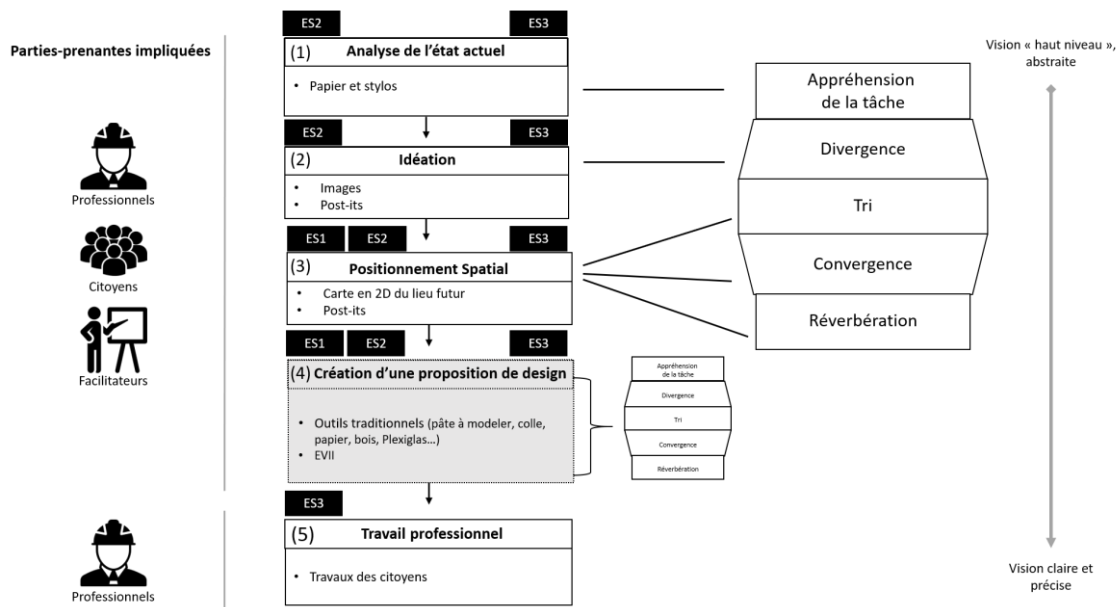


Figure 34 : Le modèle conceptuel intégré au processus participatif

L'espace créatif sera utilisé lors des phases de positionnement spatial (3) et de création de proposition de design (4). L'espace de visualisation peut être utilisé tout le long du processus en supplément des techniques déjà utilisées, sauf pour l'étape (5). L'espace professionnel est utilisé à toutes les étapes dans différents objectifs : gérer les utilisateurs, fournir les données utilisées dans chaque étape (modèles 3D, images, cartes 2D/3D), stocker les données générées par citoyens (proposition de design 3D, images, commentaires et votes...).

4.3.2 Implémentation du Prototypé

A partir des précédentes phases de conception, nous détaillons ici l'implémentation d'un prototype, qui est l'instanciation de l'artefact conçu dans le cadre de cette recherche. La Figure 35 ci-dessous résume les différents modules de l'EVII imaginé :

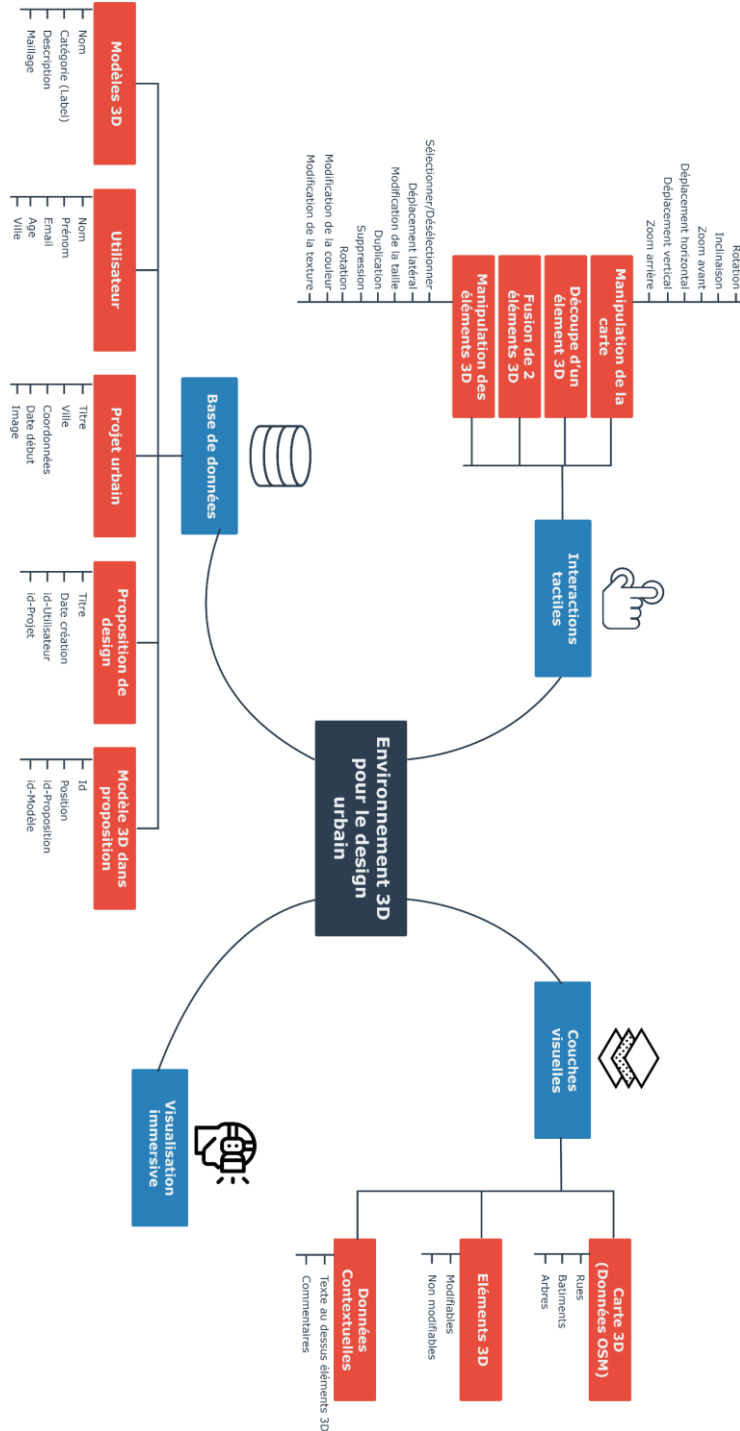


Figure 35 : Vue globale des fonctionnalités de l'artefact

Le but du prototype est de permettre à un groupe d'utilisateurs de réaliser collaborativement une proposition de design urbain en 3D à l'aide d'outils numériques créatifs. A travers l'interface les utilisateurs peuvent visualiser une carte du lieu de travail (routes et bâtiments en 3D) ou ajouter des éléments 3D et de données contextuelles. Pour cela l'artefact dispose de différentes interactions tactiles pour la manipulation de la carte, la découpe/fusion d'éléments 3D et la manipulation d'éléments 3D. L'ensemble des données générées sont enregistrées et l'artefact dispose d'interfaces permettant la création/modification/suppression d'utilisateurs, de projets de design urbain et de propositions de design associées à un projet. Les propositions créées peuvent enfin être visualisées à travers un dispositif immersif.

4.3.2.1 Architecture Technique et Choix Technologiques

Pour répondre aux différents besoins de visualisation, d'interactivité tactile, de représentation de données géographiques et contextuelles, d'outils pour la modification d'éléments 3D, de stockage de données et de visualisation immersive, nous avons dû réaliser différents choix technologiques qui seront détaillés ci-dessous. Les choix technologiques pour l'implémentation du prototype peuvent se résumer à deux sous parties, les choix matériels et les choix logiciels. Ces choix ont été faits pour l'ensemble des espaces de travail précédemment définis (l'espace de création, de visualisation immersive et l'espace professionnel), comme l'illustre la Figure 36.

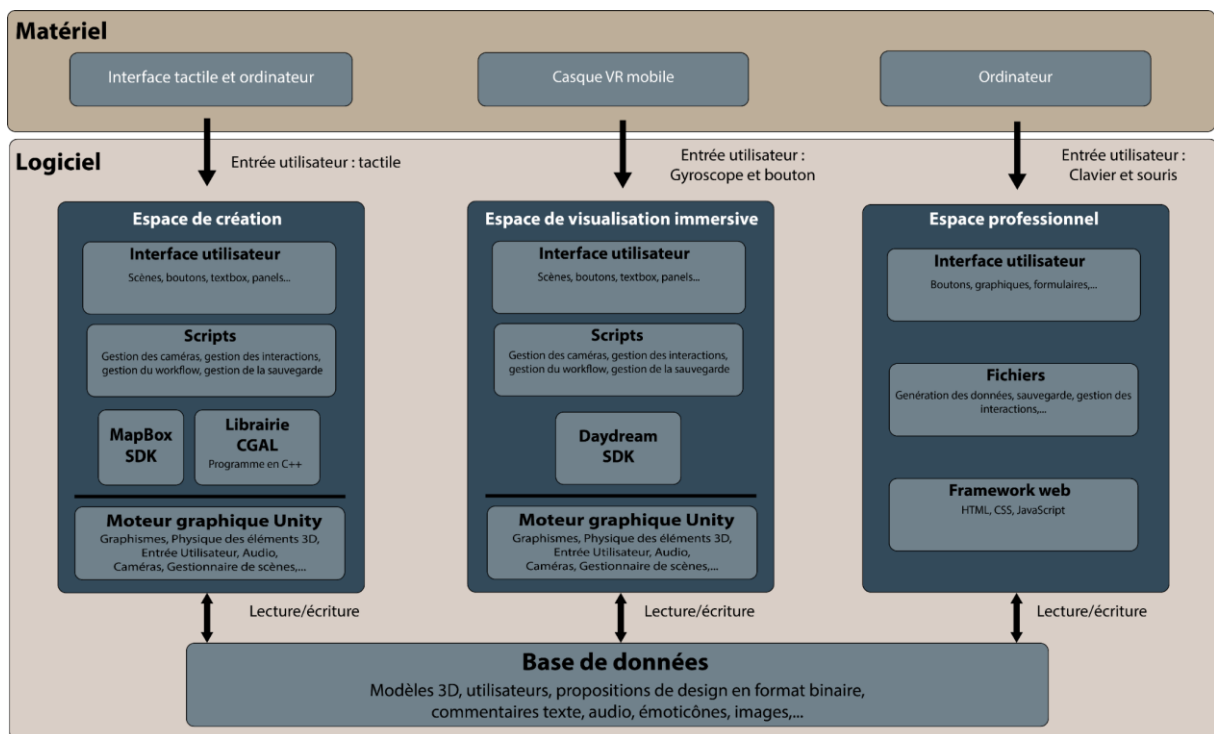


Figure 36 : Architecture technique de l'artefact

La Configuration Matérielle

L'espace de création nécessite une configuration similaire aux ateliers créatifs traditionnels, c'est-à-dire un espace de travail commun où les participants peuvent travailler en groupe de manière simultanée. Nous avons pour cela choisi d'utiliser une interface tactile, ou écran tactile. Sur la base de recherches précédentes, ce choix est reconnu comme étant une bonne solution pour engager la discussion et favoriser les échanges. Il permet de mettre en place une disposition circulaire de plusieurs groupes de personnes (Maquil et al. 2018), conforte la collaboration et le travail en parallèle (Shen et al. 2006). De plus, des interactions tactiles correctement définies permettent une expérience plus fluide et intuitive que l'utilisation largement répandue d'un clavier et d'une souris (Shen et al. 2006).

L'espace de visualisation immersive peut être implémenté à travers divers équipements de réalité virtuelle immersive : les environnements CAVE (Cave Automatic Virtual Environnement), les casques de réalité virtuelle pour ordinateur (ou autonome), les casques de réalité virtuelle pour mobile, les lunettes de réalité augmentée, ou encore les casques de réalité mixte. Les téléphones sont de nos jours suffisamment répandus pour permettre une accessibilité aux casques de RV mobile à une grande partie de la population. De plus, les interactions limitées propres à l'espace de travail que nous avons défini (visualisation, exploration et vote) ne nécessitent pas obligatoirement l'utilisation d'un équipement sophistiqué accompagné de manettes ou de capteurs de position tels qu'un casque HTC Vive. Nous avons donc choisi la solution d'un casque de réalité virtuelle immersif pour mobile, qui est également plus accessible en termes de coûts et de transport, si l'on se projette dans l'organisation d'ateliers créatifs. D'autre part, nous avons réalisé une étude des technologies candidates qui a guidé nos choix sur les thèmes de la réalité augmentée/mixte/virtuelle (voir Annexe IV page 177).

Enfin, pour l'espace de travail professionnel nous avons opté pour l'utilisation d'un site web, cet espace ne nécessitant pas le support d'une quelconque métaphore d'interaction.

La Configuration Logicielle

Pour la réalisation logicielle nous avons fait le choix d'utiliser le moteur graphique Unity (Unity Technologies n.d.). Ce dernier est mondialement reconnu pour la réalisation de démonstrateurs interactifs, de jeux-vidéo ou encore de jeux pour l'éducation (Maquil et al. 2018), et a déjà été employé dans plusieurs projets de recherche concernant les outils numériques pour la PC dans le DU (Alatalo et al. 2017; Indraprastha and Shinozaki 2009; O'Coill and Doughty 2004; Julin et al. 2018). Unity assure par ailleurs une compatibilité robuste avec les modèles CAO, qui sont les modèles générés par les professionnels du design, et permet une grande liberté face à la création d'interactions (Indraprastha and Shinozaki 2009).

Génération de la carte

La génération de la carte représentant le lieu de travail est réalisée à l'aide d'un plugin Unity (ou asset) nommé Mapbox (Mapbox n.d.) qui utilise des données provenant d'Open Street Map. La carte générée est composée d'une surface plane recouverte d'une texture représentant le sol (rues, nom des rues, zones d'eau, de verdure...) en vue satellite ou GPS, puis d'extrusions en 3D des habitations et infrastructures existantes (voir Figure 37). Les extrusions peuvent également être recouvertes de textures représentant des motifs aléatoires pour simuler le revêtement des bâtiments.



Figure 37 : Exemple de carte générée par l'asset Mapbox dans le moteur graphique Unity

La métaphore de collage 3D

Pour la réalisation de la métaphore de « collage 3D », nous devons trouver un moyen de modifier la structure des éléments 3D intégrés dans l'application Unity en temps réel, pendant l'exécution. Unity étant dédié à l'utilisation de modèles 3D prédéfinis, nous avons décidé d'utiliser une librairie de calculs géométrique open source nommée CGAL (The CGAL Project n.d.). La librairie CGAL étant codée en C++, nous avons utilisé le support de Unity pour les plugin natifs (intégration de fichier .dll ou autres). Effectivement Unity repose sur l'utilisation de scripts C# ou JavaScript. Pour cette métaphore nous avons choisi de positionner l'utilisateur dans une scène (ou vue virtuelle) à part de la carte, offrant une vue sur le modèle à découper uniquement. A partir de cette scène, l'utilisateur peut tracer une courbe avec son doigt de part et d'autre de l'objet à découper (voir image de gauche Figure 38). Quand le contact avec l'écran est relâché, un ensemble d'opérations algorithmiques s'effectuent afin de scinder l'élément en deux parties distinctes (voir image du milieu Figure 38). Tout d'abord une surface de découpe en trois dimensions est générée à partir des différents points formant la courbe, avec les triangles du maillage créés dans le sens horaire. L'extrusion, ou surface de découpe, est générée à travers l'élément à découper (voir algorithme en Annexe VI page 189). La surface de découpe et l'élément à découper sont ensuite convertis dans un format particulier (fichier .off) puis transmis au plugin C++ utilisant la librairie CGAL. Le programme effectue un ensemble de tests par rapport à l'intégrité des éléments transmis et à leur intersection, puis effectue une opération booléenne de différence entre la surface de découpe et l'élément à découper. Le résultat obtenu est transmis au programme Unity et converti dans le format adéquat (.obj). La même opération est répétée avec les triangles du maillage orientés dans le sens anti-horaire pour obtenir deux parties distinctes.

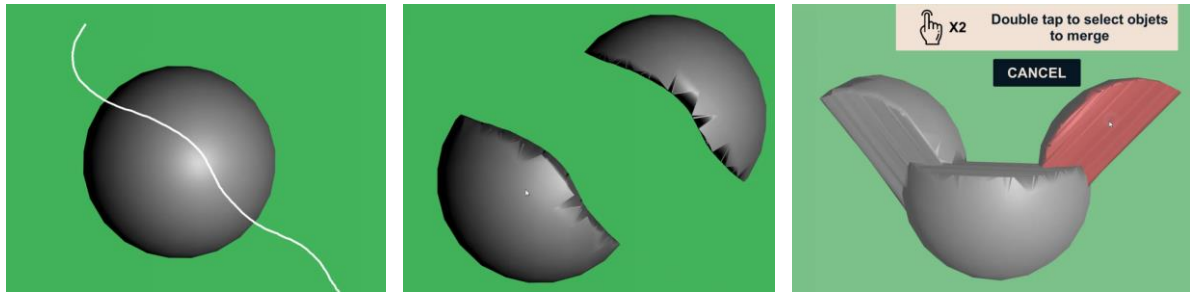


Figure 38 : La métaphore de « collage 3D » réalisée à l'aide du prototype. A gauche, l'utilisateur trace une courbe de part et d'autre de l'élément 3D. A milieu, l'élément est scindé en deux parties. A droite, l'utilisateur fusionne différentes parties entre elles après avoir modifié leur orientation et position

La visualisation immersive

Pour l'application dédiée à l'espace de visualisation immersive, nous avons utilisé un composant pour Unity nommé Daydream (Google n.d.), fournissant les bibliothèques nécessaires pour la réalisation d'une application immersive pour mobile (android ou ios). Ce dernier met à contribution le gyroscope des téléphones pour associer le mouvement de la tête de l'utilisateur à une caméra virtuelle et amplifier la sensation d'immersion.

Le Modèle de Données

La Figure 39 illustre le modèle conceptuel de données utilisé pour stocker les données manipulées. On y retrouve les utilisateurs, les projets, les propositions de design et les modèles 3D. Un utilisateur peut être impliqué dans la réalisation de plusieurs propositions. Les propositions appartiennent à un unique projet mais un projet peut posséder plusieurs propositions. Une proposition peut contenir plusieurs modèles et chaque modèle peut être associé à un ou plusieurs commentaires (audio ou émoticône).

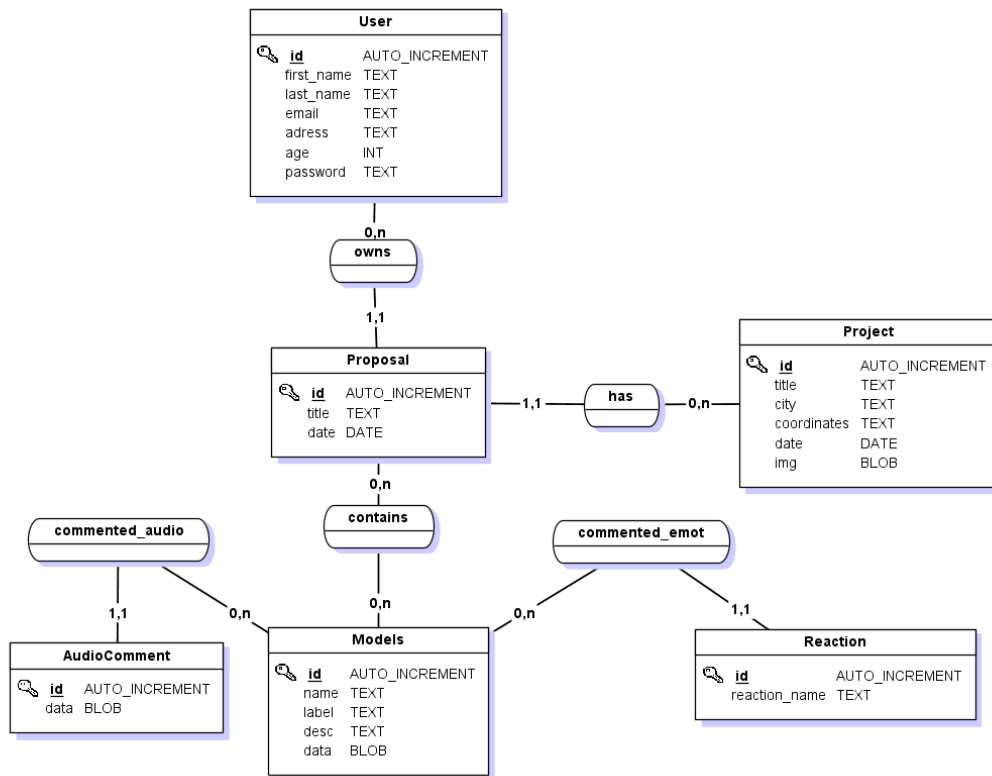


Figure 39 : Le modèle de données de l'artefact

A l'issue de la définition de la configuration matérielle, de la configuration logicielle, et du modèle de données, nous avons pu nous concentrer sur la conception des interfaces utilisateur.

4.3.2.2 Conception des Interfaces Utilisateur

Dans cette section sera présentée la version finale des différents espaces de travail. En effet, l'interface graphique et la configuration matérielle ont été amenées à changer au cours du développement, et également à la suite des évaluations.

Espace de Création, « *Shape the place* »



Figure 40 : Vue globale de l'espace de création

L'espace de création est composé d'un ordinateur contenant l'application, reliée à deux écrans tactiles. Ce choix a été fait dans le but de suivre les recommandations proposées par (Mahyar et al. 2016) pour favoriser l'engagement des utilisateurs. Le premier écran (écran du haut sur la Figure 40), appelé « espace de création », présente l'espace de travail avec la carte et les objets 3D ajoutés. Le second écran (écran du bas sur la Figure 40), appelé « écran de configuration », contient des informations sur les objets sélectionnés ainsi que la base de données d'objets 3D.

L'« écran de création » permet de naviguer sur la carte et d'interagir avec les éléments 3D (voir Figure 41). Les éléments 3D sont l'ensemble des éléments qui se trouvent au-dessus de la carte du lieu, qui elle est une surface en deux dimensions, recouverte d'une texture (une image).

Le Tableau 18 ci-dessous liste les interactions utilisateur disponibles et l'interaction tactile associée :

Réf.	Fonction	Interaction tactile associée
Caméra		
F1.1	Déplacement horizontal	Glissement 1 doigt vers la gauche ou la droite
F1.2	Déplacement vertical	Glissement 1 doigt vers le haut ou le bas
F1.3	Zoom avant/arrière	Glissement 2 doigts en les éloignant/rapprochant
F1.4	Rotation sur soit même	Glissement 3 doigts vers la gauche ou la droite
F1.5	Inclinaison	Glissement 3 doigts vers le haut ou le bas
Eléments 3D		
F1.6	Sélectionner/Désélectionner	Tapoter deux fois sur l'élément
F1.7	Déplacer sur le plan	Glissement 1 doigt partant de l'élément vers l'emplacement voulu. Toutes directions acceptées
F1.8	Déplacer vers le haut / vers le bas	Tapoter le bouton associé
F1.9	Coller au plan (au sol)	Tapoter le bouton associé
F1.10	Rotation (axes X, et Y et Z)	Glissement 1 doigt du slider associé
F1.11	Dupliquer	Tapoter le bouton associé
F1.12	Suppression	Tapoter le bouton associé
F1.13	Augmenter / Diminuer la taille (axes X, et Y et Z)	Tapoter le bouton associé
F1.14	Editer	Tapoter le bouton associé
F1.15	Positionner un élément sélectionné dans la base de données (initié depuis l'écran de configuration)	Tapoter deux fois à l'emplacement voulu
F1.16	Sélectionner plusieurs objets à éditer (initié depuis l'écran de configuration)	Tapoter deux fois les éléments voulus
Autres		
F1.17	Prendre un instantané	Tapoter le bouton associé
F1.18	Ouvrir / Fermer le tutoriel	Tapoter le bouton associé
F1.19	Déplacer le soleil (source de lumière) d'Est en Ouest	Glissement 1 doigt du curseur associé

Tableau 18 : Les interactions de l'écran de création

Lorsqu'un élément est sélectionné (F1.6), l'utilisateur dispose d'un accès plusieurs fonctions (voir Figure 41). Les éléments peuvent être déplacés (F1.7, 1.8, 1.9), tournés (F1.10), dupliqués (F1.11), redimensionnés (F1.13), édités (F1.14) ou supprimés (F1.12). Les éléments peuvent être superposés sans contraintes et ce sur toutes la surface de la carte. D'autre part, des interactions tactiles sont proposées pour déplacer la caméra située « au-dessus » de la carte (F1.1-5). L'utilisateur peut également prendre une capture d'écran à partir de la position actuelle de la caméra (F1.17), déplacer la position du soleil (F1.19) et afficher un tutoriel (F1.18).

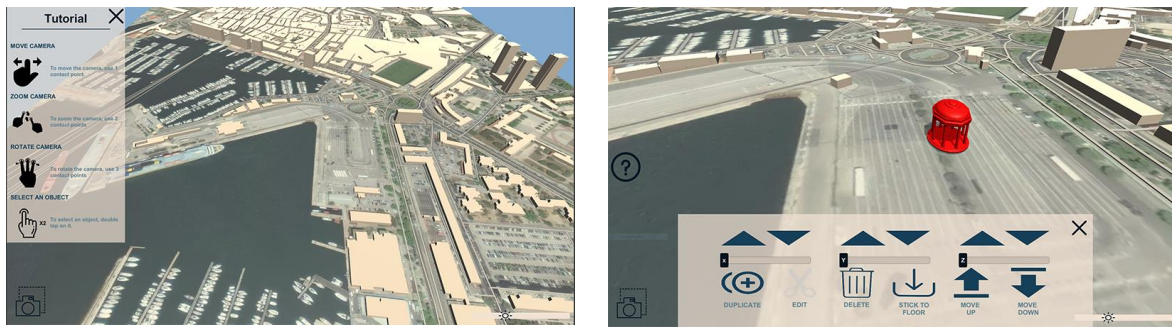


Figure 41 : Interface graphique de l'écran de création. A droite, un objet est sélectionné (kiosque rouge).

La Figure 42 ci-dessous permet de visualiser où se situent les fonctions sur l'interface :

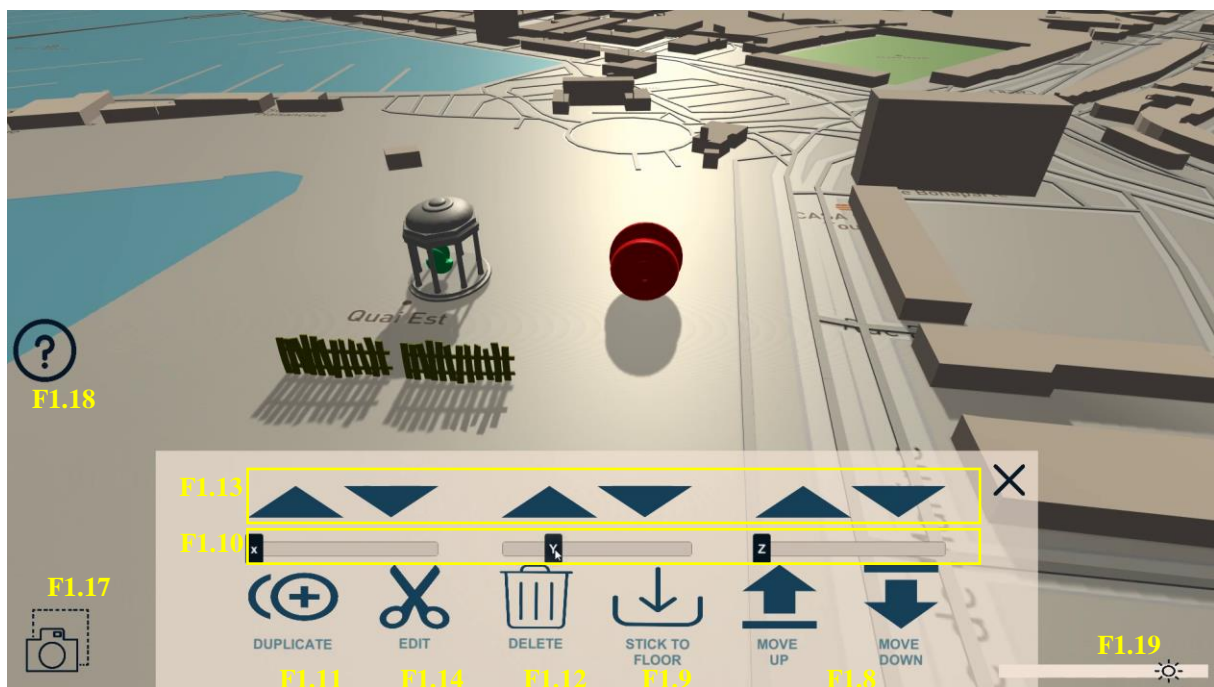


Figure 42 : Lien entre interface graphique et fonctions du prototype, écran de création.

Le second écran (voir Figure 43 et Figure 44), appelé « écran de configuration », donne accès à des fonctionnalités supplémentaires. Cet écran a été ajouté dans le but de décharger la complexité visuelle de l'écran de création. L'utilisateur peut ainsi se concentrer sur la manipulation des éléments 3D.

Le Tableau 19 ci-dessous liste les interactions utilisateur disponibles et l'interaction tactile associée :

Réf.	Fonction	Interaction tactile associée
Base de données		
F2.1	Explorer	Glissement 1 doigt du curseur associé
F2.2	Sélectionner un élément 3D à ajouter	Tapoter l'icône de l'élément voulu
Éléments 3D		
F2.3	Changer la couleur	Glissement 1 doigt dans l'encart associé
F2.4	Ajouter un texte au-dessus	Tapoter la boîte de texte associée pour faire apparaître le clavier tactile
F2.5	Sélectionner un élément ajouté sur la carte	Tapoter l'élément voulu dans l'encart associé
Autres		
F2.6	Sauvegarder la proposition en cours	Tapoter le bouton associé
F2.7	Réinitialiser la position de la caméra	Tapoter le bouton associé
F2.8	Changer le revêtement de la carte (Satellite ou GPS)	Tapoter le bouton associé
F2.9	Editer plusieurs objets en même temps	Tapoter le bouton associé puis interaction sur l'écran de création

Tableau 19 : Les interactions de l'écran de configuration

Depuis cet écran, l'utilisateur a premièrement accès à une librairie d'objets 3D séparée en deux parties, les objets « éditables » et « non-éditables » (F2.2). Cette séparation est due à une limitation technique concernant les maillages des objets 3D. Pour constituer notre librairie d'objets 3D nous avons téléchargé des fichiers provenant de librairies en ligne libres de droits. Malheureusement, la majorité des maillages de ces objets 3D comportent des imperfections telles que des trous, des triangles redondants ou des triangles mal orientés. Ceci ne pose pas de problème lorsque l'on veut simplement afficher ces objets à l'aide du moteur graphique Unity, qui est plutôt permissif. En revanche, cela devient problématique lorsque l'on tente d'altérer la structure du maillage à l'aide du programme CGAL. Ce dernier n'est capable de traiter que des maillages parfaitement définis. Ainsi, les maillages correctement définis sont rassemblés en « objets éditables » et peuvent être découpés et fusionnés. Tous les autres sont des objets « non-éditables ».

Chaque objet 3D est représenté sous forme d'image dans une grille, et chacune des cases peut être sélectionnée (voir Figure 44). Lorsqu'une case est sélectionnée, il est demandé à l'utilisateur de le positionner dans l'écran de création en tapotant à la position souhaitée depuis le premier écran tactile.

Chacun des éléments ajoutés est visible sur cette interface (F2.5) grâce à une liste des éléments ajoutés. Lorsque l'utilisateur sélectionne un des éléments de la liste, la caméra de l'espace de création est automatiquement déplacée en face de cet élément.

Cet écran change lorsqu'un élément est sélectionné depuis l'interface de création (ou depuis la liste des éléments ajoutés de l'écran de configuration). L'utilisateur aura ainsi accès à des informations sur cet élément (son nom, ses dimensions à l'échelle de la carte), il pourra ajouter un texte flottant au-dessus de l'élément (F2.4) et modifier sa couleur (F2.4).

Enfin, cette interface propose d'autres fonctionnalités telles que la sauvegarde de la proposition en cours (F2.6), la réinitialisation de la position de la caméra (F2.7), l'édition de plusieurs éléments (F2.9) ou le changement de l'aspect de la carte en GPS ou satellite (F2.8).



Figure 43 : Interface graphique de l'écran de configuration. À droite, un objet est sélectionné.

La Figure 44 ci-dessous permet de visualiser où se situent les fonctions sur l'interface :

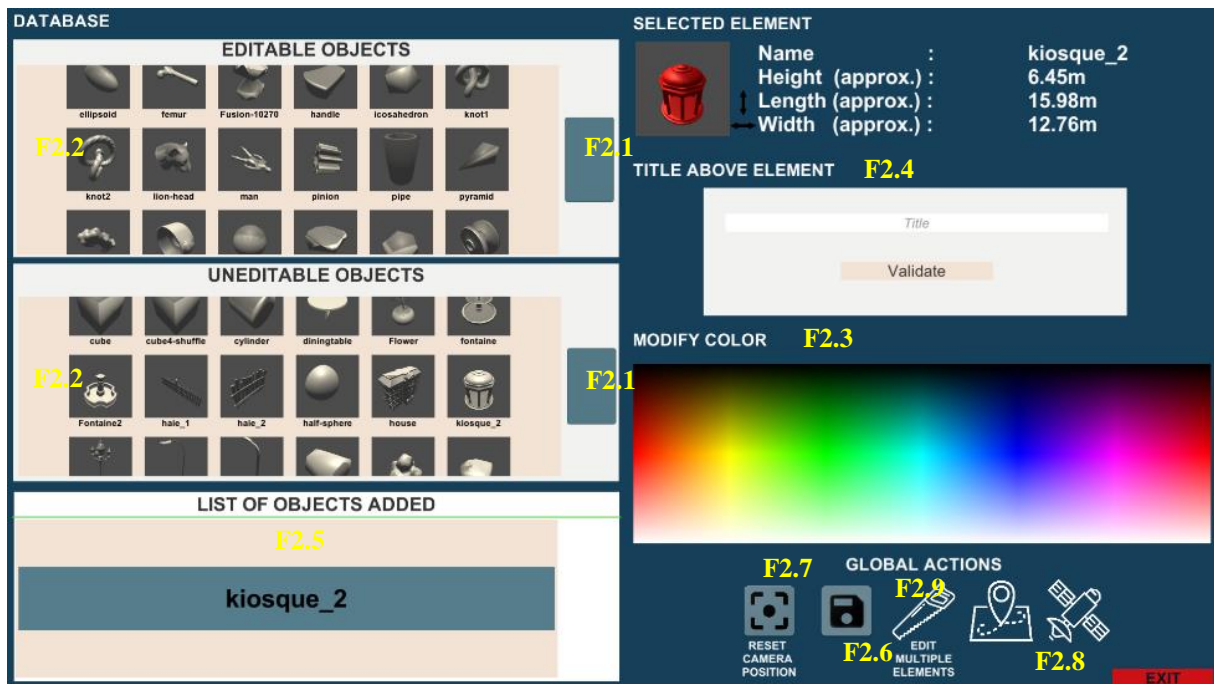


Figure 44 : Lien entre interface graphique et fonctions du prototype, écran de configuration.

Une fois un élément 3D « éditable » déposé sur la carte, il est possible de l'éditer en tapotant le bouton adéquat de l'écran de création (F1.14), ou d'en éditer plusieurs en même temps à l'aide de la fonction de l'écran de configuration (F2.9). En appuyant sur ces boutons, l'utilisateur sera redirigé vers une nouvelle interface, l'écran d'édition (voir Figure 45).

Le Tableau 20 ci-dessous liste l'ensemble des interactions utilisateur disponibles et l'interaction tactile associée à cet écran :

Ref.	Fonction	Interaction tactile associée
Éléments 3D – Mode « manipulation »		
F3.1	Sélectionner/Désélectionner	Tapoter deux fois sur l'élément
F3.2	Déplacer sur le plan	Glissement 1 doigt partant de l'élément vers l'emplacement voulu. Toutes directions acceptées
F3.3	Rotation (axes X, et Y et Z)	Glissement 2 doigts
F3.4	Fusionner deux éléments	Tapoter le bouton associé, puis sélectionner les deux éléments.
F3.5	Supprimer un élément	Sélectionner un élément puis tapoter le bouton associé
Éléments 3D – Mode « découpe »		
F3.6	Tracer une courbe de découpe	Glissement 1 doigt qui doit parcourir l'élément à découper de part et d'autre
Autres		
F3.7	Activer le mode « découpe »	Tapoter le bouton associé
F3.8	Activer le mode « manipulation »	Tapoter le bouton associé
F3.9	Sauvegarder l'édition	Tapoter le bouton associé
F3.10	Annuler l'éditionner en cours	Tapoter le bouton associé
F3.11	Afficher le tutoriel	Tapoter le bouton associé

Tableau 20 : Les interactions de l'écran d'édition.

L'écran d'édition dispose des fonctions nécessaires à la transposition de la métaphore de « collage 3D », à savoir un moyen de découper et fusionner des éléments. Un fois arrivé sur cette interface, l'utilisateur dispose seulement d'une vue sur le ou les élément(s) sélectionné(s) depuis l'écran de création. Deux modes d'interaction sont offerts à l'utilisateur : le mode « manipulation » (F3.8) et le mode « découpe » (F3.7).

Le mode « manipulation » permet de déplacer et tourner les divers éléments. Il donne également l'accès à la fonction de sélection des éléments (F3.1), nécessaire pour réaliser les fonctions de fusion (F3.4) ou de suppression (F3.5). Pour réaliser une fusion de deux éléments, l'utilisateur doit superposer les éléments comme il le souhaite en les déplaçant avec un glissement de doigt. Puis il doit tapoter le bouton de fusion (F3.4) et sélectionner les deux éléments à fusionner (voir Figure 38 page 106). Si les éléments ne sont pas superposés, la fusion n'aura pas lieu. Pour supprimer un élément, l'utilisateur doit premièrement sélectionner l'élément à supprimer puis tapoter le bouton associé (F3.5).

Le mode « découpe » (F3.7) donne la possibilité de tracer une courbe n'importe où sur l'écran. Si cette courbe traverse de part et d'autre un élément 3D, celui-ci sera scindé en deux parties en suivant cette courbe (voir Figure 38 page 106). La découpe ne se fera pas si la courbe tracée est en intersection avec elle-même ou si elle ne traverse pas entièrement l'élément à découper.

Enfin, l'utilisateur dispose d'un tutoriel (F3.11) et de fonctions de sauvegarde (F3.9) et d'annulation (F3.10)

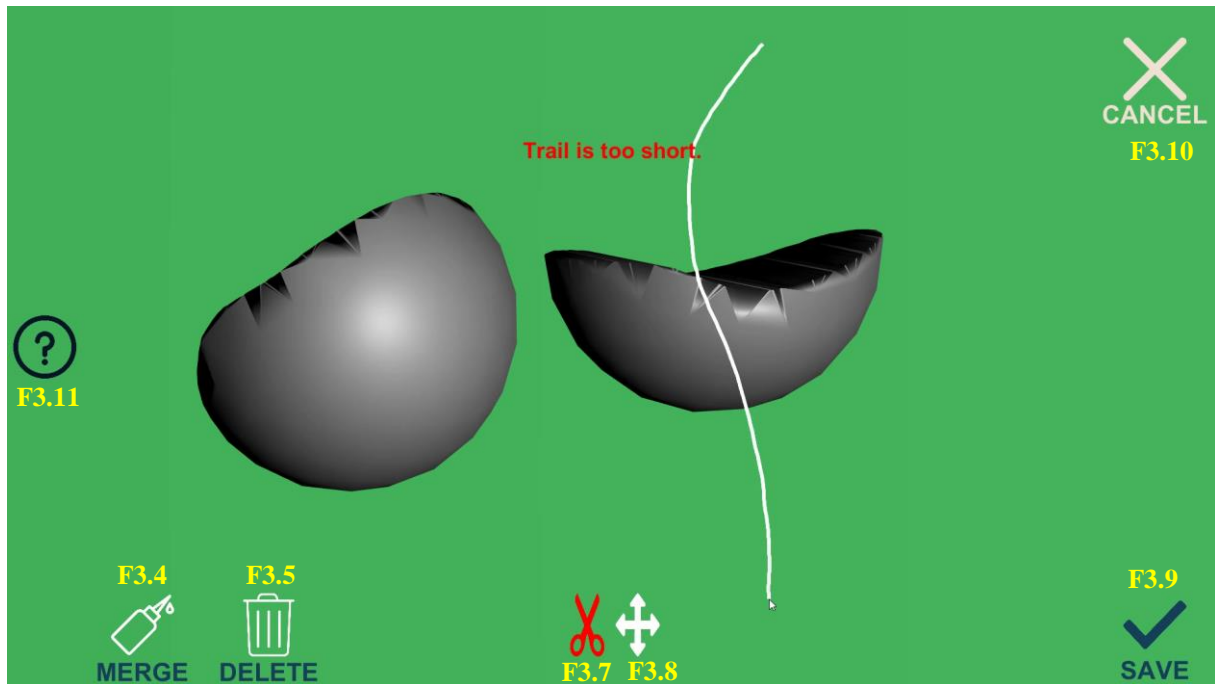


Figure 45 : Lien entre interface graphique et fonctions du prototype, écran de d'édition.

L'espace de création dispose également d'un ensemble d'interfaces permettant d'assurer un contexte de travail complet lors d'un atelier créatif, avec des fonctionnalités de création d'utilisateur, de projet et de proposition (voir Annexe VII page 191) articulées selon la Figure 46 ci-dessous :

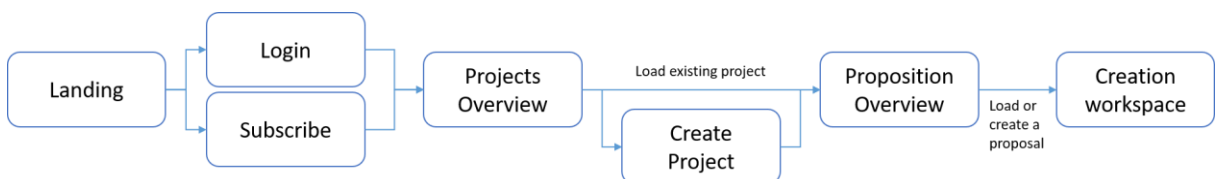


Figure 46 : Cheminement global des interfaces de l'espace de création

Espace de Visualisation Immersive, « *Feel the Place* »



Figure 47 : Vue globale de l'espace de visualisation immersive, implémenté à l'aide d'un casque de réalité virtuelle pour mobile. Le bouton d'interaction se trouve en haut à gauche du casque.

L'espace de visualisation immersive récupère les données sauvegardées depuis l'espace de création pour régénérer l'environnement virtuel. L'application n'est plus hébergée dans un ordinateur mais dans un téléphone mobile. L'exploration de l'environnement peut se faire de deux manières différentes : en vue de dessus ou en vue proche du sol, à « hauteur d'homme » (voir Figure 48).

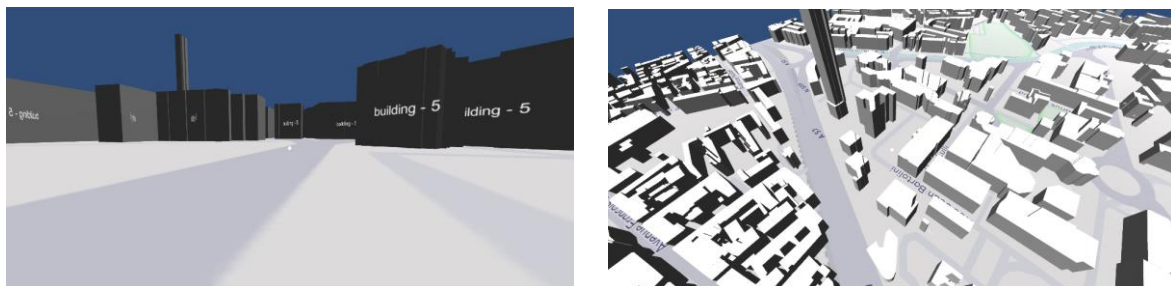


Figure 48 : A gauche, la vue proche du sol. A droite, la vue de dessus.

Le Tableau 21 ci-dessous liste les fonctions disponibles et les interactions associées :

Réf.	Fonction	Interaction associée
Exploration		
F4.1	Avancer/Reculer	Presser le bouton en regardant dans la direction souhaitée
Donner un retour		
F4.2	Sélectionner/Désélectionner un élément	Presser le bouton en étant proche de l'élément souhaité
F4.3	Associer un émoticône	Sélectionner un élément et cliquer sur l'émoticône souhaité
F4.4	Associer un enregistrement audio	Sélectionner un élément et cliquer sur le bouton microphone. Cliquer de nouveau pour arrêter l'enregistrement

Tableau 21 : Les interactions de l'écran d'édition.

Pour se déplacer, l'utilisateur dispose d'un bouton situé au-dessus du casque de réalité virtuelle. Au moment de l'appui sur ce bouton, l'utilisateur se déplacera tout droit dans la direction dans laquelle il regarde. Lorsque l'utilisateur tourne physiquement la tête, la caméra virtuelle de l'application tourne également à l'aide du gyroscope du téléphone. Ainsi s'il souhaite tourner dans l'environnement, il doit le faire réellement.

Pour associer un émoticône à un élément 3D, l'utilisateur doit premièrement se positionner proche de l'élément jusqu'à ce qu'il change de couleur (en bleu), puis appuyer sur le bouton d'interaction du casque, ce qui entrainera encore un changement de couleur (en orange). Ensuite, il peut sélectionner le commentaire à associer (émoticône ou enregistrement audio), utilisant les boutons virtuels situés « à ses pieds » (voir Figure 49). Les émoticônes disponibles représentent 5 émotions plus ou moins positives : la satisfaction, l'excitation, le doute ou la tristesse. Pour accéder à ces boutons l'utilisateur doit incliner sa tête vers le bas.



Figure 49 : A gauche, les interactions disponibles, qui deviennent en regardant vers le bas. A droite, un élément 3D a été sélectionné et change donc de couleur.

Vis-à-vis du processus de participation, nous proposons d'utiliser l'espace de visualisation immersive de plusieurs manières :

- Tout d'abord lors des étapes (1) Analyse de l'état actuel, (2) Idéation et (3) Positionnement spatial (voir Figure 34 page 101), pour permettre aux participants de visualiser des modèles 3D représentant des ambiances, des lieux existants ou encore des projets précédents. Ceci leur permettra de trouver de l'inspiration lors des étapes de divergence, mais également de prendre des décisions lors du positionnement spatial.
- Ensuite, lors de l'étape (4) Création d'une proposition de design (voir Figure 34 page 101), qui consiste à créer une proposition de design urbain. L'outil a pour objectif d'être utilisé de manière itérative avec l'espace de création afin d'affiner et confirmer ce qui est réalisé.
- Enfin, à l'issue de l'étape (4) Création d'une proposition de design (voir Figure 34 page 101), lorsque que les citoyens doivent décider entre plusieurs propositions citoyennes ou professionnelles, l'outil pourra être utilisé en tant que moyen de visualisation et de vote.

Espace Professionnel

L'espace professionnel est une interface web qui a été implémentée à l'aide des technologies web sur le modèle client / serveur. Les technologies client utilisées sont HTML, CSS et le framework JavaScript ReactJS. Côté serveur, nous avons utilisé le framework JavaScript NodeJS.

L'espace professionnel est un tableau de bord (voir Figure 50) à travers lequel les professionnels peuvent :

- Visualiser les propositions créées lors des différentes sessions participatives
- Analyser les retours des utilisateurs générés par l'intermédiaire de l'espace de visualisation immersive. L'interface propose un affichage de statistiques reliées aux émoticônes utilisés et permet de lire/écouter les commentaires.
- Créer/modifier/supprimer des projets de design urbain
- Gérer les utilisateurs

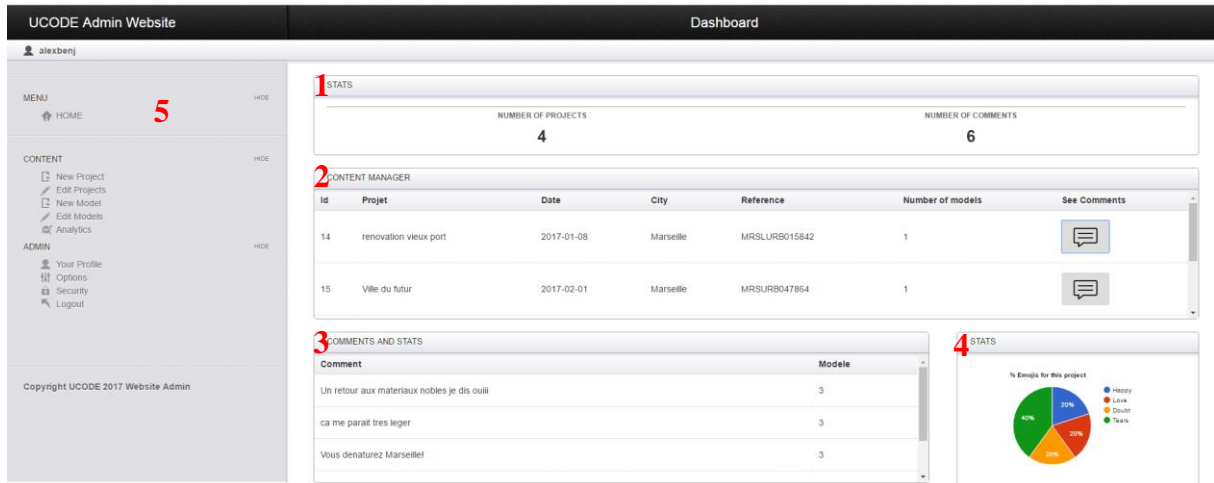


Figure 50 : Aperçu de l'interface web de l'espace professionnel

Cet espace est réservé aux professionnels travaillant sur le projet (initiateurs, facilitateurs et équipes opérationnelles). Il leur permet une gestion des données générées lors des ateliers collaboratifs depuis de l'espace de visualisation immersive ou de création. Ainsi, il a pour but d'être utilisé tout le long du processus de participation, depuis sa création jusqu'à son accomplissement. L'ensemble des données affichées sur cet espace provient d'une base de données appliquant le modèle de données présenté dans la section 4.3.2.1, page 103.

L'objectif de l'espace professionnel est avant tout de donner les moyens aux professionnels de s'inspirer des travaux et commentaires des citoyens. Ils pourront ainsi réaliser des propositions de design compréhensives, en accord avec les besoins émis par les citoyens. La page principale affiche le nombre de projets en cours pour l'utilisateur connecté et le nombre de commentaires total effectué (1 sur la Figure 50). Ensuite, l'utilisateur peut visualiser l'ensemble des propositions réalisées depuis l'espace de création par les citoyens (2 sur la Figure 50). Des informations telles que la date de création, la ville concernée ou le nombre de modèles présentes dans la proposition sont également affichées. Les statistiques affichées (3 et 4 sur la Figure 50) proviennent des retours générés depuis l'espace de visualisation immersive. En effet, les participants peuvent associer une émotion à un élément d'une proposition de design : la satisfaction, l'excitation, le doute ou la tristesse. Ainsi, nous sommes capables de générer un graphique (4 sur la Figure 50) recensant l'ensemble des émotions attribuées sous forme de pourcentages. Nous affichons également les commentaires texte et audios attribués aux éléments 3D (3 sur la Figure 50). Depuis le menu (5 sur la Figure 50), l'utilisateur peut accéder à d'autres pages permettant la gestion des utilisateurs, des projets ou de ses informations personnelles. Cet outil permet d'assurer un historique de ce qui a été réalisé depuis le début d'un projet, mais également de visualiser des projets précédents pour éventuellement récupérer des éléments, ou s'en inspirer.

4.3.2.3 Fonctionnalités et Respect des Exigences

Le développement d'un prototype est un processus long et couteux. Nous avons donc été dans l'obligation de prioriser l'implémentation de certaines fonctionnalités.

Néanmoins nous n'avons pas fait d'impasse sur la transposition des métaphores d'interaction. Tout d'abord, l'espace de création répond grâce à l'interface tactile et ses multiples fonctionnalités aux métaphores de « make tool », de « librairie », de « collage 3D », et de « géant dans un monde miniature ». Ensuite, l'espace de visualisation immersive répond à la métaphore de la « projection dans le futur » grâce à l'utilisation de la réalité virtuelle.

Le prototype répond à la majeure partie des exigences comme l'illustre le Tableau 22 ci-dessous :

Exigence	Fonction(s) associée
E1.1	Pas de fonction à travers l'interface graphique. Intervention nécessaire dans les fichiers du prototype et redémarrage de l'application.
E1.3	F1.1-5
E1.4	F2.1, 2.2
E1.5	F1.6, 1.10, 1.3, 2.1, 2.2
E1.6	F2.3. La texture ne peut être modifiée.
E1.7	F1.6-16, 2.1, 2.2
E1.8	F1.14, 2.6, 3.1-5
E1.9	F4.1, 4.2
E1.10	Cette exigence est assurée par le plugin MapBox
E1.11	F1.1-5
E2.1	Cette exigence est assurée par l'espace professionnel
E2.3	F4.3, 4.4
E2.4	F4.1

Tableau 22 : Exigences initiales et fonctions de prototype associées

Enfin, les exigences auxquelles nous n'avons pas répondu, ou seulement partiellement, sont listées ci-dessous :

- E1.2 : *Je peux ajouter des contraintes BIM à l'environnement 3D afin de restreindre les actions des utilisateurs.*
- E1.6 : *Je peux changer la couleur et l'apparence des éléments 3D dans l'espace de travail virtuel afin d'exprimer mes envies.* Seule la couleur peut être changée.
- E2.2 : *Je peux donner un retour global sur une proposition de design.*

4.4 Résumé

Dans ce chapitre nous avons présenté la conception d'un artefact numérique, l'amélioration d'un processus de participation citoyenne, l'articulation de cet artefact avec le processus amélioré et enfin le développement d'un prototype. Dans l'optique de rester alignés avec notre méthodologie de recherche, nous avons basé la conception de l'artefact et du processus amélioré sur une analyse du contexte social. Cette première étape contribue à l'identification du contexte d'application interne et externe du sujet de recherche. Nous avons donc ici accompli une première partie du cycle de pertinence qui consiste en l'identification des spécifications de l'artefact (Figure 51). Elle a permis d'identifier les limites des processus et outils utilisés sur le terrain, pour en dériver les exigences fonctionnelles de notre artefact. Nous avons de ce fait répondu à la sous-question de recherche *RQ 1.2 : Quelles métaphores d'interaction et quels outils génératifs peuvent être intégrés à l'EVII ?* pour finaliser la réponse à la question *RQ 1 : Quelles sont les spécifications d'un EVII appliquant les concepts du co-design pour impliquer les citoyens dans le design urbain ?*

L'observation du terrain nous a également permis d'identifier les profils des participants aux concertations citoyennes. La conception de l'artefact et du processus amélioré a contribué au cycle de design défini par la méthodologie *design science*. L'étape liée à cette boucle est l'évaluation de l'artefact par l'intermédiaire d'un prototype. Le développement du prototype a été présenté dans ce chapitre, et nous présentons l'évaluation et ses résultats dans le chapitre suivant. D'autre part, l'artefact en lui-même nous permet de conclure la boucle de rigueur de la *design science*, en contribuant à la base de connaissance du domaine par l'intermédiaire de publications scientifiques. Vis-à-vis du modèle de prototypage de (Sonnenberg and Vom Brocke 2012), nous avons réalisé dans ce chapitre les deux premières étapes sur cinq : (1) la spécification du design de l'artefact et (2) l'implémentation de l'artefact et la construction d'un cas de test à partir d'une tâche réelle identifiée dans le contexte concerné.

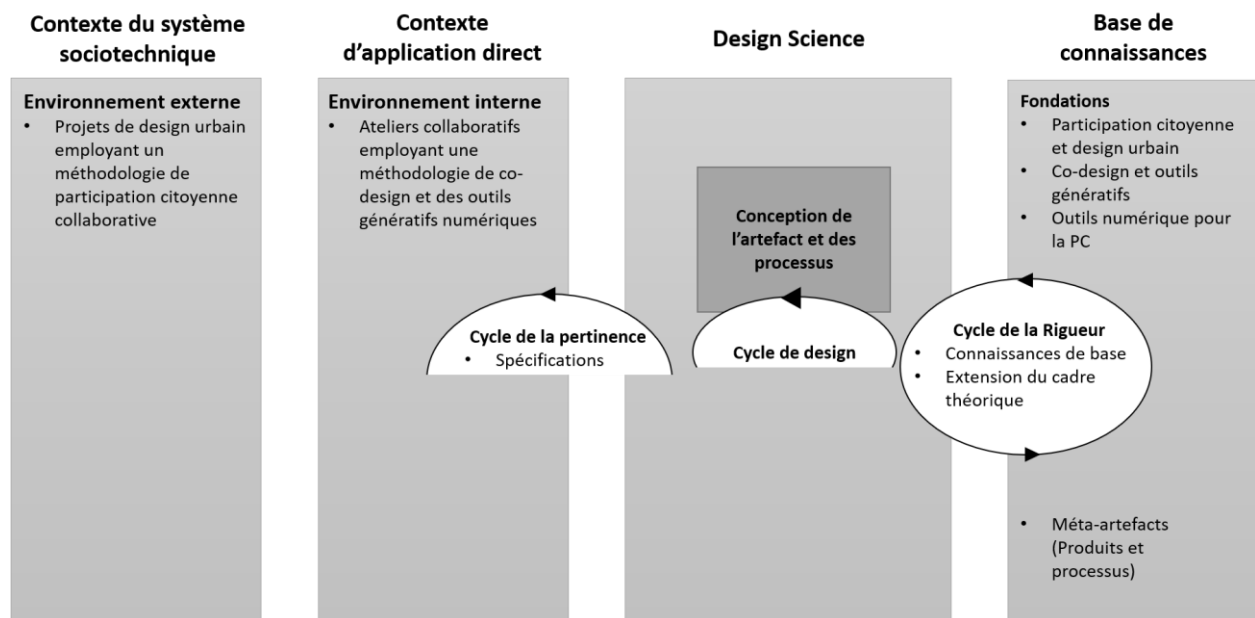


Figure 51 : Avancement de la méthodologie design science, étape 2

Chapitre 5

Évaluation du Prototype

Chapitre 5 Évaluation du Prototype

Dans la continuité du cycle de design de la méthodologie *design science*, nous avons réalisé l'évaluation de l'artefact imaginé par l'intermédiaire d'un prototype. Nous présentons ici l'étape de démonstration et d'évaluation spécifiée dans notre démarche de recherche, qui permet de confirmer l'adéquation de l'artefact conçu. Nous appliquons pour cela les dernières étapes du modèle de prototypage de (Sonnenberg and Vom Brocke 2012), à savoir : (3) la sélection d'utilisateurs réels correspondant au contexte d'application, (4) l'expérimentation du prototype implémenté et (5) l'évaluation du prototype face à la réalisation de la tâche sélectionnée. Dans notre cas nous distinguons deux parties : premièrement l'évaluation de l'utilisabilité du prototype, qui démontre que ce dernier est compris par les utilisateurs et est utilisable. Dans un second temps, nous présentons l'évaluation de l'utilité du prototype dans un contexte se rapprochant d'une situation réelle. Nous présentons pour les deux cas la démarche utilisée, les mesures considérées, les résultats et leur interprétation.

Notre objectif est donc de terminer la boucle de design de la méthodologie *design science*. Ainsi, nous répondons dans ce chapitre à la question de recherche *RQ 2 : Comment les utilisateurs appréhendent-ils l'EVII ?* La présentation de l'évaluation de l'utilisabilité répond à la sous-question *RQ 2.1 : Est-ce que les utilisateurs s'approprient les outils génératifs et métaphores d'interaction mis en place dans l'EVII ?* Enfin, la présentation de l'évaluation de l'utilité répond à la sous-question *RQ 2.2 : Quel est l'impact des outils génératifs proposés dans l'EVII sur l'expression créative des participants ?*

5.1 Évaluation de l'utilisabilité du prototype

5.1.1 Configuration

La configuration globale de l'évaluation est illustrée dans la Figure 52. L'évaluation de l'utilisabilité s'est déroulée dans un format d'interview individuel. Un seul participant était convié à interagir avec le prototype pendant environ 60 minutes. Le participant devait réaliser différentes tâches et répondre à un ou plusieurs questionnaires à la fin de chaque tâche. Il n'était pas immergé dans un contexte particulier de participation citoyenne, l'objectif étant seulement l'évaluation de l'utilisabilité du prototype. Néanmoins le projet de recherche lui était présenté ainsi que les objectifs d'un tel outil numérique. Les participants ont été recrutés parmi les étudiants et membres du corp enseignant d'un établissement d'enseignement supérieur. Au total, 19 personnes ont été sollicitées.

Notre objectif était d'identifier des erreurs qui ne seraient pas apparues pendant la phase d'implémentation. Nous avons également observé le comportement et le discours des participants afin de détecter d'éventuelles fonctionnalités manquantes, qui ne seraient pas intuitives, ou qui nécessiteraient une charge cognitive trop importante. Nous partons de l'hypothèse que la métaphore de « collage 3D » sera facilement comprise par les utilisateurs et qu'ils sauront la mettre à contribution. Pour cela seront comparés deux panels de participants utilisant deux versions différentes du prototype : l'une proposant la métaphore de « collage 3D », et l'autre non.



Figure 52 : Aperçu de la configuration pour l'évaluation de l'utilisabilité

5.1.1 Mesures

Diverses mesures nous permettent d'analyser l'utilisabilité du prototype. Tout d'abord, différents questionnaires ont été remplis par les utilisateurs au fil des tâches.

Le Questionnaire de Propension à l'Immersion (QPI) et le Questionnaire sur l'Etat de Présence (QEP) (Witmer and Singer 1998) permettent respectivement d'évaluer la capacité d'une personne à être sensible à la présence et d'évaluer l'état de présence de cette personne. Le QPI est constitué d'une série de 18 questions, utilisant une échelle de Likert à 7 niveaux, réparties en 4 sous-thèmes : Focus, Implication, Emotions, Jeu. De même le QEP est constitué de 24 questions, utilisant une échelle de Likert à 7 niveaux, réparties en 7 sous-thèmes : Réalisme, Possibilité d'agir, Qualité d'interface, Possibilité d'examiner, Auto-évaluation de la performance, Auditif, Haptique. Ce dernier est proposé en fin d'évaluation pour déterminer le sentiment d'immersion du participant.

Le NASA TLX (Hart and Staveland 1988) mesure une estimation de la charge cognitive et physique d'une personne immédiatement après avoir réalisé une tâche. Le questionnaire permet d'obtenir un score sur 120 points. Un score élevé traduit une charge cognitive et physique élevée pour la tâche concernée. Ainsi l'obtention d'un score bas est un résultat positif.

Le QUESTI (Hurtienne and Naumann 2010) mesure l'intuitivité d'un artefact vis-à-vis d'une tâche particulière. Il est constitué d'une série de questions, utilisant une échelle à 5 niveaux, réparties en 5 facteurs : Charge mentale subjective, sentiment de réussite vis-à-vis de la tâche demandée, sentiment d'effort d'apprentissage, sentiment d'aisance, sentiment vis-à-vis du taux d'erreur.

Ensuite, chacune des sessions ont été enregistrées (vidéo et audio) afin d'être visionnées et interprétées. Ceci est particulièrement important lors de la dernière étape de commentaire libre, où l'utilisateur donne son avis sur l'expérience qu'il vient de vivre. De cette manière les données quantitatives relevées par les questionnaires seront complétées par des données qualitatives.

5.1.2 Procédure

L'expérimentation a suivi une série de 6 étapes détaillées dans le Tableau 23 ci-dessous :

Tâche
<p>Introduction</p> <p>Le participant répond à une série de questions personnelles nous permettant d'identifier son profil socio-professionnel.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questionnaire préliminaire - Formulaire de consentement - QPI
<p>Tâche 1</p> <p>L'utilisateur doit insérer trois éléments sur la carte : une pyramide, un rectangle et une sphère. Il doit ensuite les aligner (dans le sens qu'il préfère) et faire en sorte qu'ils soient espacés de façon homogène.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tutoriel pour la tâche : Insérer un élément, sélectionner, désélectionner, déplacer - Réalisation de la tâche (mesurer le temps pour réaliser la tâche) - Répondre aux questionnaires : NASA TLX, QUESI
<p>Tâche 2</p> <p>L'utilisateur doit manipuler les trois éléments insérés précédemment : tourner le rectangle de 70 degrés, changer la couleur de la sphère et supprimer la pyramide.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tutoriel pour la tâche : Rotation, options du menu - Réalisation de la tâche (mesurer le temps pour réaliser la tâche) - Répondre aux questionnaires : NASA TLX, QUESI
<p>Tâche 3</p> <p>L'utilisateur doit concevoir une zone résidentielle comportant un parc à vélo et un potager urbain.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le participant dispose de 15 minutes pour réaliser la tâche - Une fois la tâche réalisée, l'utilisateur doit prendre une capture d'écran - Répondre aux questionnaires : NASA TLX, QUESI
<p>Tâche 4</p> <p>Visite virtuelle des travaux réalisés dans la tâche 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Démarrer l'environnement - Tutoriel pour la tâche : Comment se déplacer - Le participant dispose de 3 minutes - Répondre aux questionnaires : NASA TLX, QUESI
<p>Debriefing</p> <ul style="list-style-type: none"> - QEP - Questions de satisfaction globale - Commentaires libres

Tableau 23 : La procédure d'évaluation de l'utilisabilité

Évaluation du Prototype

5.1.3 Résultats de l'évaluation

Un total de 19 personnes a participé aux évaluations individuelles d'utilisabilité du prototype.

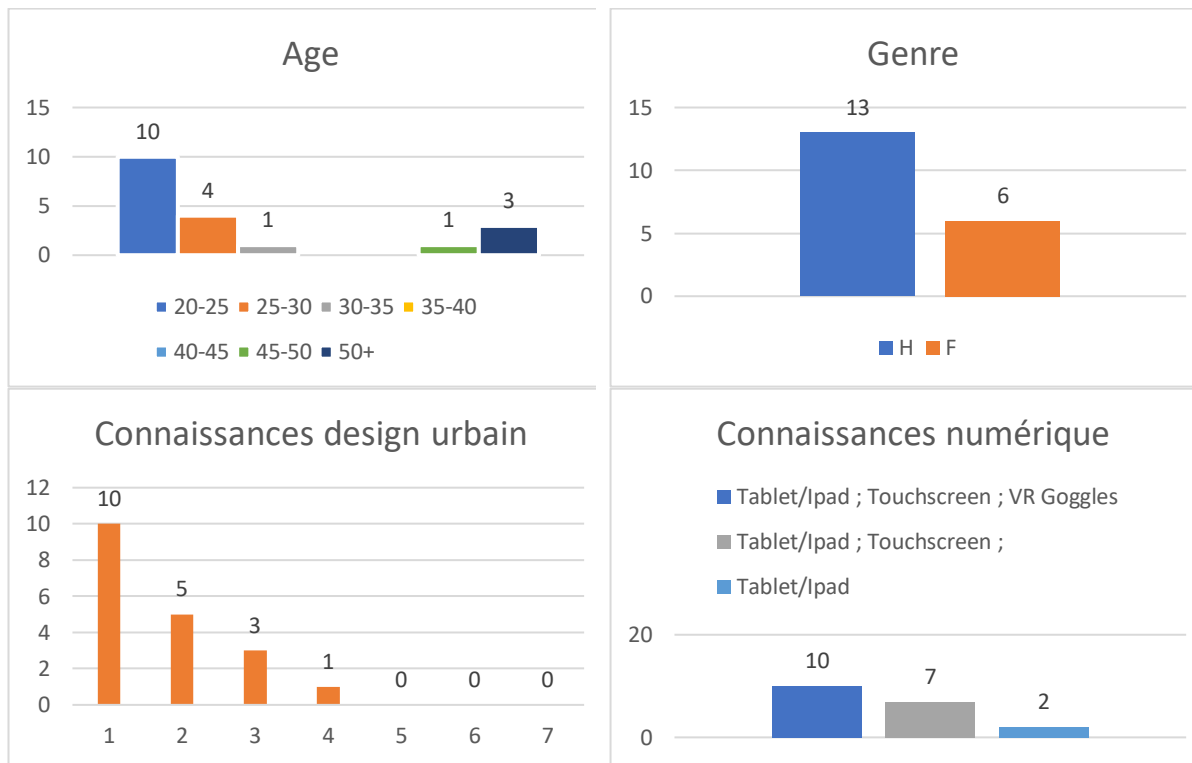


Figure 53 : Les données récoltées sur les participants lors des évaluations individuelles d'utilisabilité

La Figure 53 ci-dessus détaille le profil des participants à l'évaluation. Nous pouvons remarquer une prédominance de participants masculins entre 20 et 30 ans. De plus, la grande majorité des participants n'avaient aucune connaissance particulière dans le domaine du design urbain. Enfin, la population évaluée était habituée à l'utilisation d'outils numériques comme les tablettes, les écrans tactiles et les casques de réalité virtuelle.

La capacité d'immersion moyenne des participants, donnée par le Questionnaire de Propension à l'Immersion, est de 69,26 avec un écart type de 11,49. Cela signifie que les participants étaient majoritairement sensibles aux environnements immersifs. À la suite de la réalisation des 4 différentes tâches, les participants ont également répondu au QEP (voir Tableau 24). Les résultats semblent indiquer un état de présence globalement élevé à l'issue de l'évaluation, ce qui traduit un sentiment d'immersion fort.

Facteur	Moyenne (Ecart Type)
Réalisme	30,89 (10,45)
Possibilité d'agir	19,72 (6,01)
Qualité de l'interface	15,89 (3,10)
Possibilité d'examiner	14,72 (4,88)
Auto-évaluation de la performance	11,28 (3,53)
Total	92,50 (21,70)

Tableau 24 : Résultats du questionnaire de présence

Les résultats du QUESI et du NASA TLX pour les tâches 1 et 2 laissent transparaître une très bonne impression de la part des utilisateurs (voir Tableau 25). Le score d'intuitivité est supérieur à 4 sur 5 points et le score vis-à-vis de la charge cognitive et physique est inférieur à 27 sur 120 points.

Questionnaires	Moyennes (écart-type)			
	Tâche 1	Tâche 2	Tâche 3	Tâche 4
Intuitivité QUESI (sur 5)	4,02 (0,6)	4,16 (0,78)	3,39 (0,74)	4,35 (0,59)
Charge cognitive NASA TLX (sur 120)	27,06 (13,28)	24,04 (18,76)	38,52 (11,57)	26,11 (12,32)

Tableau 25 : Résultats des questionnaires QUESI et NASATLX pour les quatre tâches

Les scores obtenus à la tâche 3, intuitivité (3,39/5) et de charge cognitive/physique (38,52/120), qui met en œuvre l'utilisation de la métaphore de « collage 3D », nous permettent de répondre positivement à la sous-question de recherche *RQ 2.1 : Est-ce que les utilisateurs s'approprient les outils génératifs et métaphores d'interaction mis en place dans l'EVII ?*

Ces résultats sont inférieurs à ceux des tâches 1 et 2 et laissent donc place à une marge de progression. Cela peut s'expliquer par la complexité supérieure de la tâche 3. D'autre part, les scores restent largement acceptables en comparaison à d'autres études menées dans le domaine des systèmes d'information.

(Grier 2015) a effectué une revue de 237 articles de recherche permettant de compiler 1173 scores du NASA TLX. Ces scores ont été catégorisés en fonction de 20 types de tâches (Contrôle de trafic aérien, Classification, Tâches mécaniques, Médecine, Activités physiques, etc...). Les tâches se rapprochant de notre cas sont :

- « Jeux-Vidéo » : Tetris, M-SWAP, etc...
- « Tâches cognitives » : Tâches nécessitant une activité mentale telles que la programmation de logiciels, la planification de vols, répétition de texte, relecture
- « Tâches sur ordinateur » : Utilisation d'un ordinateur pour lire un e-mail, renseigner des informations...

Évaluation du Prototype

Le Tableau 26 extrait les résultats obtenus par (Grier 2015) pour ces trois tâches. Nous pouvons constater que les résultats obtenus pour notre évaluation se situent dans la tranche basse (scores obtenus par moins de 50% des tâches évaluées) des résultats de (Grier 2015). Dans le cas d'une comparaison avec les jeux-vidéos et des tâches cognitives nous sommes même dans la tranche des moins de 25%. Cette comparaison nous permet de valider une bonne utilisabilité de notre prototype.

Tâche	Fréquences cumulées des scores NASA-TLX				
	Min	25%	50%	75%	Max
Jeux-Vidéo	14,08	48,23	56,50	63,72	78,00
Tâches Cognitives	13,08	38,00	46,00	54,66	64,90
Tâches sur ordinateur	7,46	20,99	54,00	60,00	78,00

Tableau 26 : Distributions de fréquences cumulées du NASATLX. Score de charges par types de tâches. Extrait des travaux de (Grier 2015)

Dans le cas du QUESI, nous pouvons comparer nos scores à ceux obtenus par l'étude de (Lugrin et al. 2016). Ces derniers ont obtenu un score total moyen de 3,83 dans le cas d'un système 3D immersif en réalité virtuelle pour entraîner les professeurs à gérer une classe d'élèves. Des scores similaires ont été obtenus dans le cas d'études concernant l'utilisation des iPod Touch et des iPhone (Naumann and Hurtienne 2010). Ainsi, les scores obtenus par nos évaluations indiquent que les participants se sentaient à l'aise avec le prototype, et qu'ils ont accomplis les tâches demandées facilement et intuitivement.

Cette dernière conclusion se valide également en observant les résultats des questionnaires de satisfaction, présentés dans le Tableau 27. Les participants se sont amusés lors des expériences, et ont trouvé très clair le but du prototype. Ils n'avaient pas de problème à comprendre la tâche à réaliser et trouvaient les tâches assez peu exigeantes.

Question	Moyenne / 7 (Ecart Type)
Le but du système était clair	6,65 (0,49)
La tâche à réaliser était exigeante, ce qui m'a plu	5,76 (1,35)
Après avoir entendu la tâche à réaliser, j'avais confiance en ma capacité à la réaliser	6,06 (0,90)
Je me suis amusé en utilisant le système	6,47 (0,62)

Tableau 27 : Résultats du questionnaire de satisfaction

De plus, à la fin de chaque évaluation individuelle, il était demandé aux participants de s'exprimer librement sur les points positifs et négatifs de leur expérience. De manière générale les participants ont estimé que l'interface était intuitive malgré les bugs ou erreurs rencontrées.

Le Tableau 28 et le Tableau 29 recensent respectivement les commentaires positifs et négatifs vis-à-vis de l'expérience. Ces commentaires ont été récupérés à partir des enregistrements vidéo des évaluations. Un retour positif assez récurrent traduisait l'appréciation générale de l'expérience. Les utilisateurs ont passé un bon moment et souvent découvert l'existence de ce genre de technologies, mais également du sujet d'application en lui-même. Ensuite un nombre conséquent de participants ont indiqué s'être amusés pendant l'évaluation, et souvent qu'ils

Évaluation du Prototype

auraient aimé disposer de plus de temps pour continuer à travailler sur la proposition de design. Les commentaires concernaient notamment la fonctionnalité de « collage 3D » et la liberté de création accordée par le prototype. Cet aspect image l'excitation et l'immersion des participants. Enfin, une majorité de personnes a estimé que l'interface et les interactions proposées étaient intuitives et faciles à prendre en main. Néanmoins le prototype n'était pas exempt de défauts.

Commentaires positifs	Nombre de personnes
Intuitif	9
Amusant/Excitant	13
Bonne expérience	15

Tableau 28 : Les retours positifs des participants aux évaluations d'utilisabilité

Le Tableau 29 montre bien l'apparition de bugs, des propositions d'améliorations et un manque de fonctionnalités. On remarque également que le format proposé pour l'étape de création, limité à 10 minutes, a frustré certains participants, qui ont signalé ne pas disposer d'assez de temps pour comprendre le prototype malgré les tutoriels réalisés. Certains participants ont également été déçus par les graphismes de l'environnement virtuel, et du manque d'éléments 3D dans la base de données. D'autres ont enfin signalé un problème au niveau de l'échelle des objets 3D présents dans la base de données. Effectivement les modèles n'étaient pas automatiquement redimensionnés en fonction de la taille des bâtiments, c'était à l'utilisateur de le faire.

Commentaires négatif	Nombre de personnes
Bug	6
Manque fonctionnalité	9
Amélioration	7
Manque objets 3D dans base de données	5
Échelle des objets	3
Manque de temps	7
Graphismes	7
Fonctionnalité peu intuitive	5

Tableau 29 : Les retours négatifs des participants aux évaluations d'utilisabilité

À la suite des évaluations, nous avons pu récolter une liste d'améliorations à fournir pour le prototype, qui ont été prises en compte avant la réalisation des ateliers pour l'évaluation de l'utilité. Nous avons ainsi accompli un cycle itératif de conception du prototype et répondu de manière positive à la sous-question de recherche *RQ 2.1 : Est-ce que les utilisateurs s'approprient les outils génératifs et métaphores d'interaction mis en place dans l'EVII ?*

5.2 Evaluation de l'utilité du prototype

5.2.1 Configuration

L'évaluation de l'utilité s'est déroulée dans un format de simulation expérimentale d'une participation citoyenne, pendant laquelle un groupe rassemblant au maximum 8 personnes était convié à participer à un projet de rénovation d'une place publique dans la ville de Toulon. Au total, 4 ateliers ont été réalisés. Nous n'avons pas fait de sélection intentionnellement pour permettre la participation de profils hétérogènes, qui est bien à l'image des populations vues pendant nos observations participantes.

Nous avons sélectionné un projet prévu dans le planning de la ville, qui consiste à piétonniser une zone composée de remparts, traversés par un tunnel (voir Figure 54). Ce projet fait partie d'un plus vaste projet urbain ayant pour but de proposer des « modes de déplacement doux et capable de distribuer chaque pôle d'attractivité de la cité ». Il s'agit par ailleurs du même sujet que celui proposé lors des ateliers avec outils artisanaux présentés dans la section 4.2.3.



Figure 54 : Le projet de piétonnisation de la place Porte d'Italie, à Toulon

Chaque groupe avait comme objectif de construire collaborativement une proposition de design urbain pour cette place en utilisant le prototype que nous avons développé. La configuration matérielle proposée ne permettant pas aux participants d'accéder aux écrans tous en même temps, nous proposons en début de séance d'effectuer une rotation de la personne interagissant avec l'écran, en fonction de leurs envies. La Figure 55 illustre la configuration des ateliers réalisés, qui s'étendaient sur une durée d'environ deux heures.



Figure 55 : Aperçu de la configuration pour l'évaluation de l'utilité

Les participants devaient faire apparaître certains éléments selon un cahier des charges particulier, tout en étant libre d'ajouter d'autres éléments selon leurs envies. Le cahier des charges se basait sur le travail fourni lors de l'atelier créatif avec outils artisanaux réalisé plus tôt dans l'année (section 4.2.3) :

- Réaliser une zone « Calme » au Sud comportant obligatoirement :
 - Un potager urbain
 - Un terrain de pétanque
 - Un parking à vélo
 - Des lumières

- Réaliser une zone « Jeux » au Nord comportant obligatoirement :
 - Des jeux d'eau
 - Un workout (terrain sportif d'extérieur)
 - Un stade
 - Des lumières

La carte ayant servi comme base de départ aux travaux des participants est visible dans la Figure 56 ci-dessous :

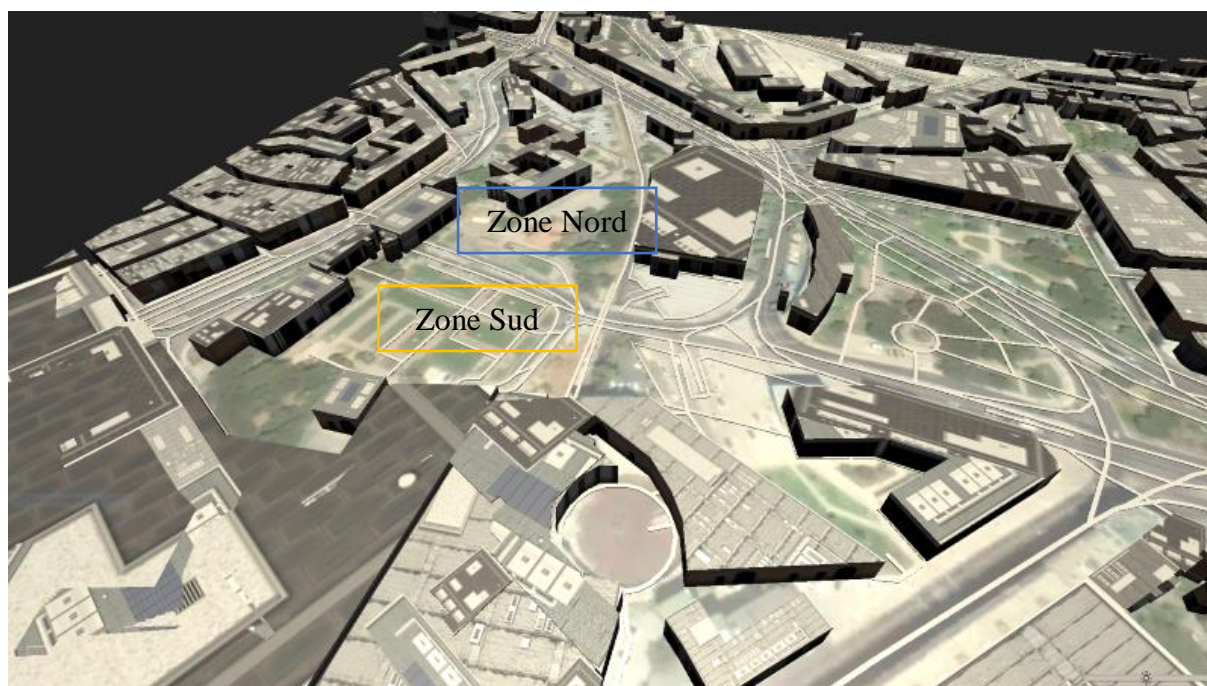


Figure 56 : L'espace de travail de départ des participants aux ateliers pour l'évaluation de l'utilité du prototype

La base de données de l'outil numérique comportait des éléments prédéfinis (fontaines, chaises, bancs, arbres, haies, etc...) et des formes simples (sphères, rectangles, cylindres, etc...). Nous avons choisi de fournir un nombre limité d'éléments aux participants afin qu'ils puissent exprimer leur créativité en créant leur propre modèle, ou en attribuant leur propre signification à un objet particulier.

En fin de session les participants étaient invités à visualiser leur proposition à l'échelle 1/1 à l'aide d'un casque de réalité virtuelle.

Deux configurations différentes du prototype ont été proposées : les participants aux ateliers 1 et 2 avaient accès à la fonctionnalité de découpage/collage d'éléments 3D, alors que ceux des ateliers 3 et 4 ne l'avaient pas.

Les participants n'ont pas été sélectionnés à l'avance. Un dispositif d'inscription en ligne a été instauré avec un nombre de places limité à 8 personnes. La communication a été faite par l'intermédiaire de listes d'email (écoles, associations, municipalités, etc...) et de journaux.

5.2.2 Mesures

L'acte de créativité est communément reconnu comme la capacité à créer des objets, des artefacts ou des idées, qui peuvent être définies et reconnues comme originales, inattendues ; de haute qualité ou encore utiles. C'est pourquoi la créativité peut être décrite à la fois comme un résultat, et comme un processus dans lequel des individus, des groupes ou des organisations s'engagent pour produire des créations, c'est-à-dire des idées nouvelles et utiles (Gaggioli et al. 2015; Amabile 1996).

L'objectif de cette évaluation était d'évaluer dans quelle configuration (avec ou sans la fonctionnalité de découpage/collage 3D) les participants étaient les plus créatifs, en faisant l'hypothèse qu'ils le seraient plus avec la métaphore de « collage 3D ». Pour cela nous utilisons trois moyens : un questionnaire, une observation/interprétation, et un vote par deux panels.

Afin d'évaluer l'impact de l'EVII sur le processus créatif de l'atelier, nous avons utilisé un questionnaire, complété par des observations vidéo, nous fournissant des données qualitatives selon 6 facteurs : la collaboration, l'amusement, l'exploration, l'expression, l'immersion, et l'évaluation du résultat obtenu pour l'effort fourni (en anglais *Result Worth Effort*, ou RWE). Ces facteurs sont reliés à des définitions, théories et concepts relatifs à la notion de créativité, extraits de travaux scientifiques reconnus dans le domaine, comme l'illustre le Tableau 30 ci-dessous :

Évaluation du Prototype

Concepts provenant de la littérature	Exploration	Collaboration	Amusement	Ratio effort fourni/résultat obtenu	Immersion	Expression
Notion de « flow » par (Csikszentmihalyi 1996)						
Les objectifs sont clairs	X					
Les actions d'une personne reçoivent un retour immédiat		X			X	
Equilibre entre défis et compétences				X		
L'action et la conscience sont fusionnées			X		X	
Les distractions sont exclues de la conscience			X			
Pas de peur de l'échec	X		X			
La conscience de soi disparaît			X			
La conscience du temps se déforme			X			
L'activité devient automatique			X			
Principes de conception des outils de support à la créativité par (Schneiderman 2007)						
Permet la recherche exploratoire	X					
Permet la collaboration		X				
Fournir un historique persistant riche	X				X	
Conception avec seuils bas, hauts plafonds et larges murs				X	X	X
Dimensions de l'amusement par (Read, MacFarlane, and Casey 2002)						
L'expérience vécue est meilleure que les attentes initiales			X	X		
Engagement			X			
Envie de continuer/répéter l'expérience			X	X		
Six facteurs de jeu comme disposition, par (Rubin, Fein, and Vandenberg 1983)						
Motivation intrinsèque			X			
Importance de la fin plutôt que des moyens			X			
Engagement actif			X			
Absence de règles externes	X					X
Non-littéralité						X
Comportement dominé davantage par la personne que par l'environnement		X		X		

Tableau 30 : Comment les concepts de créativité de la littérature sont reliés aux facteurs du CSI (traduction de (Carroll and Latulipe 2009))

Évaluation du Prototype

Le questionnaire était une version traduite en français du *Creativity Support Index* (CSI) créé par (Cherry and Latulipe 2014) (voir questionnaire en Annexe I.B.2 page 208). Le questionnaire n'évalue pas nécessairement un outil dans son intégralité, mais plutôt l'utilisation de l'outil pour réaliser une tâche particulière, dans notre cas la création d'une proposition de design urbain.

Le questionnaire se compose de deux parties :

- Des échelles de notations (Likert 0-10, Totalement d'accord-Pas du tout d'accord) comportant deux affirmations par facteur.
Exemple pour le facteur amusement :
Je serais heureux, content/J'apprécierai de pouvoir utiliser cet outil régulièrement.
Exemple pour le facteur ratio effort/résultat :
Je suis satisfait de ce que j'ai pu réaliser avec cet outil.
- Une comparaison facteur à facteur sous la forme :
Quand je réalise cette tâche, le plus important pour moi est de pouvoir :
Explorer différentes idées, résultats ou possibilité (facteur exploration) OU Travailler avec les autres (facteur collaboration).
L'utilisateur doit choisir entre les deux possibilités. Cette comparaison permet d'établir un compte du nombre de fois où un facteur est préféré à un autre.

Évaluation du Prototype

Le Tableau 31 ci-dessous résume les questions rassemblées par facteurs :

<p>Collaboration</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. L’outil a facilité ma collaboration avec les autres membres du groupe. 2. Il était très simple de partager mes idées et designs avec d’autres personnes en utilisant cet outil.
<p>Amusement</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. J’apprécierai de pouvoir utiliser cet outil régulièrement. 2. J’ai apprécié d’utiliser cet outil.
<p>Exploration</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Je n’ai rencontré aucun problème pour envisager différentes idées, options, designs ou résultats en utilisant cet outil. 2. L’outil m’a aidé à facilement suivre mes idées, résultats ou possibilités.
<p>Expression</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. J’ai pu être très créatif lors de la réalisation de ma tâche avec cet outil. 2. L’outil m’a permis d’être très expressif.
<p>Immersion</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mon attention était entièrement focalisée sur la tâche à réaliser, et j’ai oublié l’existence de l’outil que j’utilisais. 2. J’étais tellement absorbé par ma tâche que j’en ai oublié l’outil que j’utilisais.
<p>Ratio effort/résultat</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. J’ai été satisfait de ce que j’ai pu obtenir de l’outil. 2. Ce que j’ai produit est à l’image de l’effort que j’ai dû fournir.

Tableau 31 : Affirmations proposées aux participants qui doivent répondre à l’aide d’une échelle de 1 à 10. Dans la version fournie aux participant, le nom des facteurs n’apparaît pas et les questions ne sont pas regroupées. (Traduction de (Cherry and Latulipe 2014))

Le résultat final est une note sur 100 points, un score haut indiquant un meilleur support à la créativité. Le résultat peut facilement être associé au système de notation de l’éducation américaine, un score supérieur à 90 indiquant un A, et un score inférieur à 60 un F. De plus, le CSI génère des scores individuels par facteur aidant le chercheur à analyser comment l’outil supporte divers aspects de la créativité. L’équation est visible dans la Figure 57 ci-dessous :

$$\begin{aligned}
 \text{CSI} = & [(\text{Score Collaboration 1} + \text{Score Collaboration 2}) * \text{CompteCollaboration} + \\
 & (\text{Score Amusement 1} + \text{Score Amusement 2}) * \text{CompteAmusement} + \\
 & (\text{Score Exploration 1} + \text{Score Exploration 2}) * \text{CompteExploration} + \\
 & (\text{Score Expression 1} + \text{Score Expression 2}) * \text{CompteExpression} + \\
 & (\text{Score Immersion 1} + \text{Score Immersion 2}) * \text{CompteImmersion} + \\
 & (\text{Score Resultat Obtenu/Effort 1} + \text{Resultat Obtenu/Effort 2}) \\
 & * \text{CompteResultatObtenu/Effort}] / 3.0
 \end{aligned}$$

Figure 57 : L’équation permettant de calculer le score CSI (Cherry and Latulipe 2014)

L’équation commence par ajouter les scores des affirmations par facteur. Ces scores sont ensuite multipliés par leur compte (nombre de fois ou le facteur a été choisi dans la comparaison facteur à facteur). Ensuite, un score intermédiaire par facteur est obtenu, représentant un score pondéré (multiplication de la somme par le compte). Enfin, ces scores pondérés sont sommés et divisés par 3 pour obtenir un score sur 100.

Évaluation du Prototype

Pour évaluer l'impact de l'EVII sur la créativité en tant que résultat, nous avons soumis les propositions de design urbain créées pendant les quatre ateliers à un vote. Ce vote était séparé en deux panels de personnes n'ayant pas pris part aux ateliers : un panel large, constitué de personnes non expérimentées dans le design urbain (enseignants et élèves d'un établissement d'enseignement supérieur), et un panel « expert », composé d'architectes, urbanistes et professionnels du design urbain membres du projet U_CODE. Le vote portait sur trois aspects d'une proposition : l'originalité, l'utilité et l'esthétique (voir questionnaire en Annexe I.B.3 page 211). Pour chaque aspect, les participants devaient choisir la proposition qui y répondait le mieux.

Enfin les participants ont également répondu à un court questionnaire (voir Annexe I.B.1 page 206) permettant d'identifier leurs profils (âge, connaissance du design urbain, de la participation citoyenne, aise vis-à-vis du numérique).

5.2.3 Procédure

Le Tableau 32 ci-dessous détaille la procédure mise en place lors des ateliers :

Tâche
<p>Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> - Repas et présentation du contexte : - Objectif de l’atelier, - Projet U_CODE et projet de thèse
<p>Présentation des objectifs de la session</p> <ul style="list-style-type: none"> - Projet urbain simulé - Compte rendu de l’atelier artisanal - Cahier des charges - Présentation des fonctionnalités du prototype
<p>Réalisation de la tâche</p> <p>« Réaliser votre proposition de design à partir du programme imposé. Vous avez également droit à des libertés mais certains éléments doivent obligatoirement apparaître »</p>
<p>Visualisation immersive</p> <p>Exploration des travaux réalisés à l’échelle 1:1</p>
<p>Présentation</p> <p>Réalisation d’une présentation du travail réalisé devant la caméra par les participants</p>
<p>Questionnaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questionnaire préliminaire - Questionnaire sur le support à la créativité

Tableau 32 : La procédure d'évaluation de l'utilité

Nous présentions tout d’abord le contexte du projet de recherche et les objectifs de l’atelier. Ensuite étaient présentés le projet sur lequel reposait la participation citoyenne simulée, les résultats obtenus par les précédents participants et donc le cahier des charges, puis les fonctionnalités du prototype. Par la suite, les participants devaient réaliser la tâche demandée en collaboration, prendre une capture d’écran, et visualiser leur travail à l’aide de l’environnement de visualisation immersive. Enfin, il leur était demandé de répondre à deux questionnaires présentés ci-dessous.

5.2.4 Résultats de l'évaluation

5.2.4.1 Profil des participants

Au total, 4 ateliers ont été réalisés, rassemblant à chaque fois entre 7 et 8 personnes. Les participants aux ateliers 1 et 2 avaient à disposition la fonctionnalité de « collage 3D » de l'outil, alors que les groupes 3 et 4 ne l'avaient pas.

Les graphiques détaillant les profils des participants (âge, genre, connaissance du DU, connaissances du numérique) sont visibles en Annexe IX page 216.

L'atelier 1 a rassemblé 7 personnes. 71% des participants n'avaient jamais participé à une session de concertation citoyenne. Parmi les participants se trouvaient deux professionnels de l'urbanisme, qui ont accepté de jouer le rôle de citoyens pour le temps de l'atelier. Les cinq autres participants étaient des étudiants de la ville de Toulon.

8 personnes ont participé à l'atelier 2. 75% des participants n'avaient jamais participé à une session de concertation citoyenne. Ce groupe était assez particulier puisqu'il était composé d'une majorité d'activistes qui se connaissaient déjà. Ces 6 personnes ont pour habitude de se regrouper pour proposer des événements dans leur quartier et sont donc à l'aise avec le concept de participation. Il y avait ensuite deux autres personnes, une étudiante et un directeur d'école, qui ne se connaissaient pas.

8 personnes ont participé à l'atelier 3. 75% des participants n'avaient jamais participé à une session de concertation citoyenne. L'atelier a rassemblé trois étudiants de la ville de Toulon, deux enseignants, une journaliste, et une citoyenne intéressée par le sujet. De plus, une professionnelle de l'urbanisme de l'organisme CAUE Var était présente. Ce groupe ne bénéficiait pas d'une grande cohésion car peu de monde se connaissait.

Enfin, 7 personnes ont participé à l'atelier 4. 100% des participants n'avaient jamais participé à une session de concertation citoyenne. Les participants étaient majoritairement des étudiants, il y en avait 5. Il y avait également un enseignant et une secrétaire d'un établissement scolaire. Toutes ces personnes se connaissaient plus ou moins.

Les profils des participants étaient variés et nous ont amenés à déduire différentes remarques après visionnage des enregistrements vidéo. Au premier atelier, deux professionnels s'étaient inscrits et ont joué le rôle de citoyens. Nous avons tout de même observé une déformation professionnelle : ils se sont instinctivement placés en tant que facilitateur, ou même leader, du groupe de travail. Dans le deuxième atelier régnait une grande cohésion. Effectivement les inscrits étaient membres d'une même communauté activiste de la ville de Toulon. Le troisième atelier a rassemblé une majorité d'amateurs et seulement un professionnel. Ce dernier s'est placé en retrait pour observer les participants, et n'a donc pas été moteur des travaux. Enfin, le dernier atelier a rassemblé un public très jeune, avec une tendance avérée pour les jeux-vidéo, qui se traduisait par une grande curiosité par rapport aux différentes fonctionnalités du prototype ; plutôt qu'au projet de design urbain en lui-même.

Nous pouvons remarquer que les profils des participants étaient relativement hétérogènes. Cela implique que les résultats quantitatifs obtenus par le biais des questionnaires doivent être interprétés avec beaucoup de précautions.

5.2.4.2 Impact de l'EVII sur le processus créatif

L'objectif des quatre ateliers successifs réalisés était de mettre en évidence le support à la créativité de citoyens participant à l'aménagement d'un espace public, à travers l'utilisation d'un EVII. Nous avons pour cela établi un contexte de travail réel et présenté des objectifs aux participants, jouant le jeu de vrais citoyens impliqués dans le projet. En effet, chaque groupe a pu réaliser une proposition de design, suivant plus ou moins correctement le cahier des charges proposé, comme l'illustrent la Figure 58, la Figure 59, la Figure 60 et la Figure 61 ci-dessous :

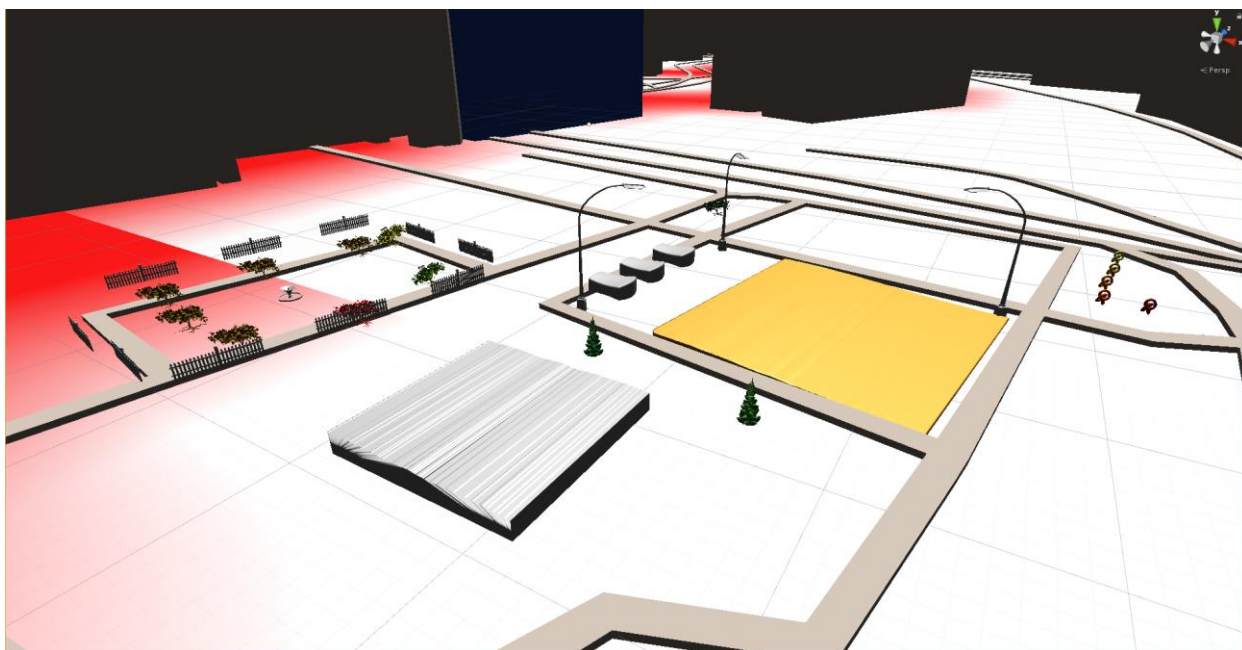


Figure 58: Proposition de design du groupe 1

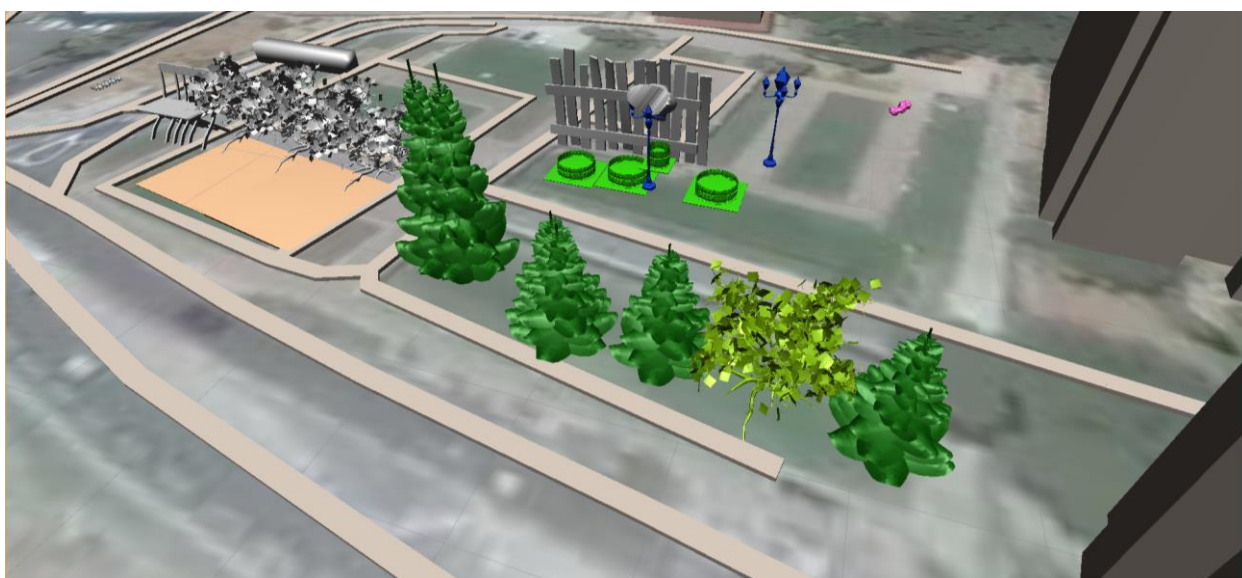


Figure 59: Proposition de design du groupe 2

Évaluation du Prototype

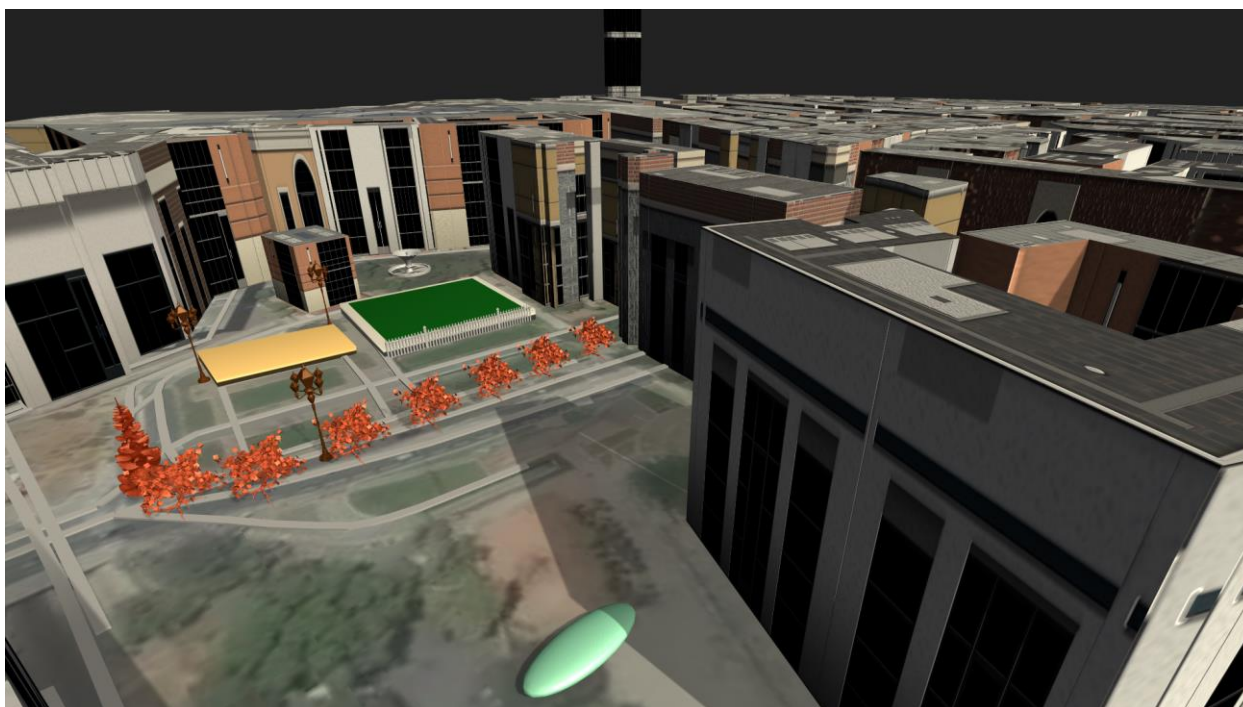


Figure 60: Proposition de design du groupe 3

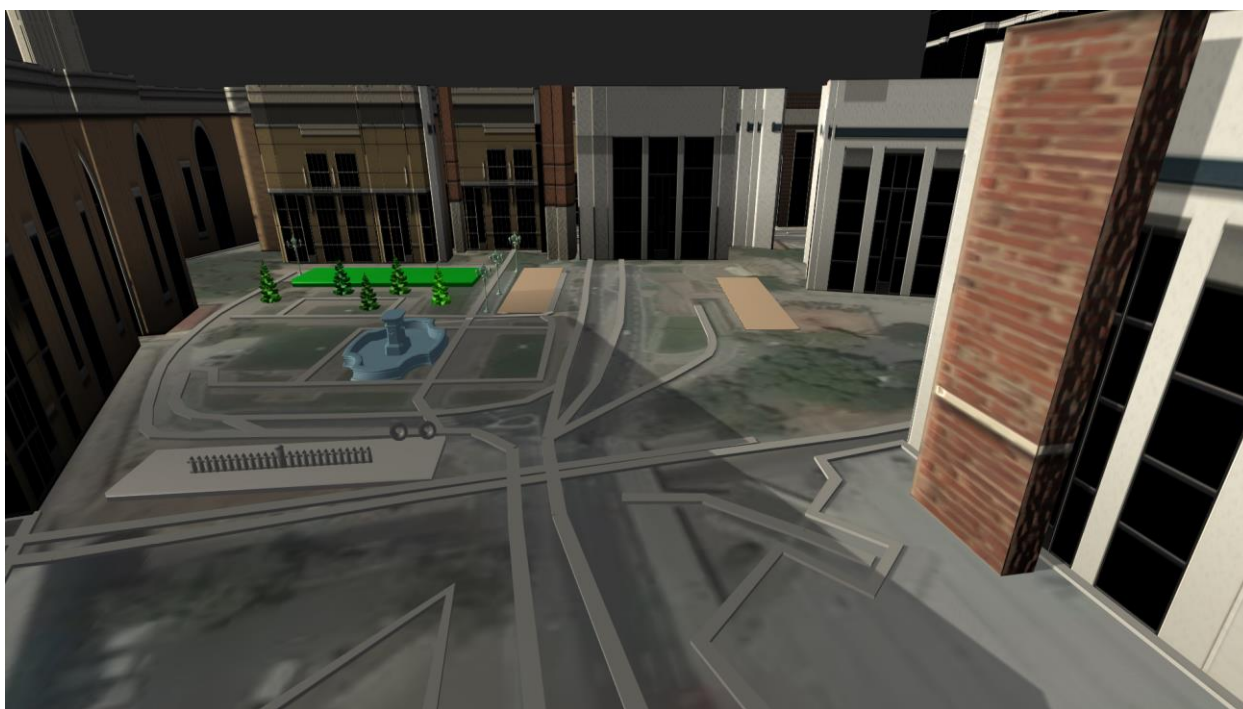


Figure 61: Proposition de design du groupe 4

En ce qui concerne l'évaluation formelle du support à la créativité de l'EVII au travers du questionnaire CSI, les scores détaillés des différents facteurs pour chaque atelier sont disponibles en Annexe X page 220. Les facteurs qui ressortent comme les plus importants pour l'ensemble des groupes sont l'expression et l'exploration. Ensuite vient le facteur

Évaluation du Prototype

collaboration. Puis viennent dans l'ordre d'importance l'amusement, l'immersion et le ratio effort/résultat.

Le Tableau 33 ci-dessous illustre les scores totaux moyens obtenus au questionnaire CSI pour chaque atelier :

	Atelier 1	Atelier 2	Atelier 3	Atelier 4
Score CSI moyen sur 100 (écart-type)	70,90 (11,19)	50,71 (7,41)	66,05 (13,63)	69,19 (8,21)
Equivalent notation américaine	C-	F	D	D+

Tableau 33 : Résultats du questionnaire CSI par atelier

Ces résultats laissent transparaître une évaluation moyenne de la part des participants, qui semblent ne pas avoir été totalement convaincus du support à la créativité fourni par l'EVII. Nous avons néanmoins pu relever au travers des observations vidéo un certain engouement pour l'utilisation de cet outil, qui était encore à l'état de prototype. De plus, certains scores sont contradictoires avec la dynamique observée lors de l'atelier ainsi qu'avec la qualité de la proposition réalisée. Par exemple, les participants à l'atelier 2 ont attribués le moins bon score, alors même qu'une ambiance joviale régnait pendant tout l'atelier, et que la proposition réalisée respecte les éléments du cahier des charges.

Pour distinguer l'apport de notre proposition avec d'autres identifiées dans la littérature, nous avons implémenté dans ce prototype une métaphore de « collage 3D ». L'outil de découpage 3D n'était disponible que pour les participants des ateliers 1 et 2. Nous avons donc comme hypothèse que l'utilisation de la métaphore de « collage 3D » améliorerait la créativité des participants et assurerait l'utilité du prototype vis-à-vis du contexte étudié. Par créativité nous entendons à la fois la créativité comme processus, à l'aide des 6 facteurs du CSI, et à la fois comme résultat, à l'aide du questionnaire envoyé à deux panels de votants.

		Ateliers 1+2	Ateliers 3+4
Score Total CSI	/ 100	60,13(13,78)	67,62(10,93)
Collaboration	/ 20	14,20(3,76)	15,07(2,89)
Amusement	/ 20	15,40(3,07)	14,86(3,18)
Exploration	/ 20	10,33(2,97)	13,36(2,37)
Expression	/ 20	11,53(3,81)	12,43(3,13)
Immersion	/ 20	8,00(4,00)	11,86(4,26)
Ratio effort/résultat	/ 20	11,40(3,52)	12,86(2,57)

Tableau 34 : Résumé des scores obtenus au CSI pour les quatre ateliers.

Le Tableau 34 met en évidence le fait qu'avec la métaphore de « collage 3D », le score de support à la créativité pour une même tâche (design d'une place publique dans la ville de Toulon) est plus bas. Néanmoins ces résultats sont à nuancer car les écarts types obtenus sont élevés. Ainsi statistiquement, ces scores ne nous permettent pas de tirer des conclusions quant à un impact positif de la métaphore de « collage 3D » sur la créativité de participants, par

rapport au cas où elle n'était pas disponible. Une analyse qualitative vis-à-vis de chaque facteur du CSI nous permet ici de nuancer ces résultats, et de mieux analyser les processus créatifs des ateliers.

Les deux facteurs les plus importants pour les utilisateurs, l'Expression et l'Exploration, obtiennent des scores moyennement bons.

Concernant **l'expression**, les scores indiquent une frustration des utilisateurs vis-à-vis de leurs capacités créatives. Grace aux retours qualitatifs des participants nous pouvons constater que cela est en partie dû à des fonctionnalités manquantes et une base de données pas assez fournie. Ils auraient aimé avoir plus d'objets 3D à leur disposition. Le facteur d'expression est également relié au concept de non-littéralité. Ce concept traduit le fait que la situation vécue n'est pas considérée dans son sens « littéral », que le but initial des objets manipulés est oublié et substitué pour laisser place à la créativité (Iulio et al. 2010). Nous avons pu observer que dans le cas des participants possédant la fonctionnalité de « collage 3D », la structure initiale des objets 3D a été détournée pour ensuite accorder une signification au nouvel objet créé. Par exemple, le premier groupe a utilisé un carré qu'il a redimensionné puis sectionné en deux parties pour représenter un terrain de pétanque. Le second groupe a utilisé un modèle 3D représentant initialement une bobine, l'a sectionné en deux, l'a fait tourner puis l'a assemblé pour ainsi représenter un parking à vélo.

Au sujet de **l'exploration**, les scores obtenus indiquent que les participants étaient moyennement satisfaits. Un score bas dans ce facteur traduit une peur de l'échec du participant, qui met donc en avant un nombre de bugs trop élevé, ou un manque de confiance face à la complexité de l'outil, et donc son intuitivité. C'est un mauvais point vis-à-vis du support au co-design car l'utilisateur ne peut pas facilement créer plusieurs possibilités de design au sein de sa proposition. Au travers de l'analyse qualitative nous avons pu le remarquer à travers trois aspects : la visibilité de la base de données, certaines interactions tactiles comme la rotation de la caméra virtuelle, et le niveau de détail. Concernant les deux premiers points, il s'agissait clairement de problèmes d'interface utilisateur. Pour la base de données, les participants commentaient souvent que l'espace entre les cases était trop resserré et que les images étaient trop petites. Pour l'interaction tactile de rotation de la caméra, le fait de devoir utiliser 3 points de contact à dérangé de nombreux participants. En effet, ils n'arrivaient pas à maîtriser la rotation comme ils le souhaitaient. En écoutant les discussions des participants est apparu le problème du niveau de détail (en anglais Level of Detail ou LOD). Certains utilisateurs estimaient que l'environnement virtuel représentant la place publique n'était pas assez détaillé, d'autres qu'il n'était pas assez épuré. Nous avons pu déjà identifier cette problématique lors des interviews de professionnels, qui estimaient qu'un niveau de détail bas était préférable pour éviter une mauvaise interprétation des citoyens. En effet, ces derniers pourraient s'attacher à une vision du lieu futur et être déçu du résultat final après construction. Les participants eux étaient mitigés entre un niveau de détail haut ou bas, certains favorisant la qualité graphique des modèles par habitudes des jeux vidéo. Ces observations nous donnent des pistes supplémentaires sur l'amélioration de l'utilisabilité de l'artefact et contribuent donc au cycle de design de la *design science*.

La **collaboration** est bien supportée dans les deux cas comme le montre les résultats du CSI, ce qui est un point positif pour l'outil. Ce point était soit très important soit moyennement important pour les utilisateurs. Nous avons pu observer une forte collaboration de la part des participants à l'atelier 2, du fait de leur cohésion sociale et de l'existence d'un langage et d'une culture commune. Le premier groupe a également su collaborer grâce à la position de facilitateur prise intuitivement par les deux professionnels présents. En opposition, les groupes 3 et 4 étaient beaucoup plus hétérogènes, se connaissaient peu et ne comportaient pas de professionnels. De ce fait la collaboration y était plus faible selon notre analyse vidéo. Ceci met en avant la nécessité d'une cohésion sociale entre les participants, mais également de la présence de leaders dans les groupes. Ces derniers se doivent d'avoir des connaissances dans le domaine professionnel du design urbain afin d'orienter le débat sur des problématiques concrètes ; mais sans pour autant brider la réflexion des participants amateurs. De plus, il nous semble important d'inclure des exercices favorisant la cohésion des groupes avant l'exercice de création. Ainsi, ces résultats mettent en avant le rôle essentiel du facilitateur, qui ne peut être remplacé par l'introduction d'un outil numérique dans le processus créatif.

L'amusement obtient également un score élevé, alors que c'était un facteur moyennement voire faiblement important pour les participants. Malgré tout c'est un point important pour la créativité d'une personne, relié aux concepts de la gamification. De plus, comme expliqué dans (Carroll and Latulipe 2009), ce facteur est celui qui prend en considération le plus grand nombre de concepts, définitions et théories provenant de l'état de l'art. Durant l'atelier 1 nous avons pu observer une ambiance joviale, et une complicité s'est formée autour du rire. Ceci est particulièrement le cas pour les participants utilisant la métaphore de « collage 3D » qui amenait parfois à la création de modèles 3D originaux, suscitant le rire. Au travers de cette observation, nous pouvons conclure que la métaphore de « collage 3D » favorise la créativité via l'amusement et l'instauration d'une atmosphère conviviale.

L'immersion obtient le score les plus bas dans les deux configurations. Ceci est certainement dû à la coupure trop longue dans l'atelier entre création et visualisation immersive. Un prototype futur devrait proposer une expérience sans interruption entre l'espace de création par interface tactile et l'espace de visualisation immersive avec le casque. On peut même imaginer une situation où certains participants explorent une proposition de design pendant que d'autres sont en train de la modifier, et qu'ils collaborent ainsi. L'apparition de quelques bugs a également dû participer à cette sensation faible d'immersion. Enfin, de nombreux participants ont fait part de leur frustration vis-à-vis du temps imparti pour réaliser la tâche, qui était selon eux insuffisant. Néanmoins, l'écart type de ce facteur est dans les deux cas élevé (avec ou sans métaphore de « collage 3D »), ce qui est certainement dû à la diversité des profils présents pendant les ateliers. Certains étaient habitués à ce genre d'outils (les outils de modélisation 3D en général, ou les jeux vidéo de simulation de ville) et d'autres totalement novices, ce qui soulève le problème du temps d'apprentissage de l'outil.

Enfin le **ratio efforts fournis / résultats obtenus** obtient un résultat global moyen, sachant qu'il n'était pas important pour les utilisateurs.

Pour compléter l'évaluation de l'impact de l'EVII sur le processus, nous avons également réalisé une évaluation des propositions construites lors des ateliers.

Évaluation du Prototype

5.2.4.3 Impact de l'EVII sur la créativité en tant que résultat

Deux groupes de personnes ont été sollicités pour sélectionner la proposition qui leur semblait la meilleure selon 3 critères : l'originalité, l'utilité et l'esthétique. Le premier panel a rassemblé 27 participants, étudiants, enseignants et personnels administratifs. Un second panel était composé de professionnels de l'urbanisme, d'architectes et de chercheurs dans le domaine de la co-création. Dans ce cas 6 réponses ont été obtenues. Les résultats des votes sont présentés dans les Figure 62 et Figure 63 ci-dessous :



Figure 62 : Résultats du vote. Panel large.

Évaluation du Prototype

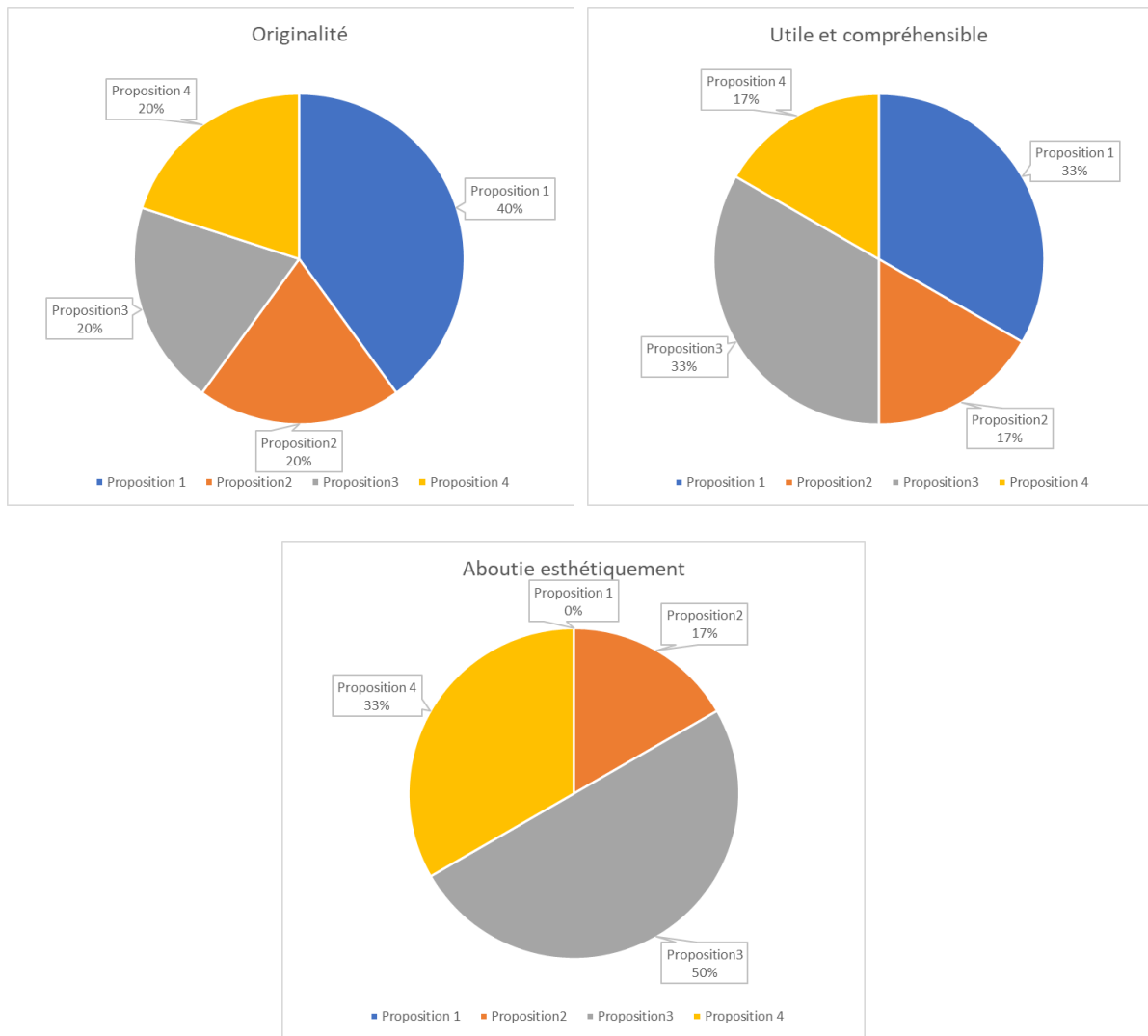


Figure 63 : Résultats du vote. Panel professionnel.

Les résultats laissent transparaître des différences d'opinion entre professionnels et non-professionnels. Pour le panel large, c'est la proposition 1, réalisée avec la métaphore de « collage 3D », qui est la plus originale. Pour les professionnels, on retrouve une égalité sur les trois premières propositions. Ainsi les résultats obtenus avec l'outil de « collage 3D » (ateliers 1 et 2) semblent paraître plus originaux à la fois pour les professionnels et les amateurs. Effectivement les participants ont pu utiliser la métaphore pour découper et assembler des modèles 3D afin d'imager l'élément qu'ils avaient en tête, et qui n'était pas présent dans la librairie d'objets 3D. La Figure 64 montre comment le groupe 1 a pu réaliser un terrain de pétanque en découpant un cube et en changeant sa couleur en jaune sable. Le groupe 2 a utilisé l'outil de découpage pour construire un parking à vélo, en séparant en deux, tournant puis fusionnant un modèle 3D ressemblant à une table cylindrique. En dupliquant leur construction ils ont pu concrètement donner l'impression d'un ensemble de socles pour les vélos.

Évaluation du Prototype

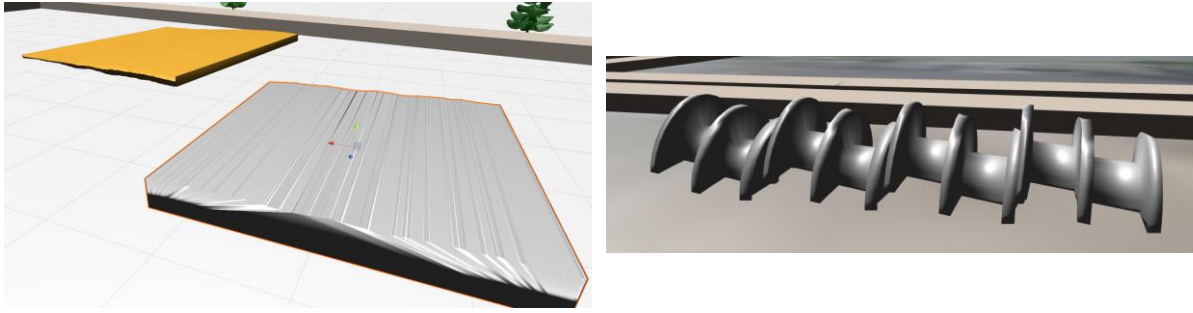


Figure 64 : A gauche, création du groupe 1 représentant un terrain de pétanque. A droite, création du groupe 2 représentant un parking à vélo

Les propositions 3 et 4 apparaissent comme étant les plus abouties esthétiquement pour les deux panels. Ceci s'explique, après visionnage des vidéos, par le fait que les participants ont mis moins de temps à comprendre les fonctionnalités du prototype, n'ayant pas à disposition la métaphore de « collage 3D ». Ils ont pu de ce fait passer plus de temps à travailler sur les détails de leur proposition qui apparaît donc plus aboutie.

Enfin concernant l'utilité et la compréhension des propositions de design, les professionnels ont placé en tête les propositions 1 et 3, et les amateurs la proposition 3. Nous pouvons ici faire la même remarque que précédemment par rapport au temps d'apprentissage plus court pour les groupes sans l'outil de « collage 3D », qui a permis de prendre en compte tous les éléments du cahier des charges.

Ainsi, ces résultats nous permettent d'apporter des éléments de réponse à la sous-question de recherche RQ 2.2 *Quel est l'impact des outils génératifs proposés dans l'EVII sur l'expression créative des participants ?*

5.3 Résumé

L'évaluation de notre artefact s'est donc séparée en deux parties : l'amélioration de l'utilisabilité, puis l'évaluation du support à la créativité. Cette dernière partie a été conduite en deux sous parties : l'évaluation de la créativité comme processus, puis comme résultat. Nous avons ici répondu à la question de recherche *RQ 2 : Comment les utilisateurs appréhendent-ils l'EVII ?* en répondant aux deux sous questions associées.

L'évaluation de l'utilisabilité nous a permis dans un premier temps d'améliorer les fonctionnalités existantes du prototype, mais également d'en ajouter certaines et d'en supprimer d'autres. Par cet exercice nous avons conclu une première boucle de design par rapport à la méthodologie *design science* (voir Figure 65), et démarré un second cycle. Le second cycle a été conclu par l'évaluation de l'utilité de l'artefact qui a fait apparaître d'autres améliorations possibles pour le prototype.

Concernant l'évaluation de l'impact de l'EVII sur le processus créatif, le retour global de l'expérimentation est nuancé. Les participants ont globalement apprécié l'effort réalisé pour ce sujet important qu'est la participation citoyenne, tout en restant critiques vis-à-vis de certains aspects. Tout d'abord, nous pouvons souligner l'observation de l'impact positif de la métaphore de « collage 3D » sur le facteur « amusement », relié au processus créatif. Néanmoins, le temps d'apprentissage nécessaire à la maîtrise de cet outil ne doit pas être négligé car il impacte directement le processus créatif et collaboratif.

Au travers de l'expérimentation menée nous pouvons confirmer les critères nécessaires à une bonne participation citoyenne énumérés dans la littérature, à savoir l'importance de la facilitation et la sélection des participants.

De plus, nous pouvons conclure que l'utilisation d'un prototype ne peut remplacer la cohésion et la dynamique d'un groupe, mais peut l'accentuer si tant est que cette cohésion existe.

Nous avons aussi relevé l'importance de la présence d'un facilitateur professionnel pour dynamiser la cohérence, mais aussi la pertinence, du groupe de participants.

L'évaluation de l'utilité contribue également, et majoritairement, à apporter de la connaissance dans le domaine des outils numériques pour les ateliers créatifs, et de conclure la boucle de pertinence de la méthodologie *design science*. Par l'intermédiaire de nos recommandations, nous apportons également une première étape du cycle d'impact. Néanmoins n'ayant pas pu utiliser notre outil dans des conditions réelles, cette boucle n'est pas terminée et des travaux supplémentaires sont nécessaires.

Enfin, nous avons réalisé les étapes (3) sélection d'utilisateurs réels correspondant au contexte d'application, (4) expérimentation du prototype implémenté et (5) évaluation du prototype face à la réalisation de la tâche sélectionnée du modèle de prototypage de (Sonnenberg and Vom Brocke 2012).

Évaluation du Prototype

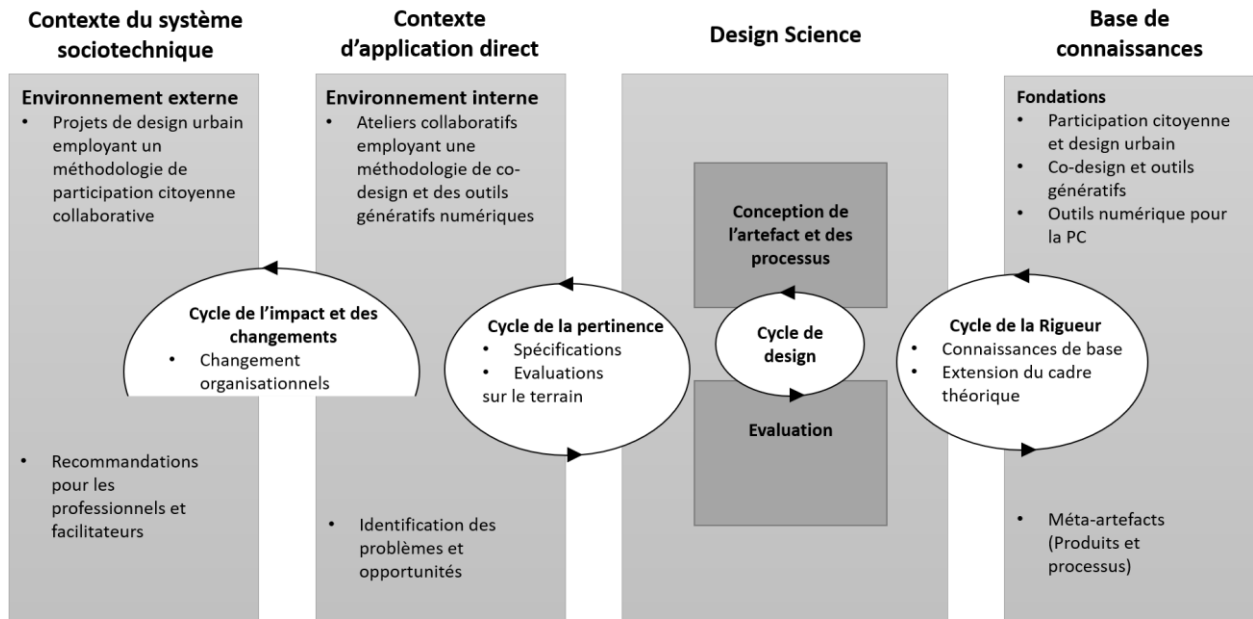


Figure 65 : Avancement de la méthodologie design science, étape 3

Chapitre 6

Conclusion et Perspectives

Chapitre 6 Conclusion et Perspectives

La problématique de la participation citoyenne dans l'aménagement des espaces publics nécessite la compréhension d'un contexte complexe. Le processus de planning et design urbain se lie avec de multiples processus possibles pour impliquer les citoyens à différentes échelles. Dans cette thèse, nous nous sommes concentrés sur une participation basée sur la collaboration entre les différentes parties prenantes du projet, et plus particulièrement les citoyens et les professionnels de l'aménagement urbain. Nous voulions donner les moyens aux citoyens de pouvoir exprimer plus facilement leurs envies, leurs peurs, et leurs besoins, lors des processus participatifs. L'objectif principal de cette recherche a été l'amélioration de la capacité d'expression créative des participants à un atelier collaboratif pour le design urbain à l'aide d'un Environnement Virtuel Interactif et Immersif.

Tout d'abord, nous avons identifié un manque dans la littérature quant à l'utilisation des concepts de créativité pour trouver des solutions améliorant le pouvoir participatif des citoyens. En nous référant aux concepts de co-design et d'outils génératifs, nous avons mis en avant que très peu d'articles prenaient en compte le concept de créativité collective, et que ceci pourrait être un atout. D'autre part, nous avons lié à cela la multiplication d'articles proposant des outils numériques pour la participation citoyenne, qui ne prennent pas en compte la créativité des utilisateurs et font abstraction du processus participatif associé. Nous avons donc comme hypothèse de base que l'utilisation d'un outil numérique améliorerait les processus existants. Nous avons mis en application dans la conception de notre artefact les concepts du co-design, qui se retrouvent à la fois dans la proposition d'un processus participatif amélioré, et dans un prototype numérique à travers l'implémentation de plusieurs métaphores d'interaction.

La méthodologie de recherche a suivi une approche dite de *design science*. L'artefact, objet de cette recherche, a été instancié en suivant une approche de prototypage visant à questionner son impact au sein du contexte identifié. La première étape a concerné l'analyse du contexte social, grâce à une série d'interviews, de groupes de réflexion et d'observations du terrain. Par cette étape nous avons identifié les limites d'un processus et des outils utilisés, mais également le profil de participants à ces sessions. Ensuite, l'artefact a été développé par l'intermédiaire d'une méthodologie de conception clairement définie. Nous avons d'abord présenté les principes de divergence et convergence dans les processus créatifs, pour les intégrer dans un processus participatif. Ce processus amélioré a été dans un premier temps essayé dans le cadre de deux ateliers, qui nous ont permis d'identifier de premières exigences pour l'amélioration des outils utilisés. Pour les améliorer, nous nous basons sur le principe des outils génératifs présenté dans l'état de l'art, et sur le principe des métaphores d'interactions. Nous avons présenté un ensemble de métaphores, puis les exigences d'un outil numérique outrepassant les limites précédemment identifiées. Nous avons finalement rassemblé cela sous la forme d'un modèle conceptuel qui s'articule avec le processus participatif amélioré. Le modèle est séparé en trois parties utilisées à différentes étapes du processus participatif : un espace de création, un espace de visualisation et de vote, et un espace professionnel.

Par la suite, nous avons présenté l'implémentation d'un prototype répondant à ce modèle, et les choix technologiques que nous avons pris pour y répondre. Nous avons décidé d'utiliser une interface tactile pour l'espace créatif, liée avec un casque de réalité virtuelle pour l'espace de visualisation et de vote. Le prototype repose sur une architecture client/serveur utilisant des technologies modernes provenant du moteur graphique Unity. De ce fait, l'espace

professionnel a été implémenté sous la forme d'un site web alimenté par les données générées par les deux autres espaces.

Enfin, nous avons effectué une évaluation basée sur deux méthodologies distinctes, considérant tout d'abord l'utilisabilité du prototype, puis son utilité.

L'artefact développé et évalué dans les chapitres précédents offre aux scientifiques souhaitant continuer les recherches dans ce domaine les détails de l'élaboration d'un modèle conceptuel, d'une méthodologie et d'un prototype. De plus, nous proposons un ensemble de recommandations et de remarques grâce aux évaluations menées.

Enfin, la recherche menée respecte les critères de validité, de rigueur et de pertinence de la méthodologie *design science*.

6.1 Validité, rigueur et pertinence de la recherche

Suivant les recommandations décrites par (A. Hevner and Chatterjee 2010) pour évaluer le projet de recherche par rapport à la méthodologie *design science*, nous sommes en mesure de valider l'ensemble des critères. Ce chapitre permet également la clarification de notre contribution vis-à-vis de la recherche en Systèmes d'Information.

Pertinence du Problème

« *L'objectif de la recherche en design-science est de développer des solutions technologiques pour résoudre des problèmes importants et pertinents.* » (A. Hevner and Chatterjee 2010) p. 11

La présentation de la conception d'un artefact dans le Chapitre 4 entame le cycle de pertinence de notre recherche. Nous avons présenté tout d'abord l'analyse d'un contexte social de participation citoyenne en observant des projets dans les villes de Marseille et Venelles. A partir de cette analyse nous avons identifié un processus participatif et les outils utilisés sur le terrain. Ceci nous a emmené vers l'identification des limites du processus et des outils, et donc vers leur amélioration. C'est au travers de la proposition d'un processus de participation citoyenne amélioré, articulé avec un modèle conceptuel numérique, que nous contribuons au cycle de pertinence de cette recherche. La seconde étape nécessaire pour assurer la pertinence de la recherche et donc finaliser le cycle, était la réalisation d'une évaluation de l'artefact. Pour ce faire nous avons effectué deux travaux, concentrés premièrement sur l'utilisabilité, puis sur l'utilité d'un prototype. A partir de l'évaluation nous avons à la fois contribué au cycle de design de la *design science*, mais aussi au cycle d'impact au travers de recommandations pour des travaux futurs dans ce domaine de recherche.

Rigueur de la Recherche

« La recherche en design science requiert la mise en place de méthodes rigoureuse à la fois pour la construction et l'évaluation d'un artefact » (A. Hevner and Chatterjee 2010), p. 11

La section 2.2 décrit la démarche de recherche mise en place et notre contribution à la première partie du cycle. L'artefact présenté repose sur des travaux de recherche précédents concernant la participation citoyenne assistée par les outils numériques. Ce pan de la recherche a un historique conséquent ayant servi comme appui à la conception rigoureuse de nombreux artefacts. Nous nous sommes appuyés à la fois sur des méthodologies de conception, et de développement logiciel itératif pour mener à bien la création d'un modèle, puis d'une instanciation. Enfin nous avons assuré la rigueur de la démarche en présentant les travaux effectués (conception d'un artefact et d'un processus amélioré) dans le cycle de design dans des articles scientifiques.

Design en tant que Processus de Recherche

« La recherche d'un artefact efficace nécessite l'utilisation des moyens disponibles pour atteindre les objectifs souhaités tout en respectant les lois en vigueur dans l'environnement du problème. » (A. Hevner and Chatterjee 2010), p. 11

Un processus clair, étape par étape, est utilisé pour concevoir l'artefact présenté. Nous avons effectué deux cycles de design grâce à un processus d'évaluation présenté dans le Chapitre 5. Tout d'abord, nous avons réalisé dans le Chapitre 2 une revue dans la littérature pour identifier les exigences essentielles pour l'artefact. Ensuite dans le Chapitre 4, nous avons consolidé ces exigences avec un processus de conception composé d'une observation d'un projet réel, d'entretiens avec des professionnels et de groupes de réflexion avec des participants. Cela représentait la première étape de la boucle de design. La première boucle s'est achevée par l'évaluation de l'utilisabilité d'un prototype. Le deuxième cycle de design a donc démarré avec l'application des problèmes et améliorations identifiées à la suite de cette évaluation. Enfin, une seconde évaluation concentrée cette fois-ci sur l'utilité de l'artefact a permis de terminer le cycle de design, tout en contribuant aux cycles de pertinence et d'impact.

Conception au travers d'un Artefact

« La recherche en design-science doit apporter la production d'un artefact viable sous la forme d'un construit, d'un modèle, d'une méthode ou d'une instanciation. » (A. Hevner and Chatterjee 2010), p. 11

Comme présenté dans le Chapitre 4, l'artefact prend la forme d'un modèle conceptuel, d'une méthode (le processus de participation amélioré) et d'une instanciation. Sa viabilité est revendiquée par le fait qu'il peut être présenté et appliqué à un problème défini. De plus, sa faisabilité est argumentée par l'existence du prototype. Dans la section 4.3 avons présenté dans ce sens l'architecture technique du prototype, son modèle de données, ses utilisateurs, et les travaux réalisés sur les interfaces graphiques.

L'évaluation de la Conception

« L'utilité, la qualité et l'efficacité de l'artefact doit être rigoureusement démontrée à travers des méthodes d'évaluations clairement définies. » (A. Hevner and Chatterjee 2010), p. 11

L'évaluation du prototype a rigoureusement été faite à la fois du point de vue de l'utilisabilité, et de l'utilité. La première partie a permis l'amélioration du prototype dans le cadre de notre méthodologie de design. Nous avons réalisé une itération d'amélioration dans un cycle de prototypage centré utilisateur. La seconde a placé le prototype dans un contexte réel, en configuration contrôlée, dans le but d'assurer son support à la créativité. Cette dernière étape a fait apparaître un certain nombre de recommandations et de remarques destinées aux professionnels, mais aussi aux scientifiques qui travailleront sur ce sujet.

Contribution de la Recherche

« Mener une recherche en design science de qualité passe par la mise en avant de contributions claires et vérifiables dans le cadre de la conception de l'artefact, de son implémentation, et/ou de son évaluation. » (A. Hevner and Chatterjee 2010), p. 11

Nous avons présenté un processus de conception et les résultats d'un EVII pour supporter la créativité collective des citoyens lors d'un processus participatif, ainsi que son instanciation et évaluation à travers un prototype. Une telle contribution est considérée comme améliorant les connaissances dans le domaine des systèmes d'information, sachant que nous avons apporté une nouvelle solution à un problème connu : *« L'objectif de DSR dans le quadrant d'amélioration est de créer de meilleures solutions sous la forme de produits, processus, services, technologies ou idées plus efficaces et plus performants... Les instanciations situées (niveau 1) sont souvent construites pour évaluer le niveau d'amélioration par rapport à des instanciations d'artefacts existants. » (A. R. Hevner and Gregor 2013), p. 346.*

Communication de la Recherche

« La recherche en design-science doit être présentée rigoureusement à la fois aux audiences orientées sur la technologie et aux gestionnaires. » (A. Hevner and Chatterjee 2010), p. 11

Le prototype réalisé a été présenté à de nombreuses reprises lors d'expositions dans le cadre du projet européen U_CODE. Premièrement, aux membres du projet U_CODE rassemblant chercheurs et industriels proches du domaine de recherche concerné par cette thèse. Puis, lors de la conférence ICT 2018 qui s'est déroulée à Vienne, rassemblant l'ensemble des projets Horizon 2020 axés sur les nouvelles technologies. Ensuite, lors d'une exposition dans le hall d'entrée de l'Université de design industriel de Delft, ayant rassemblé étudiants et professeurs curieux du sujet. Ensuite, le prototype a été présenté à des professionnels de l'urbanisme (CAUE Var) à l'occasion d'une opportunité future pour la réalisation d'un projet pilote de participation citoyenne numérique dans un village varois (sud de la France). Enfin, le prototype a été largement exposé au grand public dans le cadre des évaluations d'utilisabilité et d'utilité.

Nous avons fourni suffisamment de détails concernant la conception du modèle conceptuel et de son instanciation pour permettre à de futurs chercheurs de reproduire les travaux réalisés et engager une amélioration de ce dernier.

De plus, au fil de l'avancement du projet de recherche, deux communications de la recherche ont été rédigées, publiées et soutenues dans des actes de conférences :

- Faliu, Barnabé. 2017. **“Shaping the Pace - A Digital Design Heuristics Tool to Support Creation of Urban Design by Non-Professionals.”**, 2017 In *Research and Science Today*. Vol. 13. Sinaia, Roumanie.
- Faliu, Barnabé, Alena Siarheyeva, Ruding Lou, and Frédéric Merienne. 2018. **“Design and Prototyping of an Interactive Virtual Environment to Foster Citizen Participation and Creativity in Urban Design.”** In *International Conference on Information Systems Development (ISD)*, edited by B. Andersson, B. Johansson, S. Carlsson, C. Barry, M. Lang, H. Linger, and C. Schneider. Lund, Suède : Designing Digitalization (ISD2018 Proceedings).

La seconde a ensuite été publiée, à la suite de la rédaction d'une version étendue, dans le journal *Lecture Notes in Information Systems and Organization Series* par Springer (voir Article 2 en fin de manuscrit).

Cette section a confirmé le processus et produit de la recherche menée vis-à-vis des sept bonnes pratiques présentées par Hevner et al. Ce travail de recherche répond aux critères de la *design science* car il présente les caractéristiques ou les éléments requis :

- La production d'un artefact (avec son modèle et son instanciation),
- qui répond à un problème important, répandu et clairement identifié,
- par le biais d'un cycle de développement et d'amélioration itératif,
- à l'aide d'un processus d'évaluation rigoureux (sur l'utilisabilité et l'utilité),
- qui s'appuie sur la base de connaissances en systèmes d'information et y contribue,
- donnant ainsi lieu à une solution innovante, ciblée et applicable de manière générique au problème à résoudre.

6.2 Limites et Ouverture

Les évaluations ont laissé transparaître de nombreuses améliorations possibles en termes d'utilisabilité du prototype. Cela concerne principalement le contenu des objets accessibles dans la base de données, la possibilité d'annuler une action, l'amélioration de l'affichage de certaines informations à l'écran et un travail plus approfondi sur les interactions tactiles proposées, notamment pour la manipulation d'objets 3D et la métaphore de « collage 3D ». Nous avons également identifié des améliorations possibles sur la configuration matérielle proposée pour collaborer, qui pourrait s'appuyer, par exemple, sur l'utilisation d'un écran (non tactile) projeté sur un mur permettant la visualisation et d'un autre en dessous permettant la manipulation (tactile).

Un deuxième axe d'amélioration concerne la transition entre l'espace création et l'espace de visualisation. Dans la version évaluée du prototype, le processus permettant de passer de l'un à l'autre était trop fastidieux, nécessitant une sauvegarde souvent trop longue et un transfert par câble USB sur le téléphone portable contenant l'application. Cela a limité l'immersion des participants et leur expérience. Il est clair que le développement d'une fonctionnalité de streaming par réseaux wifi de l'espace de création directement depuis le téléphone portable, à l'aide d'une architecture client-serveur largement utilisée dans les jeux vidéo, améliorerait cette expérience.

Au sujet de l'environnement de travail virtuel, actuellement généré à partir d'extrusions de données OpenStreetMap, la photogrammétrie pourrait faciliter la génération d'un environnement plus proche de la réalité, et également plus à jour.

Enfin, il serait de bon augure de considérer l'ajout des données contextuelles SIG, sans pour autant fournir trop d'informations aux utilisateurs qui seraient alors perdus. Pour cela, la mise en place d'un système de visualisation multi-profiles, dépendant de l'expertise de l'utilisateur, pourrait être intéressant.

On peut aussi se poser la question de la façon dont on peut agréger les informations générées à l'issue des ateliers collaboratifs, pour faciliter le travailler professionnel s'en suivant ? Le format collaboratif BIM est-il une solution envisageable ? L'intégration de données supplémentaires (économiques, démographiques, pollution, énergie, ...) pourrait permettre d'amener les débats au-delà de la disposition et de l'apparence des éléments urbains.

Sur le plan méthodologique, un axe d'amélioration concerne l'implication de citoyens dans le processus de conception et l'évaluation de l'artefact au sein d'un projet urbain réel. En effet une évaluation itérative menée dès le départ d'un projet d'aménagement public serait un moyen concret d'évaluer l'utilité d'un tel artefact. Fortement lié à cela serait le processus de co-création de l'artefact en lui-même, qui impliquerait directement les différentes parties prenantes des projets urbains. Cependant, il nous semble intéressant de partager notre expérience sur la difficulté à établir un langage commun entre les partenaires du projet qui appartiennent à des domaines d'expertise différents. Par exemple, il a été difficile pour nous de faire comprendre l'utilité d'un tel outil aux architectes, qui ont peur d'être remplacés par de tels outils. Avec d'autres partenaires nous avons été confrontés à une limitation des connaissances sur les possibilités existantes en termes de technologie, qui a bridé l'imagination, la discussion et donc le champ des possibles. Inversement, il existait de notre part un manque de connaissance du processus de design urbain nous écartant parfois de la réalité du terrain.

Ce projet pose une base solide pour mener à bien un projet pilote de co-création citoyenne numérique, qui dépend bien évidemment de la volonté positive des autorités publiques et des professionnels du design urbain d'être impliqués. En effet, tout effort de recherche ou de développement dans ce domaine serait vain si investisseurs et gestionnaires refuseraient

Conclusion et Perspectives

d'affecter un temps considérable, mais nécessaire, à la réflexion et la collaboration avec les citoyens.

Bibliographie

Bibliographie

- Abbot, J, R Chambers, C Dunn, T Harris, E Merode, G Porter, J Townsend, and D Weiner. 1998. "Participatory GIS : Opportunity or Oxymoron." *PLA Notes*. 33 (January): 27–33. <http://dro.dur.ac.uk/14113/>.
- Ahmed, Faiz C., and S. P. Sekar. 2015. "Using Three-Dimensional Volumetric Analysis in Everyday Urban Planning Processes." *Applied Spatial Analysis and Policy* 8 (4): 393–408. <https://doi.org/10.1007/s12061-014-9122-2>.
- Al-Douri, Firas. 2017. "Computational and Modeling Tools How Effectively Are Urban Designers and Planners Using Them Across the Design Development Process?" *ShoCK! - Sharing Computational Knowledge! - Proceedings of the 35th ECAADe Conference; Sapienza University of Rome, Rome, Italy* 1: 409–18. http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2017_199.pdf.
- Al-Douri, Firas Salman. 2006. "Impact of Utilizing 3D Digital Urban Models on the Design Content of Urban Design Plans in US Cities." Texas A&M University. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Al-Kodmany, K. 1999. "Using Visualization Techniques for Enhancing Public Participation in Planning and Design: Process, Implementation, and Evaluation." *Landscape and Urban Planning* 45 (1): 37–45. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(99\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00024-9).
- Al-Kodmany, Kheir. 1999. "Combining Digital and Traditional Visualisation Techniques in Community-Based Planning and Design." *Digital Creativity* 10 (2): 91–103. <https://doi.org/10.1076/digc.10.2.91.3248>.
- . 2000. "Public Participation: Technology and Democracy." *Journal of Architectural Education*. Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1162/104648800564635>.
- . 2002. "Visualization Tools and Methods in Community Planning: From Freehand Sketches to Virtual Reality." *Journal of Planning Literature* 17 (2): 189–211. <https://doi.org/10.1177/088541202762475946>.
- Alatalo, Toni, Timo Koskela, Matti Pouke, Paula Alavesä, and Timo Ojala. 2016. "VirtualOulu." In *Proceedings of the 21st International Conference on Web3D Technology - Web3D '16*, 95–103. <https://doi.org/10.1145/2945292.2945305>.
- Alatalo, Toni, Matti Pouke, Timo Koskela, Tomi Hurskainen, Ciprian Florea, and Timo Ojala. 2017. "Two Real-World Case Studies on 3D Web Applications for Participatory Urban Planning." In *Proceedings of the 22nd International Conference on 3D Web Technology - Web3D '17*, 9:1–9. <https://doi.org/10.1145/3055624.3075950>.
- Alrashed, Tarfah, Almaha Almalki, Salma Aldawood, Tariq Alhindi, Ira Winder, Ariel Noyman, Anas Alfari, and Areej Alwabil. 2015. "An Observational Study of Usability in Collaborative Tangible Interfaces for Complex Planning Systems." *Procedia Manufacturing* 3 (January): 1974–80. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.243>.
- Amabile, Teresa M. 1996. *Creativity in Context: Update to" the Social Psychology of Creativity."* Westview press.
- André, Pierre, Patricia Martin, and Georges Lanmafankpotin. 2012. "Participation Citoyenne." *Dictionnaire Encyclopédique de l'administration Publique*. www.dictionnaire.enap.ca.
- Arnold, James. 2008. "Introducing Co-Design with Customers in 3D Virtual Space." *DS 46: Proceedings of E&PDE 2008, the 10th International Conference on Engineering and Product Design Education, Barcelona, Spain, 04.-05.09.2008*, 303–8. <https://www.designsociety.org/publication/28114/Introducing+Co->

- Design+with+Customers+in+3D+Virtual+Space.
- Arnstein, Sherry R. 1969. "A Ladder Of Citizen Participation." *Journal of the American Planning Association* 35 (4): 216–24. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>.
- Assche, Kristof Van, Raoul Beunen, Martijn Duineveld, and Harro de Jong. 2013. "Co-Evolutions of Planning and Design: Risks and Benefits of Design Perspectives in Planning Systems." *Planning Theory* 12 (2): 177–98. <https://doi.org/10.1177/1473095212456771>.
- Beck, Kent, Mike Beedle, Arie van Bennekum, Alistair Cockburn, Ward Cunningham, Martin Fowler, Robert C. Martin, et al. 2001. "Manifesto for Agile Software Development."
- Ben-Joseph, Eran, Hiroshi Ishii, John Underkoffler, Ben Piper, and Luke Yeung. 2001. "Urban Simulation and the Luminous Planning Table: Bridging the Gap between the Digital and the Tangible." *Journal of Planning Education and Research* 21 (2): 196–203. <https://doi.org/10.1177/0739456X0102100207>.
- Biljon, Judy Van, Mario Marais, and Melanie Platz. 2017. "Digital Platforms for Research Collaboration: Using Design Science in Developing a South African Open Knowledge Repository." *Information Technology for Development* 23 (3): 463–85.
- Billger, Monica, Liane Thuvander, and Beata Stahre Wästberg. 2017. "In Search of Visualization Challenges: The Development and Implementation of Visualization Tools for Supporting Dialogue in Urban Planning Processes." *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* 44 (6): 1012–35. <https://doi.org/10.1177/0265813516657341>.
- Boyko, C T, R Cooper, and C Davey. 2005. "Sustainability and the Urban Design Process." *Engineering Sustainability* 158 (3): 119–25. <https://doi.org/10.1111/j.1745-7599.2007.00293.x>.
- Boyko, Christopher T, Rachel Cooper, Caroline L Davey, and Andrew B Wootton. 2006. "Addressing Sustainability Early in the Urban Design Process." *Management of Environmental Quality: An International Journal* 17 (6): 689–706. <https://doi.org/10.1108/14777830610702520>.
- Braun, Kathrin, and Sabine Könniger. 2018. "From Experiments to Ecosystems? Reviewing Public Participation, Scientific Governance and the Systemic Turn." *Public Understanding of Science* 27 (6): 674–89. <https://doi.org/10.1177/0963662517717375>.
- Buijs, Jan, and Han Van der Meer. 2013. *Integrated Creative Problem Solving*. Eleven International Publishing.
- Carlier, Cyril. 2017. "Co-Design Urbain: Un Modèle Théorique Pour Une Plate-Forme Numérique de Co-Design Dans Le Contexte Smart City." University of Namur.
- Carroll, Erin A., and Celine Latulipe. 2009. "The Creativity Support Index." In *Proceedings of the 27th International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '09*, 4009. New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1520340.1520609>.
- Cherry, Erin, and Celine Latulipe. 2014. "Quantifying the Creativity Support of Digital Tools through the Creativity Support Index." *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 21 (4): 1–25. <https://doi.org/10.1145/2617588>.
- Collard, Anne-Sophie, Pierre Fastrez, and Aurélie Brouwers. 2012. "Convivialité et Métaphore Dans Les Interfaces de Systèmes Interactifs." *Interfaces Numériques* 1 (3): 471. <https://doi.org/10.25965/interfaces-numeriques.2416>.
- Cooper, Alan, and others. 1999. *The Inmates Are Running the Asylum:[Why High-Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity]*. Vol. 261. Sams Indianapolis.
- Csikszentmihalyi, Mihaly. 1996. *Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. Vol. 56.

Bibliographie

- New York: Harper Collins.
- Davidson, Colin H, Cassidy Johnson, Gonzalo Lizarralde, Nese Dikmen, and Alicia Sliwinski. 2007. "Truths and Myths about Community Participation in Post-Disaster Housing Projects." *Habitat International* 31 (1): 100–115. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2006.08.003>.
- Drechsler, Andreas, and Alan Hevner. 2016. "A Four Cycle Model of IS Design Science Research: Capturing the Dynamic Nature of IS Artifact Design." In *Breakthroughs and Emerging Insights from Ongoing Design Science Projects Edited by: The 11th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST)*, 1–8. DESRIST 2016. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1159/000354245>.
- EPA, Environmental Protection Agency. 2019. "Introduction to the Public Participation Toolkit." https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-05/documents/ppg_english_full-2.pdf.
- Fatah, Ava, Gen Schieck, Alan Penn, Chiron Mottram, Andreas Strothmann, Jan Ohlenburg, Wolfgang Broll, and Francis Aish. 2005. "Interactive Space Generation through Play Exploring Form Creation and the Role of Simulation on the Design Table." *International Journal of Architectural Computing* 3. <https://doi.org/10.1260/1478077053739612>.
- Fernquist, Jennifer Ellen. 2010. "A Collaborative Planning Support System for a Multi-Touch Tabletop : The Effect of Number of Touch Inputs on Collaboration and Output Quality." University of British Columbia. <https://doi.org/10.14288/1.0051956>.
- Fu, Zhiyong, and Xu Lin. 2014. "Building the Co-Design and Making Platform to Support Participatory Research and Development for Smart City." In *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8528 LNCS:609–20. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07308-8_58.
- Gaggioli, Andrea, Elvis Mazzoni, Luca Milani, and Giuseppe Riva. 2015. "The Creative Link: Investigating the Relationship between Social Network Indices, Creative Performance and Flow in Blended Teams." *Computers in Human Behavior* 42 (January): 157–66. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.003>.
- Glass, James J. 1979. "Citizen Participation in Planning: The Relationship between Objectives and Techniques." *Journal of the American Planning Association* 45 (2): 180–89. <https://doi.org/10.1080/01944367908976956>.
- Goodchild, Michael F. 2007. "Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography." *GeoJournal* 69 (4): 211–21.
- Google. n.d. "Daydream SDK." Accessed February 23, 2019. <https://vr.google.com/daydream/>.
- Grier, Rebecca A. 2015. "How High Is High? A Meta-Analysis of NASA-TLX Global Workload Scores." *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 59 (1): 1727–31. <https://doi.org/10.1177/1541931215591373>.
- Guilford, J P. 1950. "Creativity." *The American Psychologist*.
- Halatsch, Jan, Antje Kunze, and Gerhard Schmitt. 2009. "Value Lab: A Collaborative Environment for the Planning of Future Cities." In *Proceedings of the 27th ECAADe*, 27:507–14. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.469.1028>.
- Hanzl, Malgorzata. 2007. "Information Technology as a Tool for Public Participation in Urban Planning: A Review of Experiments and Potentials." *Design Studies* 28 (3): 289–307. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2007.02.003>.

Bibliographie

- Hart, Sandra G, and Lowell E Staveland. 1988. "Development of NASA-TLX (Task Load Index)." *Advances in Psychology* 52: 139–83. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9).
- Hayek, Ulrike Wissen. 2011. "Which Is the Appropriate 3D Visualization Type for Participatory Landscape Planning Workshops? A Portfolio of Their Effectiveness." *Environment and Planning B: Planning and Design* 38 (5): 921–39. <https://doi.org/10.1068/b36113>.
- Hevner, Alan, and Samir Chatterjee. 2010. *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*. Vol. 22. Springer Science & Business Media.
- Hevner, Alan R. 2007. "A Three Cycle View of Design Science Research." *Scandinavian Journal of Information Systems* 19 (2): 1–6. <https://doi.org/http://aisel.aisnet.org/sjis/vol19/iss2/4>.
- Hevner, Alan R, and Shirley Gregor. 2013. "Positioning and Preenting Design Science: Types of Knowledge in Design Science Research." *MIS Quarterly* 37 (2): 337–55. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>.
- Hevner, Alan R, Jinsoo Park, Sudha Ram, Salvatore T March, Jinsoo Park, and Sudha Ram. 2004. "Design Science in Information Systems Research." *Design Science in IS Research MIS Quarterly* 28 (1): 75–105. https://www.researchgate.net/profile/Alan_Hevner/publication/201168946_Design_Science_in_Information_Systems_Research/links/5405d4670cf23d9765a75fc2.pdf.
- Huang, CJ, Ellen Yi-luen Do, and D Gross. 2003. "MouseHaus Table: A Physical Interface for Urban Design." *16th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, no. Figure 2: 41–42. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.5.2427>.
- Hurtienne, Jörn, and Anja Naumann. 2010. "QUESI - A Questionnaire for Measuring the Subjective Consequences of Intuitive Use." *Interdisciplinary College 2010. Focus Theme: Play, Act and Learn*, 539. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.002>.
- Imottesjo, Hyekyung, and Jaan Henrik Kain. 2018. "The Urban CoBuilder – A Mobile Augmented Reality Tool for Crowd-Sourced Simulation of Emergent Urban Development Patterns: Requirements, Prototyping and Assessment." *Computers, Environment and Urban Systems* 71 (September): 120–30. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.05.003>.
- Indraprastha, Aswin, and Michihiko Shinozaki. 2009. "The Investigation on Using Unity3D Game Engine in Urban Design Study." *ITB Journal of Information and Communication Technology* 3 (1): 1–18. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.2009.3.1.1>.
- Isaksen, Scott G, and Donald J Treffinger. 1985. "Creative Problem Solving." *The Basic Course*. New York: Bearly Limited.
- Ishii, Hiroshi, John Underkoffler, Dan Chak, Ben Piper, Eran Ben-Joseph, Luke Yeung, and Zahra Kanji. 2002. "Augmented Urban Planning Workbench: Overlaying Drawings, Physical Models and Digital Simulation." In *Proceedings - International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2002*, 203–14. IEEE Comput. Soc. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2002.1115090>.
- Iulio, Simona, Valerie Inès Ville, Gilles Brougère, and Nathalie Boireau. 2010. "How Can Food Become Fun? Exploring and Testing Possibilities" Edited by Simona De Iulio. *Young Consumers* 11 (2): 117–30. <https://doi.org/10.1108/17473611011065809>.
- Jones, Bernie. 1990. *Neighborhood Planning: A Guide for Citizens and Planners*. Routledge.
- Julin, Arttu, Kaisa Jaalama, Juho-Pekka Virtanen, Matti Pouke, Johanna Ylipulli, Matti Vaaja, Juha Hyyppä, and Hannu Hyyppä. 2018. "Characterizing 3D City Modeling Projects: Towards a Harmonized Interoperable System." *ISPRS International Journal of Geo-*

- Information* 7 (2): 55. <https://doi.org/10.3390/ijgi7020055>.
- Jutraž, Anja, and Julie Le Moine. 2016. "Breaking out: New Freedoms in Urban (Re) Design Work by Adding Immersive Environments." *International Journal of Architectural Computing* 14 (2): 103–18.
- Jutraz, Anja, and Tadeja Zupancic. 2012. "Digital System Of Tools For Public Participation And Education In Urban Design Exploring 3D ICC." In *ECAADE 2012, VOL 1: DIGITAL PHYSICALITY*, 1:383–92. <https://cumincad.architexturez.net/doc/oai-cumincadworks-id-eaade2012-113>.
- . 2015. "Virtual Worlds as Support Tools for Public Engagement in Urban Design." In *Planning Support Systems and Smart Cities*, 391–408. Springer.
- Klosterman, Richard E. 1997. "Planning Support Systems: A New Perspective on Computer-Aided Planning." *Journal of Planning Education and Research*. Sage Publications/Sage CA: Thousand Oaks, CA. <https://doi.org/10.1177/0739456X9701700105>.
- Königer, Alexander, Sigrid Bartel, Alexander Ko, È Ninger, and Sigrid Bartel. 1998. "3D-GIS for Urban Purposes." *Geoinformatica* 2 (1): 79–103. <http://fulltext.calis.edu.cn/kluwer/pdf/13846175/2/159994.pdf>.
- Koplin, Martin, and Carl Skelton. 2012. "Betaville - A Massively Participatory Mirror World Game." In *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7528 LNCS:170–73. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33687-4_14.
- Laan, Michael van der, Ron Kellet, Cynthia Girling, Maged Senbel, and Tao Su. 2013. "A Collaborative Multi-Touch, Multi-Display, Urban Futures Tool." In *Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design*, 10:1--10:4. SimAUD '13. San Diego, CA, USA: Society for Computer Simulation International. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2500004.2500014>.
- Lange, Michiel De, and Martijn De Wall. 2013. "Owning the City: New Media and Citizen Engagement in Urban Design." *First Monday* 18 (11–4). <http://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/article/view/4954/3786>.
- Laurini, Robert. 2001. "Groupware and Public Participation for Urban Planning." In *Invited Paper at 6th Symposium on the Role of Information Technology for and in Urban Planning, Vienna, Austria, Proceedings Edited by M. Schrenk*, 17–30.
- Lauwaert, Maaïke. 2009. "Playing the City: Public Participation in a Contested Suburban Area." *Journal of Urban Technology* 16 (2–3): 143–68. <https://doi.org/10.1080/10630730903278611>.
- Leeuwen, Jos Van, Klaske Hermans, Arnold Jan Quanjer, Antti Jylhä, and Hanke Nijman. 2018. "Using Virtual Reality to Increase Civic Participation in Designing Public Spaces." In *ECDG 2018 18th European Conference on Digital Government*, 230. https://www.josvanleeuwen.org/publ/pdf/2018_ECDG.pdf.
- Li, Yuan, and Junfeng Jiao. 2013. "Comparative Analysis of Three Planning Support Software (PSS) Programs and Current Applications of Planning Support System in China." In *Proceedings from The 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10096-010-0988-x>.
- Ligtenberg, Arend, Bauke De Vries, Rona Vreenegoor, and Jandirk Bulens. 2011. "SimLandScape, a Sketching Tool for Collaborative Spatial Planning." *Urban Design International* 16 (1): 7–18. <https://doi.org/10.1057/udi.2010.17>.
- Lin, Hui, Michael Batty, Sven E Jørgensen, Bojie Fu, Milan Konecny, Alexey Voinov, Paul Torrens, et al. 2015. "Virtual Environments Begin to Embrace Process-Based Geographic

- Analysis." *Transactions in GIS* 19 (4): 493–98.
- Loorbach, Derk. 2010. "Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework." *Governance* 23 (1): 161–83. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2009.01471.x>.
- Lugrin, Jean-Luc, Marc Erich Latoschik, Michael Habel, Daniel Roth, Christian Seufert, and Silke Grafe. 2016. "Breaking Bad Behaviors: A New Tool for Learning Classroom Management Using Virtual Reality." *Frontiers in ICT* 3: 26. <https://doi.org/10.3389/fict.2016.00026>.
- Luyet, Vincent, Rodolphe Schlaepfer, Marc B Parlange, and Alexandre Buttler. 2012. "A Framework to Implement Stakeholder Participation in Environmental Projects." *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.06.026>.
- Maher, ML, Mike Rosenman, Kathryn Merrick, Owen Macindoe, and D. MARCHANT. 2006. "DesignWorld: An Augmented 3D Virtual World for Multidisciplinary, Collaborative Design." *Proceedings of CAADRIA 2006*, 133–142. http://people.csail.mit.edu/owenm/papers/Maher_Rosenman_Merrick_Macindoe_DesignWorld_-_An_Augmented_3D_Virtual_World_For_Multidisciplinary_Collaborative_Design.pdf.
- Mahyar, Narges, Kelly J. Burke, Jialiang (Ernest) Xiang, Siyi (Cathy) Meng, Kellogg S. Booth, Cynthia L. Girling, and Ronald W. Kellett. 2016. "UD Co-Spaces: A Table-Centred Multi-Display Environment for Public Engagement in Urban Design Charrettes." In *Proceedings of the 2016 ACM on Interactive Surfaces and Spaces - ISS '16*, 109–18. New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2992154.2992163>.
- Mapbox. n.d. "Mapbox SDK." Accessed February 23, 2019. <https://www.mapbox.com/>.
- Maquil, Valérie. 2016. "Towards Understanding the Design Space of Tangible User Interfaces for Collaborative Urban Planning." *Interacting with Computers* 28 (3): 332–51. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwv005>.
- Maquil, Valérie, Ulrich Leopold, Luís Moreira De Sousa, Lou Schwartz, and Eric Tobias. 2018. "Towards a Framework for Geospatial Tangible User Interfaces in Collaborative Urban Planning." *Journal of Geographical Systems* 20 (2): 185–206. <https://doi.org/10.1007/s10109-018-0265-6>.
- Märker, Oliver, and Volkmar Pipek. 2000. "Computer-Supported Participation in Urban Planning from the Viewpoint of "Communicative Planning Theory"." *Proc. of IFIP 8.5 Working Conference on Advances in Electronic Government, (Seminaro de Informatica y Derecho, Zaragoza, Spain, 2000)*, 43–58. <https://www.semanticscholar.org/paper/Computer-Supported-Participation-in-Urban-Planning-Märker/ba3b86a782b0dccc4fe2ce7fd7fcbb6cd4e6d25d>.
- Markopoulou, Areti, Marco Ingrassia, Angelos Chronis, and Aurel Richard. 2018. "City Gaming and Participation." In *Humanizing Digital Reality*, 225–36. Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6611-5_20.
- Mueller, Johannes, Hangxin Lu, Artem Chirkin, Bernhard Klein, and Gerhard Schmitt. 2018. "Citizen Design Science: A Strategy for Crowd-Creative Urban Design." *Cities* 72 (February): 181–88. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.018>.
- Naumann, Anja, and Jörn Hurtienne. 2010. "Benchmarks for Intuitive Interaction with Mobile Devices." In *Proceedings of the 12th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '10*, 401. New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1851600.1851685>.
- Nayak, Rama, Ramesh Agarwal, and Teresa M. Amabile. 2011. "A Model of Creativity and Innovation in Organizations." *International Journal of Transformations in Business*

Bibliographie

- Management* 1 (1): 1–8. <https://doi.org/Article>.
- O' Coill, Carl, and Mark Doughty. 2004. "Computer Game Technology as a Tool for Participatory Design." In *22nd ECAADe Conference Proceedings*, 12–23. Copenhagen. http://papers.cumincad.org/data/works/att/2004_012.content.pdf.
- Obermeyer, Nancy J. 1998. "The Evolution of Public Participation GIS." *Cartography and Geographic Information Systems* 25 (2): 65–66. http://www.iapad.org/wp-content/uploads/2015/07/the_evolution_of_ppgis.pdf.
- Peffers, Ken, Tuure Tuunanen, Charles E Gengler, Matti Rossi, Wendy Hui, Ville Virtanen, and Johanna Bragge. 2006. "The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research." In *The Proceedings of Design Research in Information Systems and Technology DESRIST 2006*, 83–106. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>.
- Peng, Zhong-Ren, and Ming-Hsiang Tsou. 2003. *Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks*. John Wiley & Sons.
- Pettit, Christopher J, Christopher M Raymond, Brett A Bryan, and Hayden Lewis. 2011. "Identifying Strengths and Weaknesses of Landscape Visualisation for Effective Communication of Future Alternatives." *Landscape and Urban Planning* 100 (3): 231–41. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.01.001>.
- Pollak, D. Nelkin and M. 1979. "Public Participation in Technological Decisions : Reality or Grand Illusion ?" *Technology Review* 9: 55–64.
- Raynaud, Michel, and Pauline Wolff. 2009. "Design Urbain Approches Théoriques. Vol. 1, Approches Historiques et Conceptuelles." Observatoire SITQ du développement urbain et immobilier, Faculté de l'aménagement, Université de Montréal. https://www.academia.edu/1542328/Design_urbain_approches_théoriques_-_Volume_1_Approches_historiques_et_conceptuelles?auto=download.
- Read, Janet C, Stuart MacFarlane, and Chris Casey. 2002. "Endurability, Engagement and Expectations: Measuring Children's Fun." In *Interaction Design and Children*, 2:1–23.
- Roger F., Tomlinson. 1969. "A Geographic Information System for Regional Planning." *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)* 78 (1): 45–48.
- Rosener, Judy B. 1975. "A Cafeteria of Techniques and Critiques." *Public Management* 57 (12): 16–19.
- Roupé, Mattias. 2013. "Development and Implementations of Virtual Reality for Decision-Making in Urban Planning and Building Design." <https://doi.org/10.1097/01.yct.0000264359.21000.879>.
- Rowe, Gene, and Lynn J. Frewer. 2005. "A Typology of Public Engagement Mechanisms." *Science, Technology, & Human Values* 30 (2): 251–90. <https://doi.org/10.1177/0162243904271724>.
- Rubin, Kenneth H, Greta G Fein, and Brian Vandenberg. 1983. "Play." *Handbook of Child Psychology* 4: 693–774.
- Russo, Patrizia, Rosa Lanzilotti, Maria F. Costabile, and Christopher J. Pettit. 2018. "Towards Satisfying Practitioners in Using Planning Support Systems." *Computers, Environment and Urban Systems* 67 (January): 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.08.009>.
- Saad-Sulonen, Joanna Catherine, and Liisa Horelli. 2010. "The Value of Community Informatics to Participatory Urban Planning and Design: A Case-Study in Helsinki." *The Journal of Community Informatics* 6 (2). <http://ci-journal.net/index.php/ciej/article/view/579/603>.

Bibliographie

- Sanders, Elizabeth B.-N., Eva Brandt, and Thomas Binder. 2010. "A Framework for Organizing the Tools and Techniques of Participatory Design." In *Proceedings of the 11th Biennial Participatory Design Conference on - PDC '10*, 195. New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1900441.1900476>.
- Sanders, Elizabeth B.-N., and Pieter Jan Stappers. 2008. "Co-Creation and the New Landscapes of Design." *CoDesign* 4 (1): 5–18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>.
- . 2014. "Probes, Toolkits and Prototypes: Three Approaches to Making in Codesigning." *CoDesign* 10 (1): 5–14. <https://doi.org/10.1080/15710882.2014.888183>.
- Sanders, Elizabeth B. 2013. "Prototyping For The Design Spaces Of The Future." *Prototype: Design and Craft in the 21st Century*, 59–74. <https://doi.org/10.5040/9781350036031.ch-004>.
- Sanders, Elizabeth B, and Pieter Jan Stappers. 2012. *Convivial Toolbox*. BIS, Amsterdam. https://scholar.google.com/scholar?cluster=14932379146246333740&hl=fr&as_sdt=2005&scioldt=0,5.
- Sanoff, Henry. 2000. *Community Participation Methods in Design and Planning*. John Wiley & Sons.
- Schneiderman, Ben. 2007. "Creativity Support Tools: Accelerating Discovery and Innovation." *Communications of the ACM* 50 (12): 20–32.
- Schubert, Gerhard, Eva Artinger, Frank Petzold, and Gudrun Klinker. 2011. "Bridging the Gap A (Collaborative) Design Platform for Early Design Stages." In *ECAADE 2011: RESPECTING FRAGILE PLACES*, 187–93. <https://doi.org/10.1306/13201137M893368>.
- Seichter, Hartmut. 2007. "Augmented Reality and Tangible Interfaces in Collaborative Urban Design." In *Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures) 2007*, 3–16. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6528-6_1.
- Senbel, Maged, and Sarah P Church. 2011. "Design Empowerment: The Limits of Accessible Visualization Media in Neighborhood Densification." *Journal of Planning Education and Research* 31 (4): 423–37.
- Shen, Chia, Kathy Ryall, Clifton Forlines, Alan Esenther, Frederic Vernier, Katherine Everitt, Mike Wu, et al. 2006. "Informing the Design of Direct-Touch Tabletops." <http://www.merl.com>.
- Simon, Herbert A. 1996. *The Sciences of the Artificial*. MIT press.
- Siret, Daniel, Myriam Servières, and Laurent Lescop. 2014. "Communication Multimodale et Collaboration Instrumentée Pour Le Design Urbain : Opportunités et Risques Des Outils Mobiles Analysés à Travers l'expérience Du Workshop Mobiance." In *COMMON'14 - Communication Multimodale et Collaboration Instrumentée. Regards Croisés Sur Énonciations, Représentations, Modalités*. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01246940/document>.
- Skelton, Carl. 2013. "Soft City Culture and Technology." In . Springer.
- Smith, L. Graham, Carla Y. Nell, and Mark V. Prystupa. 1997. "The Converging Dynamics of Interest Representation in Resources Management." *Environmental Management*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/s002679900013>.
- Smith, L Graham. 2014. *Impact Assessment and Sustainable Resource Management*. Routledge.
- Sonnenberg, Christian, and Jan Vom Brocke. 2012. "Evaluation Patterns for Design Science Research Artefacts." In *Communications in Computer and Information Science*, 286 CCIS:71–83. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33681-2_7.

Bibliographie

- Spinuzzi, Clay. 2005. "The Methodology of Participatory Design." *Technical Communication* 52 (2): 163–74.
- Stappers, Pieter Jan, and Elizabeth B N Sanders. 2003. "Generative Tools for Context Mapping: Tuning the Tools." In *Design and Emotion*, 77–81.
- Star, Susan Leigh, and James R Griesemer. 1989. "Institutional Ecology, Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39." *Social Studies of Science* 19 (3): 387–420.
- Stelzle, Benjamin, and Jörg Rainer Noennig. 2017. "A Database for Participation Methods in Urban Development." In *Procedia Computer Science*, 112:2416–25. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.173>.
- Stuerzlinger, Wolfgang, Loutfouz Zaman, Andriy Pavlovych, and Ji Young Oh. 2006. "The Design and Realization of CoViD: A System for Collaborative Virtual 3D Design." *Virtual Reality* 10 (2): 135–47. <https://doi.org/10.1007/s10055-006-0048-0>.
- Sun, Yaqin, and Songnian Li. 2016. "Real-Time Collaborative GIS: A Technological Review." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 115 (May): 143–52. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.09.011>.
- The CGAL Project. n.d. "CGAL." Accessed February 23, 2019. <https://www.cgal.org>.
- Trubka, Roman, Stephen Glackin, Oliver Lade, and Chris Pettit. 2016. "A Web-Based 3D Visualisation and Assessment System for Urban Precinct Scenario Modelling." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 117 (July): 175–86. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.12.003>.
- Unity Technologies. n.d. "Unity Game Engine." Accessed February 18, 2019. <https://unity3d.com>.
- Urbalab. 2015. "Le Design Urbain : Au-Delà de l'image." <http://www.urbalab.fr/wp-content/uploads/2016/04/Archi-tôt-La-synthèse.pdf>.
- Voinov, Alexey, Nagesh Kolagani, Michael K. McCall, Pierre D. Glynn, Marit E. Kragt, Frank O. Ostermann, Suzanne A. Pierce, and Palaniappan Ramu. 2016. "Modelling with Stakeholders - Next Generation." *Environmental Modelling and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.11.016>.
- Wang, Xiangyu, and Rui (Irene) Chen. 2009. "An Experimental Study on Collaborative Effectiveness of Augmented Reality Potentials in Urban Design." *CoDesign* 5 (4): 229–44. <https://doi.org/10.1080/15710880903320020>.
- Wates, Nick, Brook, Jeremy, Michiel De Lange, Martijn De Waal, Jonathan D Salter, et al. 2000. *The Community Planning Handbook : How People Can Shape Their Cities, Towns and Villages in Any Part of the World. Journal of Planning Education and Research*. Vol. 216. Springer. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2007.02.003>.
- Westerberg, Pontus, and Fanny Von Heland. 2015. "Using Minecraft for Youth Participation in Urban Design and Governance."
- Witmer, Bob G, and Michael J Singer. 1998. "Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire." *Presence*. Vol. 7. <https://nil.cs.uno.edu/publications/papers/witmer1998measuring.pdf>.
- Wu, Huayi, Zhengwei He, and Jianya Gong. 2010. "A Virtual Globe-Based 3D Visualization and Interactive Framework for Public Participation in Urban Planning Processes." *Computers, Environment and Urban Systems* 34 (4): 291–98. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.12.001>.

Annexes

Annexes

I. Liste non exhaustive des outils commerciaux et open-source utilisés pour la PC dans le DU

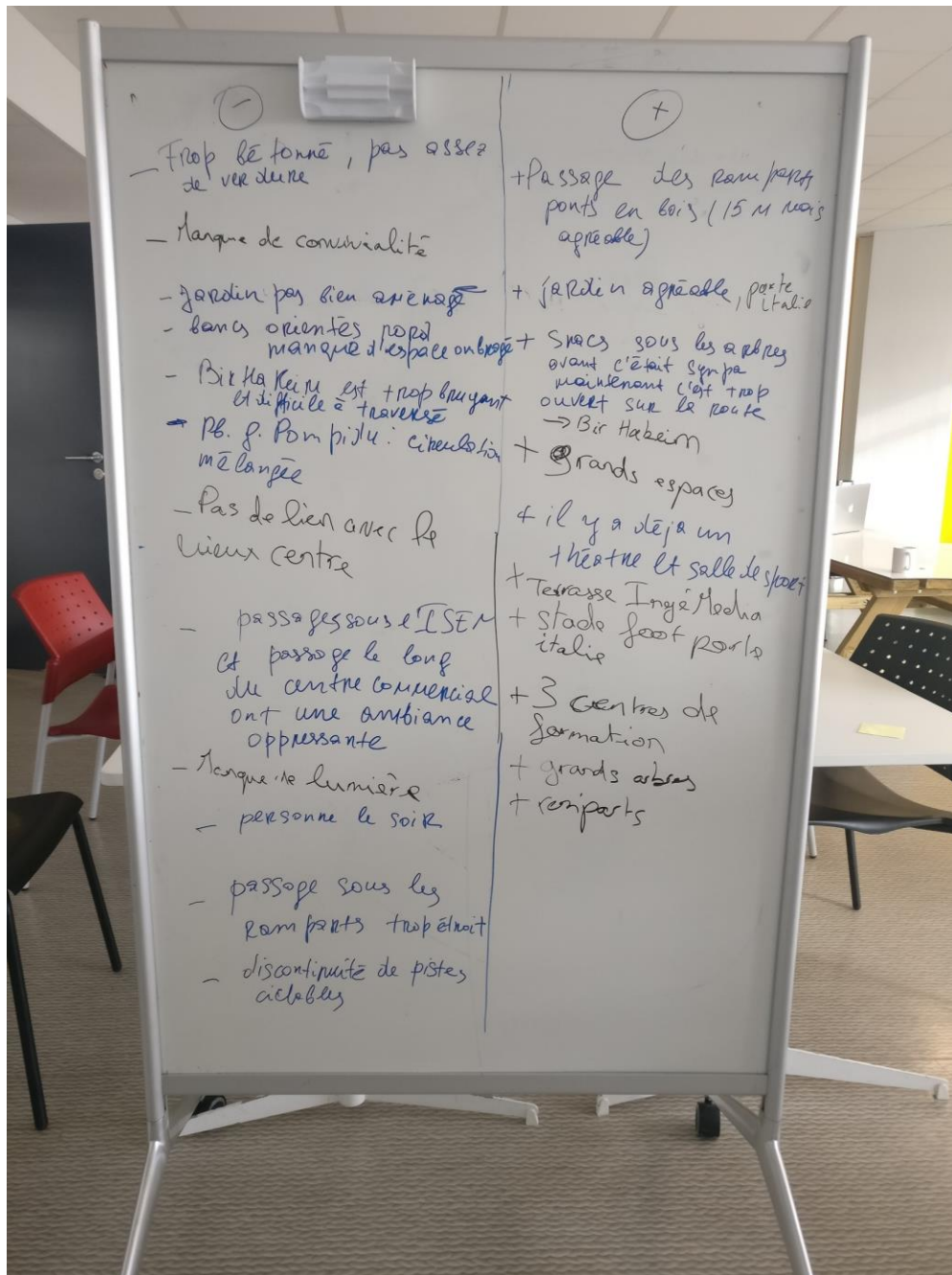
Nom de l'outil	Site internet
3D Immersive Collaboration Consulting	https://www.3dicc.com/
Autocad	https://www.autodesk.fr/products/autocad/overview
Autocad Tinkercad	https://www.tinkercad.com/
Betaville	https://github.com/Betaville
BlockByBlock	https://blockbyblock.org/ (using minecraft)
C3PO	https://c3poprojectblog.wordpress.com/
Carticipe	https://carticipe.net/
CitizenLab	https://www.citizenlab.co/
City Planner	https://cityplanneronline.com/site/
CityI/O	https://www.media.mit.edu/groups/city-science/overview/
Community PlanIt	https://elab.emerson.edu/projects/community-planit/
District 3D	http://www.district3d.fr/index.html
Esri CityEngine	http://www.esri.com/software/cityengine
Idées pour Paris	https://idee.paris.fr/
Mapgets	https://mapgets.com/
MindMixer	https://www.mindmixer.com/
Modelur	https://modelur.eu/
NextHamburg	https://nexthamburg.de/
Playsign Design Tool	http://hiukkavaara3d.ouka.fi/beta/
Rhinoceros	https://www.rhino3d.com/
Sitowise	http://vrs3d.sito.fi/projects
Sketchup	https://www.sketchup.com/fr
Skyline	http://www.skylineglobe.com/SkylineGlobe/corporate/Default.aspx
Smarticipate	https://www.smarticipate.eu/
Stormz	https://stormz.me/fr
U-Plan-It	https://sangis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b2ef08c8e9c949da946d9ad9e1cd61e1
Vectuel	https://vectuel.com/fr/
virtualcityPLANNER	http://www.virtualcitysystems.de/en/products/virtualcityplanner

II. Questionnaires utilisés pour les interviews de professionnels en urbanisme

1. Sur quels projets avez-vous mis en place une participation citoyenne ?
2. Cela était-il imposé ? (Législation...)
3. Quelle(s) méthodologie(s) avez-vous utilisé ?
4. Quels supports de communication ?
5. Quel était le profil de votre public ?
6. Cela a t'il été concluant ? Pourquoi ?
7. Y a-t-il eu des projets où ça n'a pas fonctionné ? Pourquoi ?
8. A qui étaient destinés les comptes rendus de consultation ? De manière plus générale, qui étaient les parti-prenants lors des consultations ?
9. Quels sont les retours citoyens qui vous ont le plus servi ? Quelles sont vos attentes ?
10. Que pensez-vous de l'utilisation d'outils numériques pour la participation citoyenne ? Avez-vous déjà rencontré ce cas ?
11. Selon vous, quelles sont les contraintes techniques (contraintes de terrain, sonores, de prix, écologiques...) qui sont les plus intéressantes à fournir aux citoyens afin d'être didactique ?
12. Est-ce intéressant d'avoir des propositions sur les couleurs, à quoi ressemble l'objet intéressant d'avoir les contraintes condensées dans un outil numérique ?
13. Que pensez-vous de l'utilisation d'une palette d'outils de création ?
14. Informations importantes pour les professionnels : analyse des usages, compréhension des besoins des usagers

III. Les ateliers créatifs

A. Étape 1 : Constat des points négatifs et positifs



B. Étape 2 : Définition des usages et ambiances



C. Étape 3 : Positionnement spatial des usages et ambiances



D. Template des questionnaires post interview

1. Quel a été votre sentiment par rapport à :
 - Vos possibilités d'expression orale ?
 - Vos possibilités d'expression créative avec les outils mis à disposition :
 - o Que vous a apporté l'utilisation d'un lego ?
 - o De la pâte à modeler
 - o Du carton ?
 - o Objets imprimés en bois

 - Votre capacité à faire comprendre/décrire/expliciter vos idées de design aux autres ?

 - L'appréhension :
 - De l'échelle/des espaces
 - Des contraintes du lieu
 - La compréhension des idées des autres
2. Avez-vous eu l'impression de pouvoir vous projeter dans le futur ?
3. Etes-vous satisfait(e) de la maquette réalisée :
 - Qualité du rendu final
 - Temps pour réaliser
 - Comment jugez-vous votre collaboration avec les autres ?
4. Avez-vous déjà participé à des sessions de participation citoyenne ?
5. Que pensez-vous de la participation citoyenne dans le domaine du planning/design urbain ?
6. Que pensez-vous de l'impact possible de ce type de workshops créatifs dans le design des villes/quartiers ?

IV. Technologies candidates pour l'artefact

A. Hardware + Software

Technology	Short description	Interaction support	Interaction method(s)	Software	Licensing Model for Software	Game engine compatibility
Ubidisplays	<p>A prototype toolkit for building interactive displays using a projector and a Microsoft Kinect. The tool enables to drag and drop interactive web content into the world around. Possibility to prototype new kinds of computer interfaces for interior designs and furniture.</p> <p>+ <i>cost effective, offers many technological possibilities for digital interaction on analog surfaces, free license for academic projects</i></p> <p>http://www.ubi-interactive.com/</p>	<p>Any surface (wall, Whiteboard, tabletop)</p>	<p>Finger touch. Pen</p>	<p>Ubi</p>	<p>End User License Agreement (EULA) http://forum.ubi-interactive.com/hc/en-us/articles/204335409-End-User-License-Agreement</p> <p>Need to buy a license.</p>	<p>None</p>
Leap motion	<p>The Leap Motion controller is a small USB peripheral device which is designed to be placed on a physical desktop. Using two monochromatic IR cameras and three infrared LEDs, the device observes a roughly hemispherical area, to a distance of about 1 meter. It supports hand and finger motions as input, analogous to a mouse, but requires no hand contact or touching.</p> <p>+ <i>cost effective, offers many technological possibilities for digital interaction on analog surfaces</i></p> <p>https://www.leapmotion.com/</p>	<p>VR Headset (Oculus or HTC Vive only ATM)</p>	<p>Hand/finger motion. Mouse.</p>	<p>Orion</p>	<p>Apache 2.0 for code examples on Leap Motion's developer website. The SDK is under another licence that prevents developers from modifying it: https://central.leapmotion.com/agreements/SdkAgreement</p>	<p>Works with Unity and Unreal Engine</p>

Sony Interactive tabletop	<p>The table is equipped with depth sensors, motion tracking and a projector that turns any flat surface into a screen for light to play on. When a person manipulates a real object, it springs to life with animations that can be dragged off the object and then used to interact with other nearby physical objects. The tabletop also responds to any finger press by tracking the direction of hands, while hovering fingers over any portion of the surface highlights the grid of light the projector uses to monitor your movements</p> <p>- the project is still in a prototype phase</p>	Any flat surface	Finger touch Pen			
Microsoft Hololens	<p>A holographic computer, enabling interaction with high definition holograms</p> <p>https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us</p>	Headset (glasses and head gear), clicker	Gaze, Gesture, Voice	Windows SDK, Cortana for AI & Speech recognition	<p>“We can download all tools on Microsoft website. The SDK is under Microsoft license and can be modified by the developers (Open source). “</p> <p>https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa188798(v=office.10).aspx</p>	Unity 5.5.0b4, galaxy explore

Razer OSVR	<p>Open-source Virtual Reality (OSVR) is an open-source software platform for VR/AR applications. It provides abstraction layers for VR devices and peripherals so that a game developer can support many different VR devices with one SDK, rather than maintaining a separate SDK for each supported device. OSVR provides interfaces – pipes of data – as opposed to an API tied to a specific piece of hardware. If you want hand position, for example, OSVR will give you hand position regardless of whether the data comes from a Microsoft Kinect, Razer Hydra, or Leap Motion.</p> <p>http://www.osvr.org/</p>	<p>VR Headsets(hdk, oculus, vive,...) Leap Motion</p>	<p>Gaze, Gesture, Voice</p>	<p>HDK</p>	<p>Open source apache 2.0</p>	<p>Unity, Unreal, Any HMD software by coding plugins</p>

B. Hardware only

Technology	Short description	Interaction support	Interaction method(s)	Compatible development platforms	Licensing Model for Software
Google Cardboard	<p>Inexpensive VR head mount for smartphones and software. https://vr.google.com/cardboard/</p> <p>Several developers use cardboard as a platform for their own VR app developments https://vr.google.com/developers/ i.e. SmartReality+ http://smartreality.co/ upload and display BIM models on head mounted smartphone</p>	VR Headset (with a button on it)	View angle, hand	Android, Unity, Unreal	<p>Android: https://source.android.com/source/licenses.html Unity: https://unity3d.com/legal/terms-of-service Unreal: https://www.unrealengine.com/eula</p>
Google Daydream VR	<p>VR head mount for smartphones and software. https://vr.google.com/daydream/</p> <p>Daydream platform https://developers.google.com/vr/daydream/overview</p>	VR Headsets (only one announced), controller	View angle, hand, voice control	Android, Unity, Unreal	<p>Android: https://source.android.com/source/licenses.html Unity: https://unity3d.com/legal/terms-of-service Unreal: https://www.unrealengine.com/eula</p>
Oculus Rift	<p>A virtual reality headset https://www.oculus.com/en-us/</p>	VR Headset, controller	View angle, hand (orientation is optional, buttons)	Oculus, Unity, Unreal	<p>Oculus: https://www3.oculus.com/en-us/legal/terms-of-service/ (?) Unity: https://unity3d.com/legal/terms-of-service Unreal: https://www.unrealengine.com/eula</p>
HTC Vive	<p>A Virtual reality headset with two wireless controllers, and two base stations enabling 360° room-scale motion-tracking https://www.htcvive.com/eu/</p>	VR Headset, controllers	View angle, hand (orientation & buttons)	Open VR, Unity, Unreal	<p>Steam: http://store.steampowered.com/eula/eula_39190 (?) Unity: https://unity3d.com/legal/terms-of-service Unreal: https://www.unrealengine.com/eula</p>


<p>Zeiss VR ONE Plus</p>	<p>Smartphone head mount for Samsung S6 and iPhone 6.</p>	<p>VR Headset</p>	<p>View angle</p>	<p>Android, Unity, Unreal</p>	<p>Android: https://source.android.com/source/licenses.html Unity: https://unity3d.com/legal/terms-of-service Unreal: https://www.unrealengine.com/enu</p>
<p>Microsoft Kinect</p>	<p>Based around a webcam-style add-on peripheral, it enables users to control and interact with their console/computer without the need for a game controller, through a natural user interface using gestures and spoken commands.</p>	<p>Kinect Controller</p>	<p>Gesture, voice recognition</p>	<p>Windows SDK</p>	


c. Software only

Technology	Short description	Target Technology	Compatible Hardware	Dev platform compatibilities	Licensing Model
Sulon Q	(AR+VR) A wearable head mounted computing platform transform surrounding environment into an augmented or virtual reality experience through Sulon's "spatially aware" headset. http://www.sulon.com/	AR and VR	Proprietary glasses (?)	Unity, Unreal	Undisclosed for the moment
Magic Leap	A head-mounted virtual retinal display which superimposes 3D computer-generated imagery over real world objects, by projecting a digital light field into the user's eye. http://www.magicleap.com/#/home	AR	Project	Project	Project
Vuforia	leading AR platform. Supports Android and iOS smartphones and tablets as well as digital eyewear. Developers can build Vuforia apps in Android Studio, Xcode and Unity cross-platform game engine https://www.youtube.com/watch?v=RdDAjgfj_Yw	AR and VR		Android, IOS, UWP, Unity	https://library.vuforia.com/articles/FAQ/Pricing-and-Deployment-Plans
Google Tilt Brush	Tilt Brush is a VR app that permit to paint 3D models. .obj model can be imported in the virtual world. .fbx and .obj files can be exported	VR	HTC Vive	No dev platforms	Application costs 30€

Iris VR	Desktop software built from the ground up to view Revit, Sketchup, and OBJ files in the Oculus Rift and HTC Vive. Iris Prospect empowers you to share your vision with others easily and quickly. Possibility to mark annotations	VR	Mobile devices HTC Vive, Oculus Rift	No dev platforms	?
Kubity					

V. Personas

	<p>Aicha</p> <p>Student in Biology in Marseille Social status: French with immigrant parents, low-income family. Lives in a cite Knowledge of urban design: novice Knowledge of technology: rather novice</p>
<p>I have discovered at my university that near the place where I live there is going to a public park. I would like to communicate about participatory sessions to my neighbors.</p>	

	<p>Sam</p> <p>10 years old Pupil in a secondary school Social status: lower-income class family, lives in a low-cost rental social housing building “cité” in Marseille Knowledge of urban design: novice Knowledge of technology: digital native</p>
<p>My teacher Nathalie invited a facilitator from Euroméditerranée whose name is Mathias to explain us about an upcoming project of Bougainville park. He talked about the project proposed to design together the future park. Personally, I do not really go to parks, my mum brought me to a park for my 10-year-old anniversary.</p>	

**Florence**

35 years old

Bank worker

Social status: upper-middle-income class, mother of 2 children, lives in a quite prestigious area of Marseille

Knowledge of urban design: novice

Knowledge of technology: good knowledge

Every day I take metro and I cross the Saint Charles train station to go to my work. I discovered that an empty space in the downtown of Marseille is going to be transformed into a park. Usually I do not have time to go to public debates and consultations because of lack of time and because they are un during opening hours.

But since I am divorced I have some spare time in evenings when my children are with my ex-husband, so I could potentially go there, especially if I can meet other people and alter egos.

**Nathalie**

32 years old

Teacher in a secondary school

Social status: middle-income class, lives in a Marseille suburb

Knowledge of urban design: novice

Knowledge of technology: uses computer and web, but not familiar with AR and VR

My school was approached by Euromediterrannée to organize a visit the Bougainville park location with my class and to give feedbacks about the park early design. I think it could be a nice learning opportunity for pupils.



Nicolas

20 years old
 Student in a higher engineering school
 Social status: middle-income class, lives in Marseille
 Knowledge of urban design: novice
 Knowledge of technology: geek, loves new gadgets, active user of Facebook

I discovered on my FB wall that there is going to be a new park in the downtown of Marseille. I do not really know how things work in the city. Guys who posted the post said there was going to be a public consultation. I'd like to have a say but I am afraid it is going to be boring.



Gilles

38 years old
 Professional facilitator of public consultations
 Social status: middle-income class, lives in Marseille
 Knowledge of urban design: received a MD in urban studies from a prestigious university
 Knowledge of technology: have heard about most of technologies but not really interested in technological developments, prefers work with people. Have difficulties with imagining how they can be applied for participatory urban design

I have already observed in my professional life the use of various kinds of ICT tools to involve public in urban planning and design. For example, using GIS-based applications and possibility to select options out of preconfigured choices. My concern is how to build collective intelligence out of the list of wishes expressed individually by each participant. As a professional facilitator, it is difficult to me to have this trade-off between competing preferences. I believe in public participation but a bit sceptical about their real impact on urban democracy.



Claude

54 years old

Professional urban planner and designer

Social status: higher middle-income class, lives in Marseille

Knowledge of urban design: received a MD in urban design and architecture from a prestigious French school, professional experience of about 30 years,

Knowledge of technology: uses BIM but not fun of the latest gadgets

I have already observed in my professional life the use of various kinds of ICT tools to involve public in urban planning and design. For example, using GIS-based applications and possibility to select options out of preconfigured choices. My concern is how to build collective intelligence out of the list of wishes expressed individually by each participant. As a professional facilitator, it is difficult to me to have this trade-off between competing preferences. I believe in public participation but a bit sceptical about their real impact on urban democracy.



Clara

22 years old


Graduate students in urban design and architecture, intern in a well-known urban design and architecture office

Social status: middle-income class, lives in Marseille

Knowledge of urban design: interested in exploring public participation

Knowledge of technology: good

I am curious about participatory approaches in urban design. I am at the beginning of my career and would like to understand if knowledge of participatory approaches could be an ace. From ethical viewpoint I am convinced this is a good thing. I am just wondering if there are efficient approaches and concrete tools to help me to co-create with citizens or at least to interact with them.

	<p>Anthony</p> <p>35 years old Independent art worker Social status: very fluctuating revenues, lives in an area which was just gentrified so he is not sure that he'll be able to stay there longer as real estate prices get high. Activist. Knowledge of urban design: knows well political, social, cultural and urban issues of the city of Marseille Knowledge of technology: very good, can create websites using CMS, fun of open source movement and active participant of a local fab lab</p>
<p>I am in love with Marseille, it is a wonderful city and I like to do things that change life in Marseille. I follow political and cultural life of this city. I am taking part in the public consultations because I want the park to be good and have installations supporting cultural life there. So, Marseille's citizens can have access both to nature and culture. Also, as an artist I can have a new place for interacting with people, different from conventional cultural places. I want to avoid poor decisions about park so I'm going to actively contribute and criticize poor design choices.</p>	

VI. Génération d'un maillage à partir d'une polyligne

This algorithm permits to generate a triangulated surface from a point cloud

Inputs:

- positions: an array of 3 dimensional points representing user's drawing

Output:

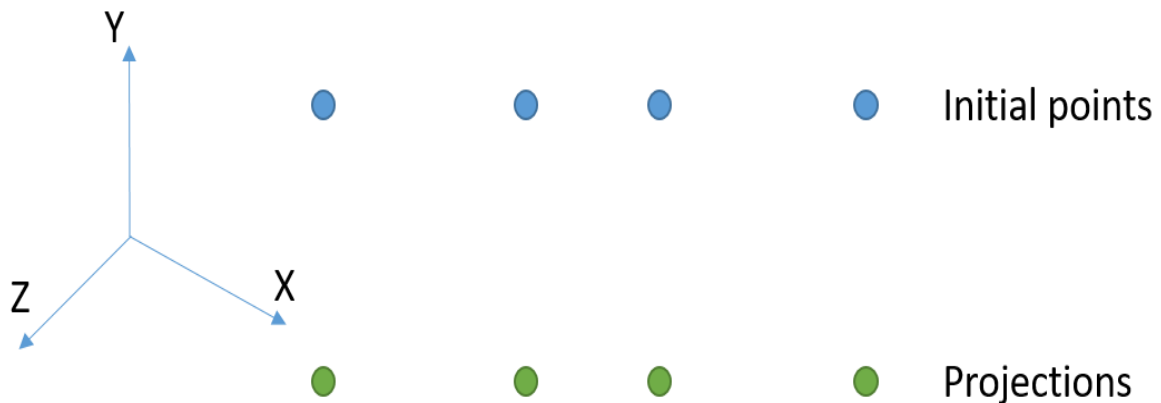
- A **MESH**

Types:

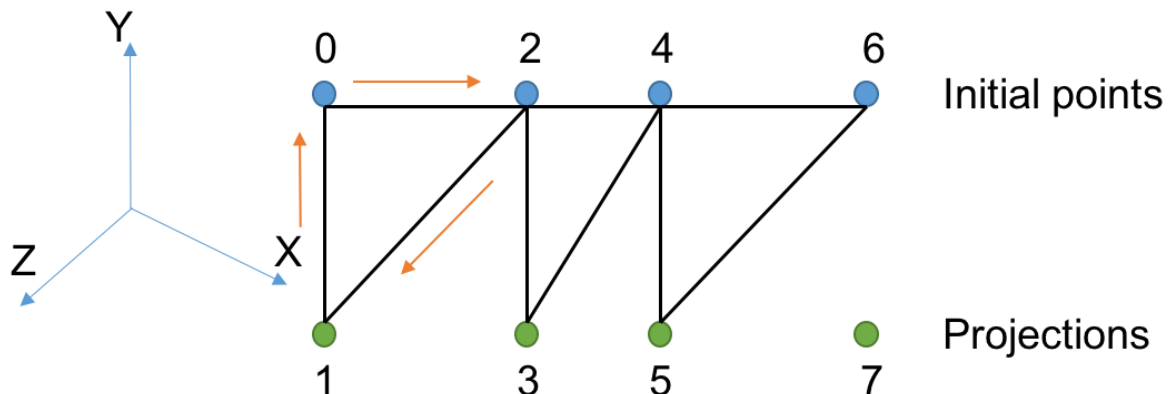
- **VECTOR3**: a vector with its x, y, z values
- **MESH**: a mesh with its vertices and triangles

Stages:

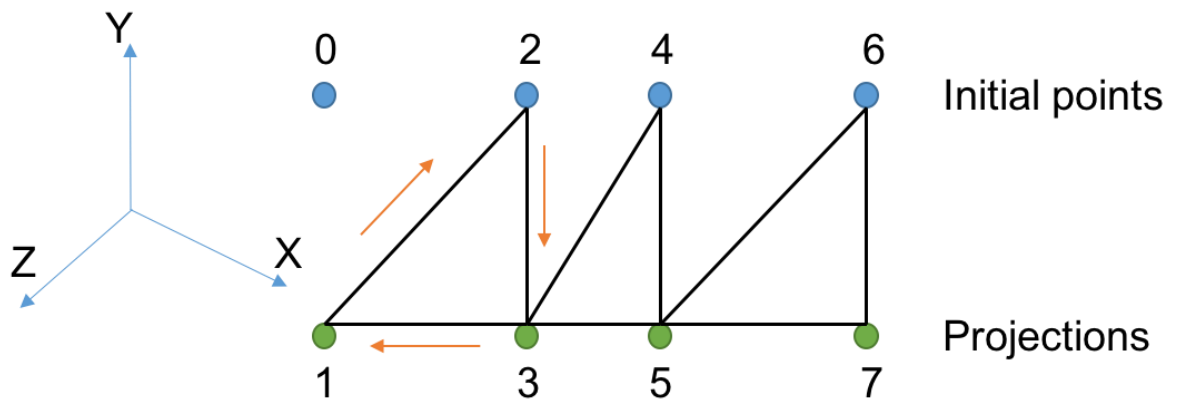
- Stage 1: Generation of all the vertices of the future mesh and store it in an array (*vertices*). Points are generated as pairs. The first element is the original point from the input array (*positions*). The second element is the projection of the first element on the y axis. It means that the y value of the second element is equal to the opposite y value of the first element. Hence two consecutive pairs represent a square.



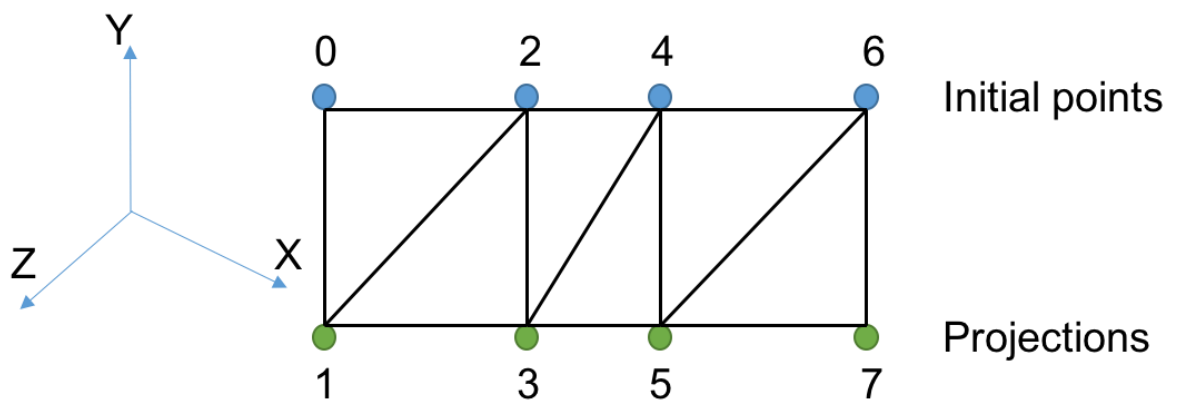
- Stage 2: Generation of triangles by connecting dots. In an array (*triangles*) we store integer values corresponding to the indices of the points in previous array (*vertices*). The order is very important since 3 points defines a triangle. We choose the clockwise orientation for these triangles. See drawing below:
 - Stage 2-1: creating triangles starting with vertex index 0. The order is index, index+2, index+1



- Stage 2-2: creating triangles starting with vertex index 1. The order is index, index+1, index+2

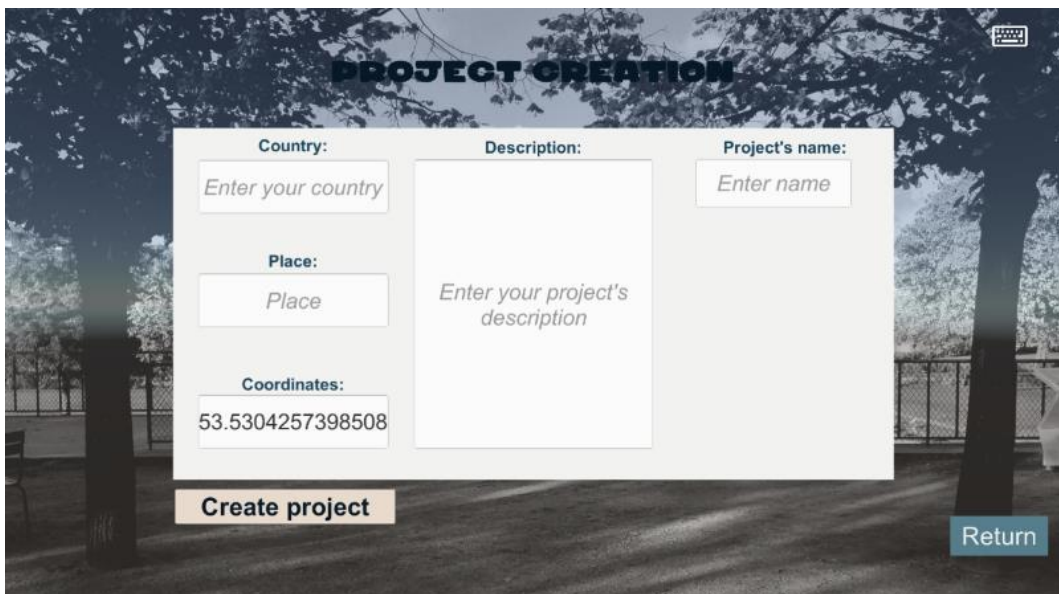
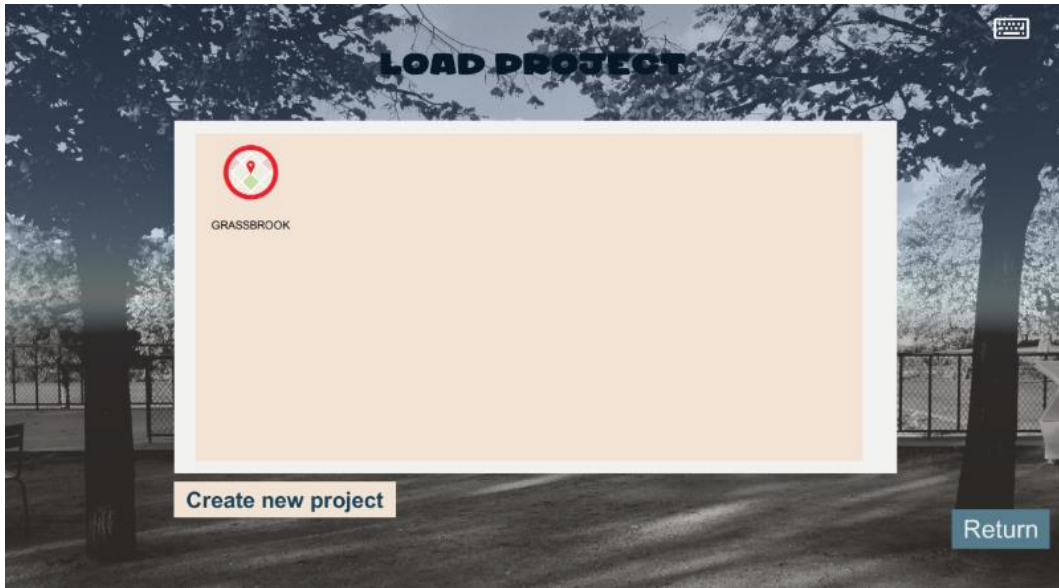


○ Final result:



- Stage 3: Creation of the object containing vertices and triangles

VII. Interfaces graphiques



ACCOUNT CREATION

Last name:

First name:

City:

Email:

Pseudo:

Password:

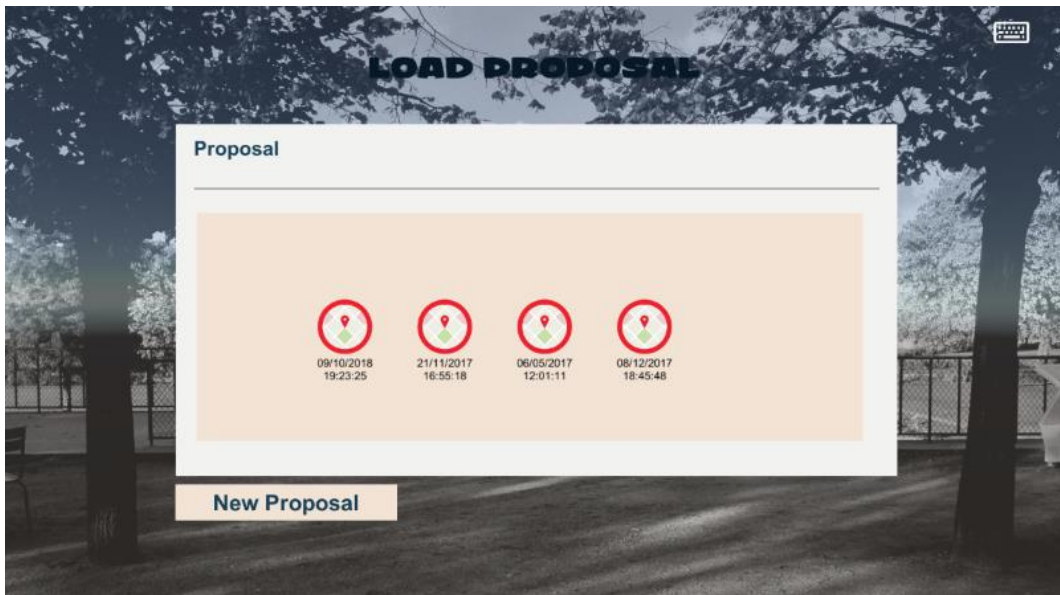
Create **Return**

CONNECTION

Pseudo:

Password:

Log in **Return**



VIII. Les questionnaires d'évaluation

A. Questionnaires d'Évaluation de l'Utilisabilité

1. Pré-questionnaire

Données personnelles

Merci de remplir ce questionnaire ; il nous aidera à classifier les données expérimentales.

Age 20-25 25-30 30-35 35-40
 40-45 45-50

50+

Sexe Femme Homme

1.) Quelle est votre nationalité ?

2.) Quelle est la nationalité de vos parents ?

----- Même réponse que précédemment

3.) Quel est votre pays de naissance ?

----- Même réponse que précédemment

4.) Dans quel pays avez-vous été formé ? (Renseigner plusieurs pays si c'est le cas)

----- Même réponse que précédemment

5.) Avez-vous déjà vécu ou travaillé à l'étranger ? Si oui, où, quand et combien de temps ?

6.) Quel pays considérerez-vous comme "le vôtre" ?

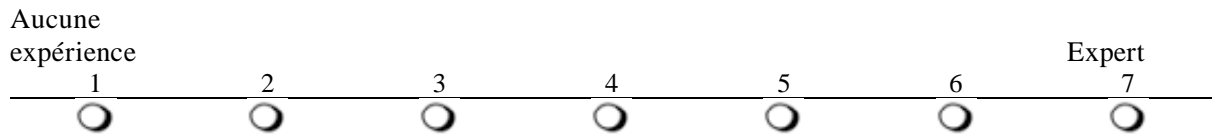
----- Même réponse que précédemment

Expérience du milieu

- Comment jugez-vous votre expérience dans le domaine du planning urbain ?

Aucune expérience

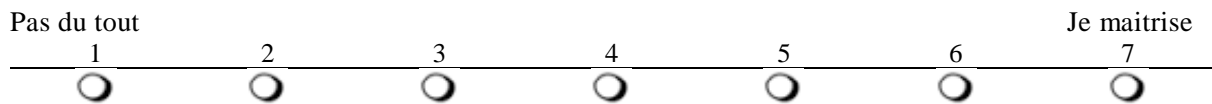
1 2 3 4 5 6 7 Expert



- Etes-vous à l'aise avec les outils numériques ? (Smartphones, Ordinateurs...)

Pas du tout

1 2 3 4 5 6 7 Je maîtrise



- Avez-vous déjà utilisé un logiciel de modélisation 3D / un moteur graphique ?
 Oui Non

- Parmi les choix proposés ci-dessous, quel(s) élément(s) avez-vous déjà utilisé (plusieurs réponses possible) ?
 Tablette/ Ipad Ecran tactile Lunettes/casque de réalité virtuelle

2. Questionnaire sur la propension à l'immersion



QUESTIONNAIRE SUR LA PROPENSION À L'IMMERSION
Laboratoire de Cyberpsychologie de
l'UQO* (2002)

Indiquer votre réponse en inscrivant un "X" dans la case appropriée de l'échelle en 7 points. Veuillez prendre en compte l'échelle en entier lorsque vous inscrivez vos réponses, surtout lorsque des niveaux intermédiaires sont en jeu. Par exemple, si votre réponse est "une fois ou deux", la deuxième case à partir de la gauche devrait être utilisée. Si votre réponse est "plusieurs fois mais pas extrêmement souvent", alors la sixième case (ou la deuxième à partir de la droite) devrait être utilisée.

1. Devenez-vous facilement et profondément absorbé(e) lorsque vous visionnez des films ou des téléromans ?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
JAMAIS		À L'OCCASION				SOUVENT

2. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans une émission de télévision ou un livre que les gens autour de vous ont de la difficulté à vous en tirer ?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
JAMAIS		À L'OCCASION				SOUVENT

3. Jusqu'à quel point vous sentez-vous mentalement éveillé(e) ou vif(ve) d'esprit en ce moment même ?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS ÉVEILLÉ(E)		MODÉRÉMENT		COMPLÈTEMENT		ÉVEILLÉ(E)

4. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans un film que vous n'êtes pas conscient(e) des choses qui se passent autour de vous ?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
JAMAIS		À L'OCCASION				SOUVENT

5. À quelle fréquence vous arrive-t-il de vous identifier intimement avec les personnages d'une histoire ?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
JAMAIS		À L'OCCASION				SOUVENT

6. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans un jeu vidéo que vous avez l'impression d'être à l'intérieur du jeu plutôt qu'en train de manœuvrer des manettes de jeu et de regarder un écran ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

7. Comment vous sentez-vous au plan de la forme physique aujourd'hui ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
PAS EN FORME MODÉRÉMENT BIEN EXTRÊMEMENT BIEN

8. Dans quelle mesure êtes-vous efficace pour vous couper des distractions extérieures lorsque vous êtes en train de faire quelque chose ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
PAS TRÈS BON(NE) PLUTÔT BON(NE) TRÈS BON(NE)

9. Lorsque vous assistez à un match sportif, vous arrive-t-il de devenir tellement pris(e) par le match que vous réagissez comme si vous étiez un des joueurs ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

10. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans des rêveries, en plein jour, que vous n'êtes pas conscient des choses qui se passent autour de vous ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

11. Vous arrive-t-il d'avoir des rêves qui semblent tellement réels que vous vous sentez désorienté(e) au réveil ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

12. Quand vous faites du sport, vous arrive-t-il d'être à ce point absorbé(e) que vous perdez la notion du temps ?

|_____| |_____| |_____| |_____| |_____| |_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

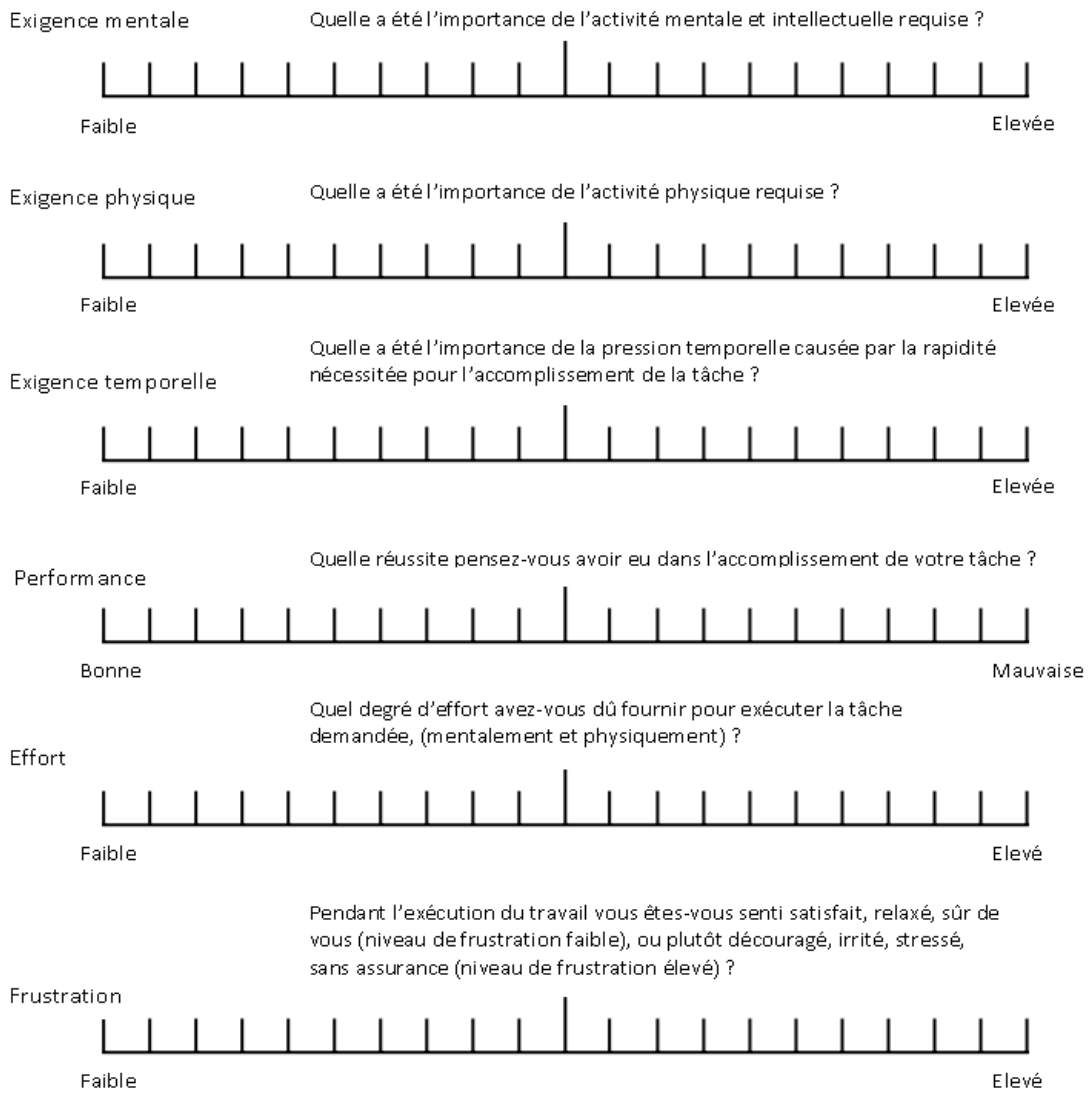
13. Dans quelle mesure arrivez-vous à vous concentrer lors d'activités plaisantes ?

3. QUESI

		Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
1	J'ai pu me servir du système sans réfléchir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	J'ai pu réaliser ce que je souhaitais avec ce système.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Le fonctionnement du système m'est apparu évident.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	J'ai pu interagir avec le système d'une façon qui me semblait familière.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Il n'y a eu aucuns problèmes lors de l'utilisation du système.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Le système n'était pas complexe à utiliser.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	J'ai pu réaliser mes objectifs de la manière que j'avais imaginée.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Le système était facile d'utilisation dès le départ.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Ce qu'il fallait faire pour utiliser le système était pour moi évident.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	L'utilisation du système s'est déroulée sans incident.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	J'ai à peine eu besoin de me concentrer pour utiliser le système.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Le système m'a aidé à accomplir ma tâche jusqu'au bout.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13	La manière dont est utilisé le système a été évidente pour moi dès le départ.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14	J'ai automatiquement fait la bonne chose pour accomplir mes objectifs.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Annexes

4. NASA TLX



5. Questionnaire de présence



Décrivez votre expérience dans l'environnement en marquant d'un "X" la case appropriée de l'échelle en 7 points, et ce en accord avec le contenu de la question et les étiquettes descriptives. Veuillez prendre en compte l'échelle en entier lorsque vous inscrivez vos réponses, surtout lorsque des niveaux intermédiaires sont en jeu. Répondez aux questions indépendamment les unes des autres et dans l'ordre dans lequel ils apparaissent. **Ne sautez pas** de questions et **ne** retournez **pas** à une question précédente afin de modifier votre réponse.

EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LEQUEL VOUS ÉTIEZ

1. Dans quelle mesure étiez-vous capable de contrôler les événements?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT			ASSEZ			COMPLÈTEMENT

2. Dans quelle mesure l'environnement était-il réactif (sensible) aux actions que vous y faisiez?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS			MODÉRÉMENT			COMPLÈTEMENT
RÉACTIF			RÉACTIF			RÉACTIF

3. Dans quelle mesure vos interactions avec l'environnement vous semblaient-elles naturelles?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
EXTRÊMEMENT			À MI-CHEMIN			COMPLÈTEMENT
ARTIFICIELLES						NATURELLES

4. Dans quelle mesure les aspects visuels de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT			ASSEZ			COMPLÈTEMENT

5. Dans quelle mesure les mécanismes permettant votre mouvement dans l'environnement vous semblaient-ils naturels?

_____	_____	_____	_____	_____
EXTRÊMEMENT		À MI-CHEMIN		COMPLÈTEMENT
ARTIFICIELS				NATURELS

6. Dans quelle mesure vos sens étaient-ils trompés par le réalisme du mouvement des objets à travers l'espace?

_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		MODÉRÉMENT		TRÈS
		TROMPÉS		TROMPÉS

7. Dans quelle mesure les expériences que vous avez vécues dans l'environnement virtuel ressemblaient-elles à celles de l'environnement réel ?

_____	_____	_____	_____	_____
PAS		MODÉRÉMENT		TRÈS
RESSEMBLANT		RESSEMBLANT		RESSEMBLANT

8. Étiez-vous capable d'anticiper les conséquences des mouvements que vous faisiez?

_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ		COMPLÈTEMENT

9. Jusqu'à quel point étiez-vous en mesure d'explorer activement l'environnement de façon visuelle?

_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ		COMPLÈTEMENT

10. Jusqu'à quel point la sensation de déplacement à l'intérieur de l'environnement virtuel était-elle confondante (réaliste)?

_____	_____	_____	_____	_____
PAS		MODÉRÉMENT		TRÈS
CONFONDANTE		CONFONDANTE		CONFONDANTE

11. À quelle distance pouviez-vous examiner les objets?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS PROCHE			PLUTÔT			TRÈS
DU TOUT			PROCHE			PROCHE

12. Jusqu'à quel point pouviez-vous examiner les objets sous différents angles?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT			ASSEZ			COMPLÈTEMENT

13. Jusqu'à quel point étiez-vous impliqué(e) dans l'expérience vécue dans l'environnement virtuel?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT			MOYENNEMENT			COMPLÈTEMENT
ENGAGÉ(E)			ENGAGÉ(E)			ABSORBÉ(E)

14. Jusqu'à quel point avez-vous ressenti un délai séparant vos actions de leurs conséquences?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
AUCUN			DÉLAI			LONG
DÉLAI			MODÉRÉ			DÉLAI

15. À quel rythme vous êtes-vous adapté(e) à l'expérience vécue dans l'environnement virtuel?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS ADAPTÉ(E)			LENTEMENT			EN MOINS
DU TOUT						D'UNE MINUTE

16. En termes d'interactions et de déplacements dans l'environnement virtuel, jusqu'à quel point vous sentiez-vous compétent(e) à la fin de l'expérience?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS			RAISONNABLEMENT			TRÈS
COMPÉTENT(E)			COMPÉTENT(E)			COMPÉTENT(E)

17. Jusqu'à quel point la qualité visuelle de l'appareillage graphique vous a-t-elle incommodé(e) dans l'exécution des tâches requises?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ			TÂCHES	
		INCOMMODÉ(E)			COMPLÈTEMENT	
					EMPÊCHÉES	

18. Dans quelle mesure les mécanismes de contrôle de votre mouvement ont-ils interféré avec l'exécution des tâches requises?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ			GRANDEMENT	
		INTERFÉRÉ			INTERFÉRÉ	

19. Jusqu'à quel point êtes-vous parvenu(e) à vous concentrer sur les tâches requises plutôt que sur les mécanismes utilisés pour effectuer lesdites tâches?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ			COMPLÈTEMENT	

RÉPONDEZ SI L'ENVIRONNEMENT VIRTUEL COMPRENAIT DES ASPECTS HAPTIQUE (TOUCHER) :

23. Dans quelle mesure pouviez-vous explorer activement et de façon tactile (par le toucher) l'environnement?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ			COMPLÈTEMENT	

24. Jusqu'à quel point pouviez-vous déplacer ou manipuler les objets dans l'environnement virtuel?

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PAS DU TOUT		ASSEZ			COMPLÈTEMENT	

6. Évaluation globale

1. Le but du système était clair

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. La tâche à réaliser était exigeante, ce qui m'a plu

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Après avoir entendu la tâche à réaliser, j'avais confiance en ma capacité à la réaliser

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Je me suis amusé en utilisant le système

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

B. Questionnaires d'Évaluation de l'Utilité

1. Pré-questionnaire

Ce questionnaire anonyme concerne une étude sur la définition d'un outil numérique dédié aux citoyens, dans le cadre des projets de design urbain. Les informations récoltées ne seront en aucun cas divulguées publiquement. Leur utilisation se limite au domaine de la recherche, dans le cadre du projet européen H2020 : U_CODE.

1. Age

- 20-25
- 25-30
- 30-35
- 35-40
- 40-50
- 50+

2. Sexe

- Femme
- Homme

3. Comment avez-vous entendu parler de cet atelier participatif ?

- Journal
- Affiche
- Internet (mail, article sur un site web, ...)
- Autre :

4. Avez-vous déjà participé à un atelier de ce genre dans un contexte différent ?

- Oui
- Non

5. Etes-vous résident(e) du quartier (si oui, depuis comment de temps) ?

- Oui, depuis
- Non

6. Comment estimez-vous votre connaissance de l'urbanisme ?

- Excellente
- Bonne
- Moyenne
- Faible

7. De manière générale, avez-vous une bonne connaissance des dimensions ?

- Oui
- Un peu
- Pas vraiment



8. Quel est votre rapport avec les outils numériques (smartphone, tablette, ordinateur...) ?

- Je maîtrise
- Je suis à l'aise
- J'ai un peu de mal
- Je ne maîtrise pas du tout

Annexes

- | | | | | |
|-----|--|-----------------------|-----------------------|--|
| 2. | Être créatif et expressif | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Produire des résultats qui valent l'effort fournit |
| 3. | M'amuser avec l'outil | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Entrer en immersion dans la tâche |
| 4. | Entrer en immersion dans la tâche | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Produire des résultats qui valent l'effort fournit |
| 5. | Travailler en groupe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | M'amuser avec l'outil |
| 6. | Produire des résultats qui valent l'effort fournit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Envisager plusieurs possibilités, idées ou résultats |
| 7. | Être créatif et expressif | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Entrer en immersion dans la tâche |
| 8. | Travailler en groupe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Produire des résultats qui valent l'effort fournit |
| 9. | Être créatif et expressif | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | M'amuser avec l'outil |
| 10. | Envisager plusieurs possibilités, idées ou résultats | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Entrer en immersion dans la tâche |
| 11. | Travailler en groupe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Être créatif et expressif |
| 12. | Produire des résultats qui valent l'effort fournit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | M'amuser avec l'outil |

Annexes

- | | | | | |
|-----|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 13. | Envisager plusieurs possibilités, idées ou résultats | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Être créatif et expressif |
| 14. | Travailler en groupe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Entrer en immersion dans la tâche |
| 15. | Envisager plusieurs possibilités, idées ou résultats | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | M'amuser avec l'outil |

3. Questionnaires de vote pour l'évaluation des propositions

Evaluation de la créativité

Bonjour à tous,

Dans le but de récolter des données qualitatives pour le projet de recherche H2020 U_CODE (<http://www.u-code.eu/about>), nous aimerions prendre un peu de votre temps pour répondre à ce questionnaire (maximum 5 minutes).

Vous allez devoir juger, de votre point de vue, la créativité de 4 propositions de design urbain pour la place Porte d'Italie à Toulon, selon 3 critères : originalité, utilité, esthétique

Ces designs 3D ont été réalisés à l'aide d'un prototype développé à l'ISEN, à l'occasion de 4 workshops consécutifs ayant rassemblé entre 7 et 8 personnes différentes par workshop (novembre 2018). Ces personnes n'avaient pas été sélectionnées à l'avance et provenaient de classes socio-professionnelles variées.

Merci de votre aide et du temps que vous nous accordez.

L'équipe U_CODE.

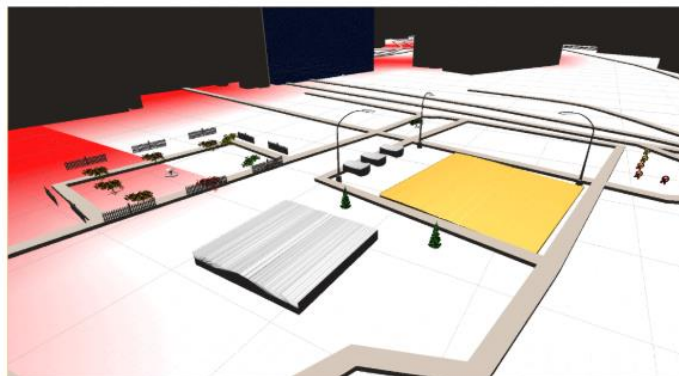
***Obligatoire**

Les propositions de design

Dans leur cahier des charges, les participants avaient pour obligation de faire apparaître, en plus de leurs propres idées :

- Une zone "calme" : Potager urbain, terrain de pétanque, parking pour vélo
- Une zone "jeux" : Jeux d'eau, workout (équipement de sport), city stade
- Des lumières

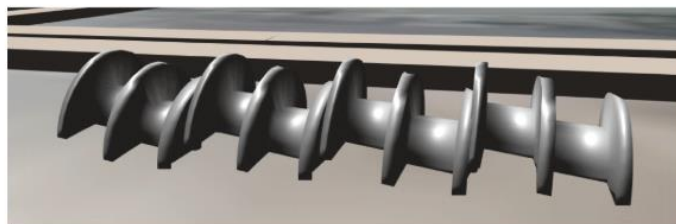
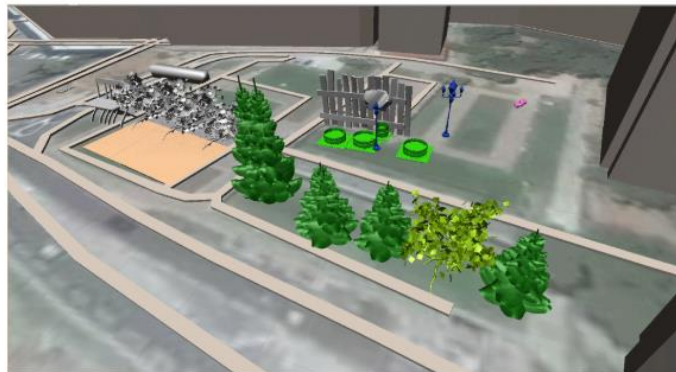
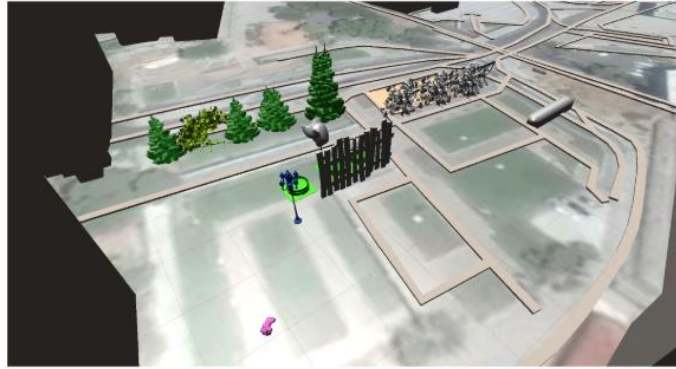
Proposition 1



Annexes

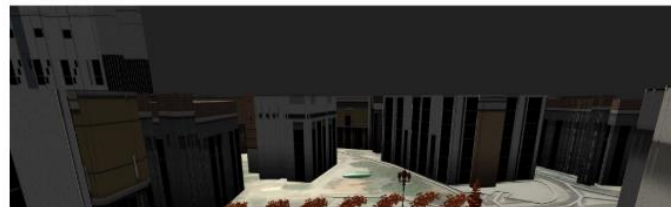
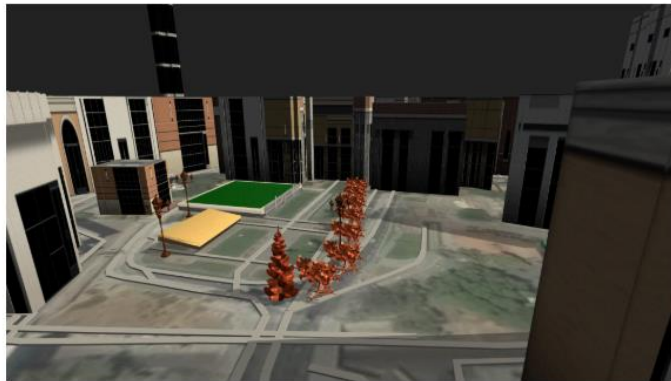
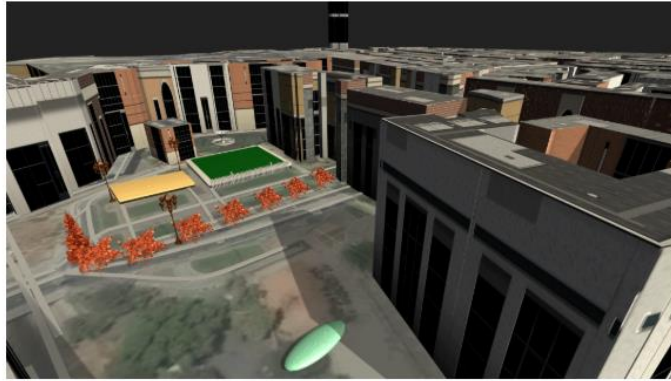


Proposition 2

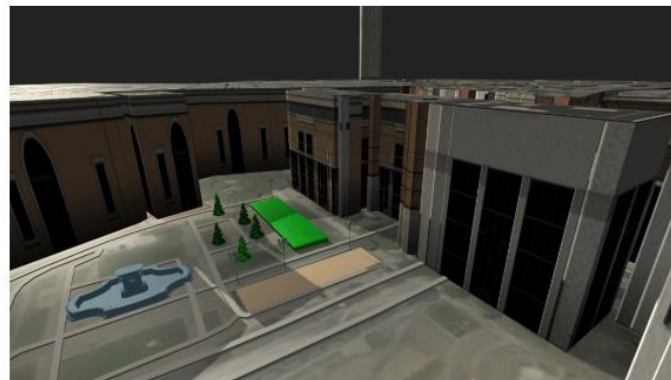


Annexes

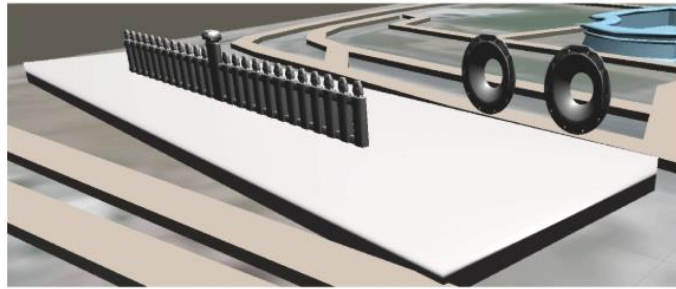
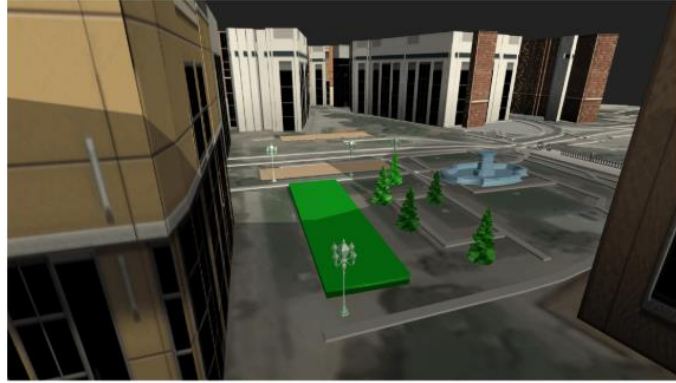
Proposition 3



Proposition 4

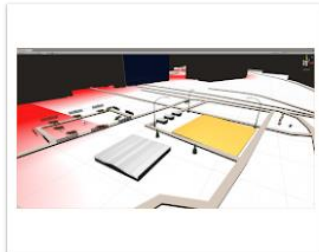


Annexes



Evaluation

Selon vous, laquelle de ces propositions est la plus originale ? *



Proposition 1



Proposition 2



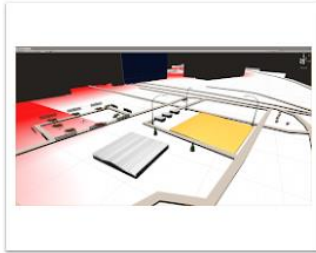
Proposition 3



Proposition 4

Annexes

Selon vous, laquelle de ces propositions est la plus utile et compréhensible ? *



Proposition 1



Proposition 2



Proposition 3

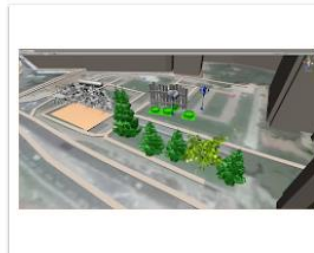


Proposition 4

Selon vous, laquelle de ces propositions est la plus aboutie esthétiquement ? *



Proposition 1



Proposition 2



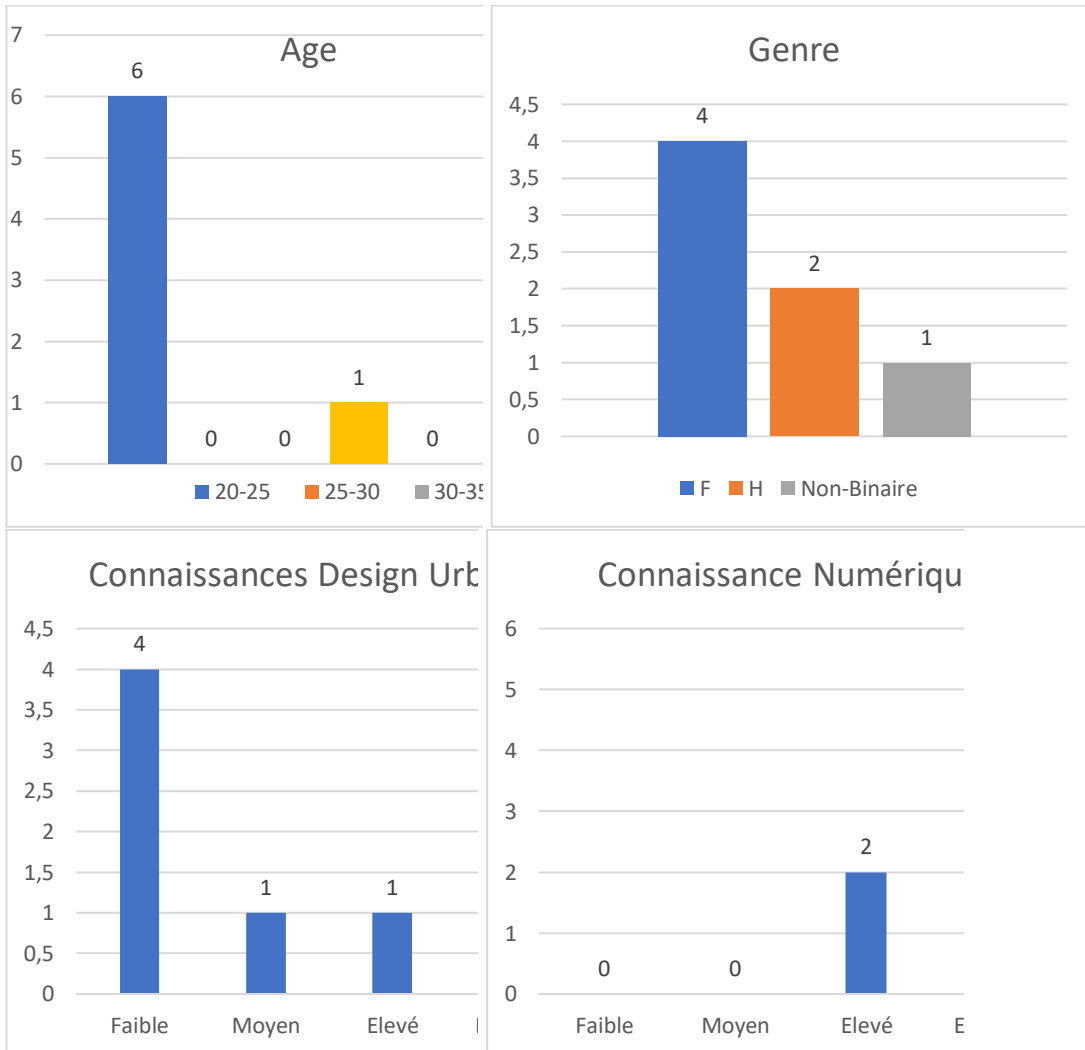
Proposition 3



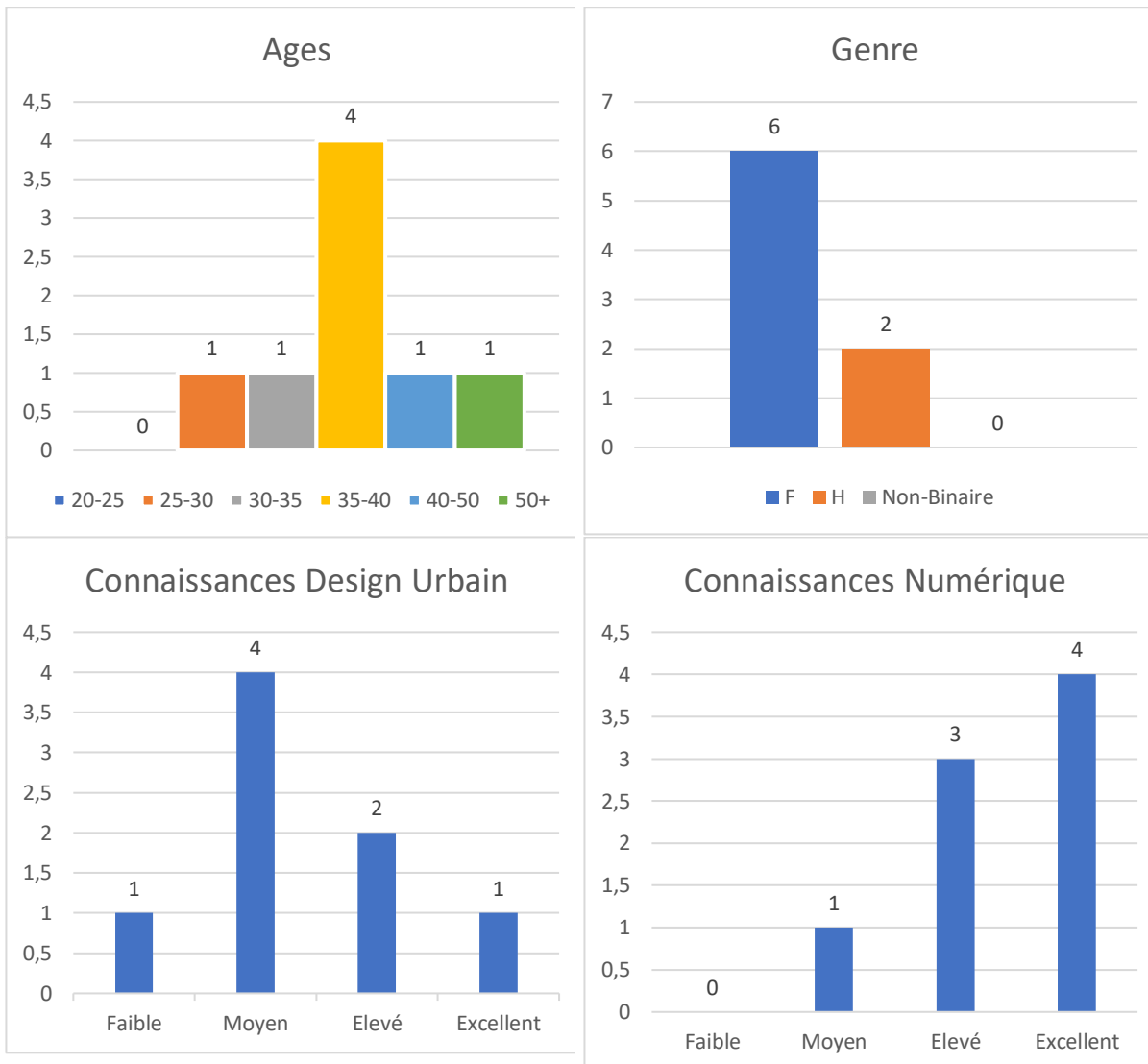
Proposition 4

IX. Profils des participants aux ateliers d'évaluation de l'utilité

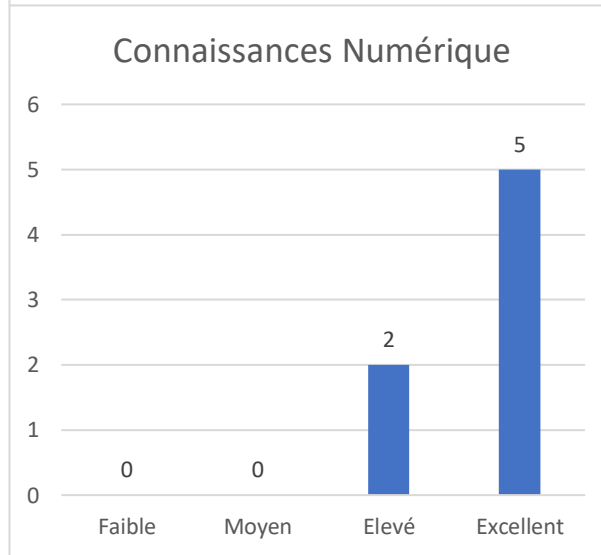
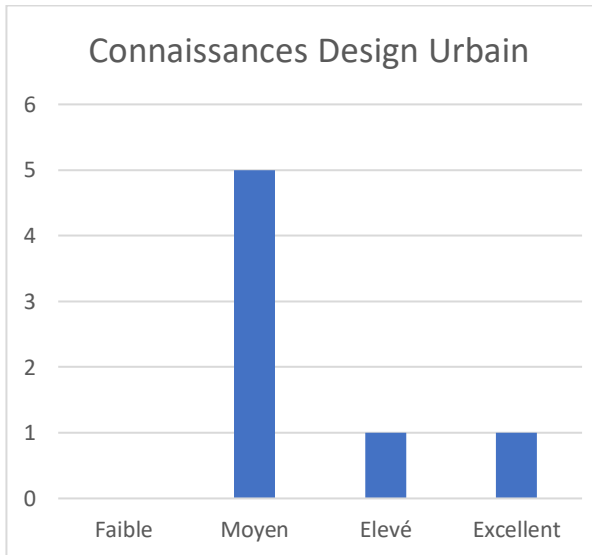
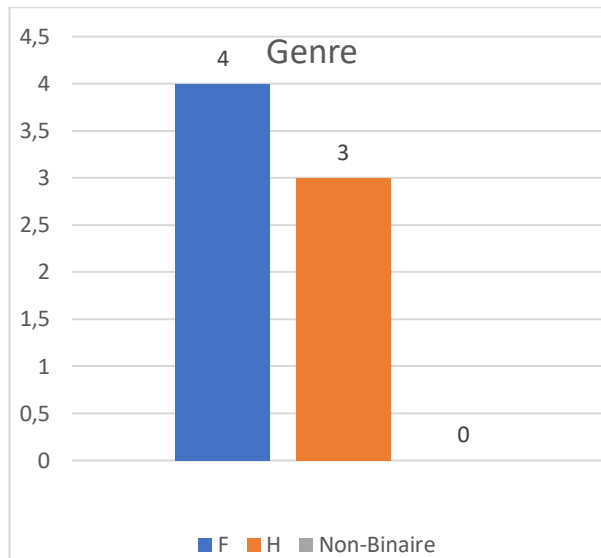
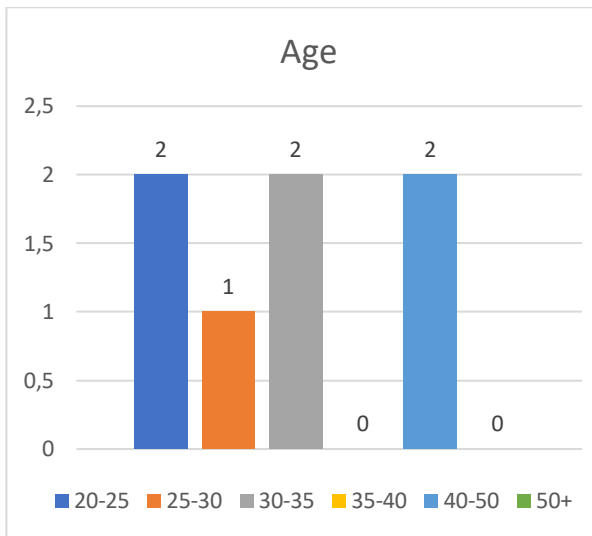
A. Atelier 1



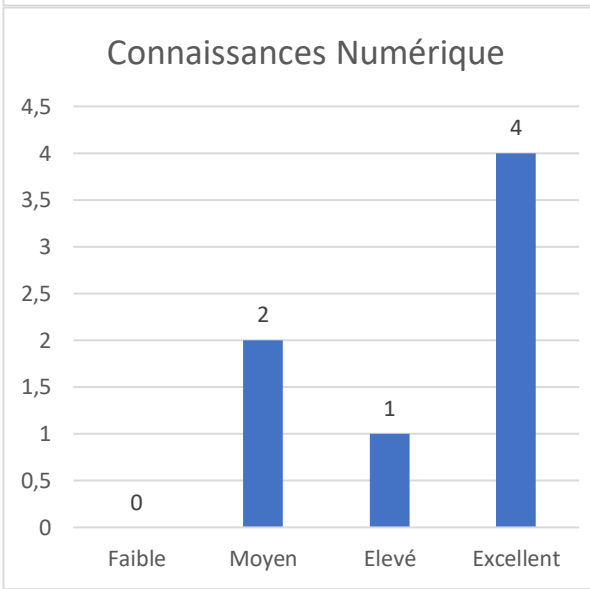
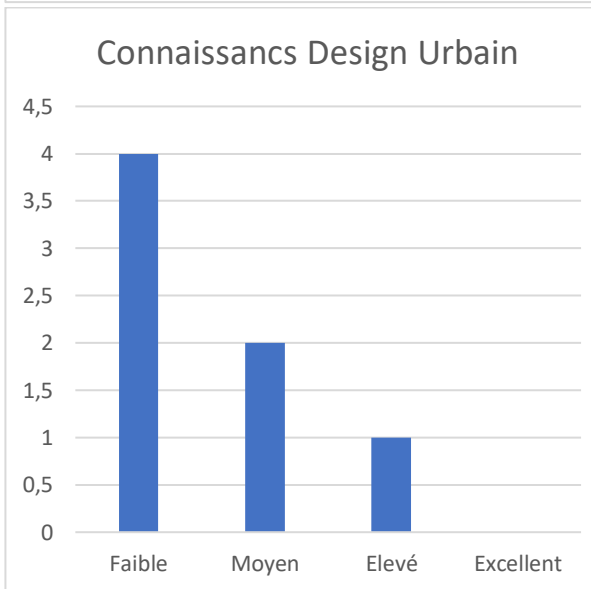
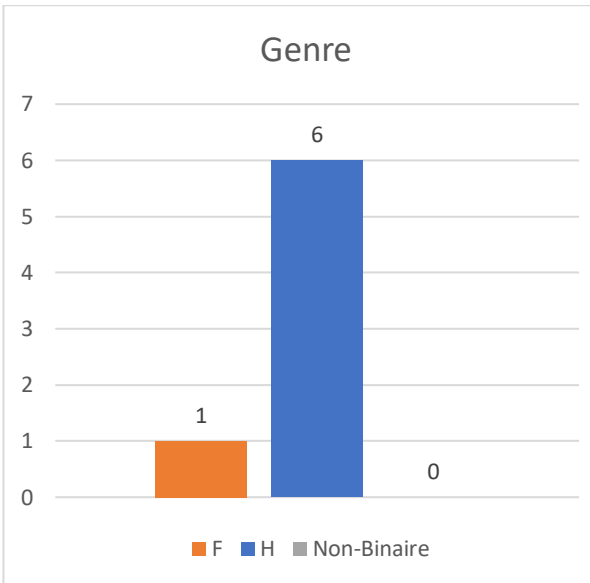
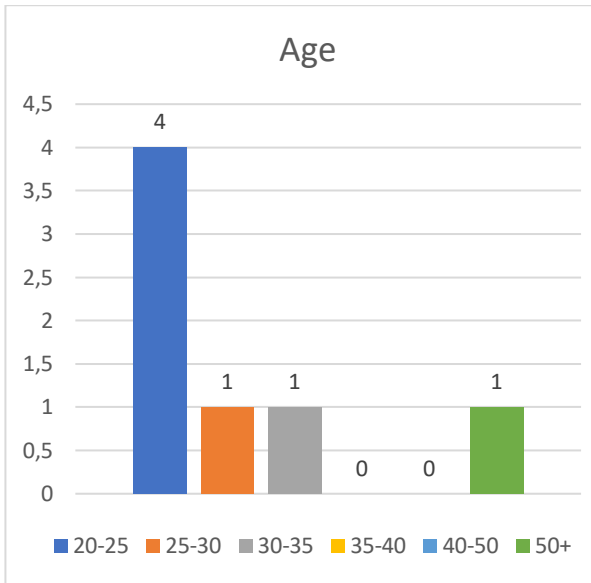
B. Atelier 2



C. Atelier 3



D. Atelier 4



X. Résultats du questionnaire CSI

A. Atelier 1

Score CSI : 70,90 (11,19).

Score éducation américaine : C-

Facteur	Comptage préférence (SD)	Score moyen (SD)	Poids moyen (SD)
Collaboration	3,57(1,51)	16,86(1,77)	60,57(26,44)
Amusement	2,14(1,35)	15,14(3,58)	33,00(23,77)
Exploration	3,71(1,50)	12,71(2,29)	48,29(24,85)
Expression	3,29(1,25)	14,71(2,56)	49,00(22,25)
Immersion	1,29(1,11)	9,00(4,76)	9,86(11,47)
RWE	0,86(0,90)	13,71(2,98)	12,00(14,09)

Ce qui était très important pour les participants : La collaboration, l'expression et l'exploration.

Importance moyenne : L'Amusement

Faible importance : L'immersion et le ratio efforts fournis/résultat obtenus.

B. Atelier 2

Score CSI : 50,71 (7,41).

Score éducation américaine : F

Facteur	Comptage préférence (SD)	Score moyen (SD)	Poids moyen (SD)
Collaboration	2,38(0,92)	11,88(3,52)	27,88(12,92)
Amusement	2,63(1,19)	15,63(2,77)	40,63(20,06)
Exploration	3,25(1,28)	8,25(1,58)	27,00(11,61)
Expression	3,63(1,30)	8,75(2,12)	31,13(10,78)
Immersion	2,50(1,31)	7,13(3,27)	20,88(16,26)
RWE	0,63(0,74)	9,38(2,67)	4,63(5,15)

Ce qui est très important pour les participants : l'expression et l'exploration.

Importance moyenne : Collaboration, Amusement, Immersion

Faible importance : Ratio efforts fournis/résultat obtenus.

C. Atelier 3

Score CSI : 66,05 (13,63).

Score éducation américaine : D

Facteur	Préférence moyenne (SD)	Score moyen (SD)	Poids moyen (SD)
Collaboration	4,00(1,00)	15,71(2,87)	62,43(1,51)
Amusement	1,14(0,69)	15,71(2,63)	18,71(11,06)
Exploration	3,43(1,27)	12,71(2,81)	43,29(19,35)
Expression	3,43(1,27)	12,00(3,51)	43,71(25,62)
Immersion	2,14(1,07)	10,43(4,96)	21,43(13,84)
RWE	0,71(0,49)	13,14(3,44)	8,57(6,40)

Ce qui est très important pour les participants : La collaboration, l'expression et l'exploration.

Importance moyenne : Immersion

Faible importance : Amusement, Ratio efforts fournis/résultat obtenus.

D. Atelier 4

Score CSI : 69,19 (8,21).

Score éducation américaine : D+

Facteur	Comptage préférence (SD)	Score moyen (SD)	Poids moyen (SD)
Collaboration	2,71(2,29)	14,43(2,99)	42,86(36,71)
Amusement	1,43(1,62)	14,00(3,65)	18,86(24,22)
Exploration	3,86(0,90)	14,00(1,83)	54,57(16,56)
Expression	3,29(1,60)	12,86(2,91)	42,71(23,16)
Immersion	2,57(1,27)	13,29(3,15)	34,57(20,67)
RWE	1,14(1,35)	12,57(1,51)	14,00(17,06)

Ce qui est très important pour les participants : L'expression et l'exploration.

Importance moyenne : Collaboration, Immersion

Faible importance : Amusement, Ratio efforts fournis/résultat obtenus.

Articles

Article 1

Faliu, B. (2017). Shaping the Pace-A Digital Design Heuristics Tool to Support Creation of Urban Design by Non-Professionals. *Res. & Sci. Today*, 13, 126.

Shaping the place - A digital design heuristics tool to support creation of urban design by non-professionals

Barnabé FALIU¹

ABSTRACT:

Over the last years participation in urban design and planning has gained interest of research institutions, and more particularly ICT-mediated citizen participation in urban projects. This paper is exploring a solution to foster civic engagement in urban design projects through an ICT tool. We propose a framework to support interactions between non-professionals and professionals that will ease the understanding of urban design and creation of design proposals for non-trained people and, on the other hand, offer valuable propositions and inspiration to experts. The paper is first offering an overview of the existing methodologies and tools for participatory urban design, followed by a presentation of a case-study in Marseille. Then we propose the definition of a scenario along with a 3D modelling tool to engage citizens, and first results of implementation.

KEY WORDS: Urban Design, Participatory Design, Creativity, Co-Design, 3D Modeling, 3D Collage

1. Introduction

Citizen participation in urban projects has imposed in the last decades as one of the key for success. It is clearly identified there is a lack of communication and collaboration between citizens and urban design experts which can lead to conflictual situations. The stakes of these projects are generally too critical to leave citizens voices apart. Urban designers and local authorities should not forget end users when designing public places in order to respect their quality of life and their ‘ownership’, in the sense of (De Lange and De Waal 2013), whom define it as “the right to act upon an issue..., a sense of belonging to a collective place”. Moreover, regarding the national legal framework of France (Article L103-2), participatory processes are mandatory for urban projects aiming to modify the living environment of citizens. As a result, a huge number of methodologies and toolkits have been developed lately, applicable to different steps of urban projects whether it is urban planning or urban design. Among these methodologies, an increasing number is focused on ICT-mediated citizen participation in urban issues which are “technology being addressed in such areas as governance, urban planning, information systems and interaction design, geography, citizen activism and community development” (Saad-Sulonen and Horelli 2010). The ambition of ICT tools is to provide a digital interface between urban design experts and citizens to let them collaborate and benefit from each other’s knowledge.

In the first section, we present a non-exhaustive state of the art of interactive and immersive tools for participatory design. We are mainly focusing on ICT tools. Second, we introduce a case-study held in the city of Marseille by Euroméditerranée, from which we have some first observations to share. The first two sections permit us in a third section to

¹ PhD Student, Yncrea Méditerranée, ENSAM Le2I, Toulon, France, barnabe.faliu@yncrea.fr

define a 3D modeling tool included in a scenario to involve citizens in urban design projects. Finally, we present first results of implementation of the tool and future work planned.

2. Interactive and Immersive tools for Participatory Urban Design

Urban design is a multidisciplinary process to create places for people and define their interactions with it. The work done is mainly related to public places like plazas, parks, open spaces or streets. Urban designers have to consider the needs, habits and customs of the different kinds of citizens that will use the place and imagine how they will experience it. In the other hand, economical, technical, political and sociological constraints must be considered during a short-range period of approximately five years, to come to a successful solution adapted to needs of everyone. Urban design is a complex process due to the important number of stakeholders, representing different interests: local residents, local authorities, associations, special interest groups, urban planners, urban designers, architects and more. More generally, we can simplify it in two distinct groups, professionals and end-users. Professionals represent urbanism experts and decision makers. End-users represent the people that will live with the newly designed place. On top of it, other issues as ecological challenges, social equity, culture, safety or water supply influence both the choices made by professionals, and the debate or needs risen by end-users.

To tackle the complex situation of urban design, many people worked on solutions to enhance stakeholder's collaboration. (Sanoff 2000) divided participation methodologies in urban planning and design into six main categories:

- Awareness methods: Inform people about the ongoing project and the main issues through exhibits, medias or walking tours.
- Group interaction methods: Better known as workshops, whether it is a focus group of meticulously selected people or an open session, it aims to solve a particular problem through series of working sessions mixing professionals and end-users.
- Gaming methods: Gaming methodologies places participants into a real-life context in order to solve an identified problem. The context is composed of participants, rules, constraints and methodologies. It can act as an educative process for citizens (and professionals), or as a way to solve issues between multiple stakeholders.
- Indirect methods: Questionnaires and interviews to grasp citizen's opinions and needs;
- Open-ended methods: Methodologies where participants have the less constraints to express themselves.
- Brainstorming methods

(Salter et al. 2009), (Saad-Sulonen and Horelli 2010) and (van Heeswijk 2017) demonstrate in case-studies that the usage of interactive and immersive tools in participatory planning is greatly approved by citizen. It helps to better understand the environment and issues for non-professionals but it also helps with connecting urban planning, community development and local governance. Interactive and immersive tools for participatory urban design can be defined as a group interaction method as well as a gaming method since from one side it connects experts and citizens whom can share experience and knowledge, and from another side it is a constrained environment with rules aiming to solve an identified problem. The gamification also enables an educative process regarding the local community. Digital tools are also a great support for co-creation and permit bottom-up (local) initiatives supervised by top-down (institutions) rules to end with comprehensive and high-quality design propositions.

The following list presents a few existing interactive and immersive tools for participatory urban design:

Article 1

- Interactor from (van Heeswijk 2017): A software assisting users in creating their own world in 3D for urban renewal, graphic art or design. It permits manipulation of 3D objects and textures. Objects can also be reworked through a 2D drawing mode where users can cut, paint or draw.
- Terf (3D Immersive Collaboration 2014): A multi-user virtual world used for long-distance collaboration of multiple stakeholders in companies, and more particularly construction management. It offers several points of view (first person, bird view, ...) to manipulate 3D models (from a database or imported) or 2D images. Additional features are available like voice and text chat, webcam video, placement of 360 audio sources and in-game usage of programs like excel or word. It is also linked with external programs as SketchUp or ArcGis.
- The Betaville Project (Skelton 2013) offers a “massive participatory online environment for distributed 3D design and development of proposals for changes to the built environment”. Multiple actors can be connected to the same virtual city and ‘fly through it’, model new structures, leave comments and engage a real-time discussion.
- (Westerberg and Von Heland 2015) promoted the use of the Mojang AB’s video game Minecraft to build propositions in a virtual city using the Minecraft tools. Feedback tools such as commenting produced design proposals are also available.
- City I/O (“Changing Places” 2017) proposes a table with an urban model on top build out of Lego pieces. One can see the representation of the urban model in 3D on a screen that is directly linked to the physical model with extra textures added like trees and building shapes. Two modes of interaction are possible: one by adding/removing Lego blocks on the table and seeing the change on the screen; or by interacting with the virtual model for softer actions like changing building colors or adding a comment. The virtual scene can be visualized either on a TV screen or on a mobile device using an AR application.

3. Case Study: Euroméditerranée in Marseille, the Bougainville Park

3.1. Context

Euroméditerranée is a consequential project held in Marseille, France, focusing on urban planning and economic development since 1995. It has been initiated by French government, the city of Marseille, the region Provence-Alpes-Côte d’Azur and is financed by Europe. Euroméditerranée is the contracting authority responsible for urban planning, project management and funding of the different urban projects included in a 480 hectares area. Currently in the second phase of the global project, Euroméditerranée started working on the construction of an urban park, so called Bougainville Park, which is a 4 hectares terrain at a central position of the city: it is surrounded by a metro station, residential districts, joint ownership properties, an elementary school and a social housing building. It aims to be the “green lung” of the district which is more or less an industrial wasteland for the moment. The main desire of the team is to offer a high level of involvement of the different stakeholders and more particularly the citizens and local associations representing residents in order to get a consensus of opinion, and consequently a successful and cost-effective project that is representative of the local needs. The next section will present the participatory methodology used by Euroméditerranée to involve citizens in urban design.

3.2. Methodology

The project started in Mars 2016 with a clear view of the methodological approach, that is oriented on co-designing the park with workshop’s participants and local residents, three years before the construction work starts. From this point, inputs data where already

Article 1

identified such as: a budget, existing infrastructures, a soil survey, flooding risks, pollution, topological information and social context. Two major objectives have been defined:

- The definition of temporary infrastructures in order to provide quickly some elements of the future park.
- The definition of a pre-planning in dialogue with participants and local residents, which will act as a recommendation list for the prime contract, a landscape specialist company. The objective is to define the features and uses of the park.

On this basis, Euroméditerranée proposed three phases before the start of construction:

- Pre-consultation: Workshops - Choices of the temporary infrastructure and first draft of a pre-planning intended for landscape specialists.
- Selection of the landscape specialist: 5 teams were in competition to gain the project. The citizens were not involved in the selection process, nevertheless, one of the mandatory requirements to win the competition was the acceptance co-design methodology.
- Consultation: Workshops in collaboration with the selected landscape specialists for three consecutive phases of urban design (sketch phase, pre-project phase, project phase).

Workshops

The co-design workshops organized by Euroméditerranée were inspired by the Participatory Prototyping Cycle framework (Sanders 2013). Different stakeholders, professionals or non-professionals, were melted to make and tell on key subjects like security, local culture, history of the district, and finally co-creation of design propositions. Enacting is not part of the current process. During co-creation sessions, several questions have been answered either with the usage of make tools, or through a simple vote. For instance, in order to gather the needs about the open question: ‘What features should appear inside the park and where?’, participants were working in groups of 5. They were given a 2D map centered on the future area of the park. The animators of the workshop (Euroméditerranée) also gave printed images of the most common features to each group (skate parks, public facilities, playgrounds, trees, ...) along with scotch tape and scissors. Then each group had to stick the images on the map, at the position they want it to be. This process of course lead to debates inside each group. At the end of the session, a group by group presentation is made and the animator realizes a synthesis to identify the key needs of the citizens throughout the propositions. After each workshop, outputs are delivered to local authorities so they can identify early the main issues of the project.

3.3. Workshops observation

We participated to almost every workshop, hence we had the opportunity to analyze the benefits and limitations. The methodology used by Euroméditerranée confirm the theory that participatory urban design is helping with the acceptance, the ownership, of the project by citizens. The general feeling is positive and the multiple workshops created quality debates and propositions. This will permit professional to work in line with the needs of the inhabitants.

Nevertheless, the audience wasn't fully representative of every kind of inhabitant of the district, which is problematic because their needs aren't heard. Moreover, a huge turnover has been noticed between each workshop, except for a core group of approximately five persons. The overall feelings of the citizens about the participative methodology was mixed, some participants had their trust in the project enhanced, and others were frustrated because it was

too long, or because of some political announcements made late that created a feeling of treason. Regarding the co-creation process, we identified some drawbacks that will lead us to the definition of a numeric tool to support participatory urban design:

- Participants have a wrong understanding of spaces and relief,
- Printed images are not convenient when looking for a particular feature/atmosphere,
- Understanding of technical, political and financial constraints could be enhanced,
- Collaboration can be enhanced between professionals and non-professionals

4. Definition of a 3D Modeling tool to engage citizens and enhance their creativity

To answer the drawbacks listed previously, we propose an interactive and immersive digital tool to help citizens' understanding, enhance their creativity and their knowledge of urban design constraints. Based on (Salter et al. 2009), (Saad-Sulonen and Horelli 2010) and (van Heeswijk 2017) observations concerning the usage of digital tools in urban design, we choose to create a 3D modeling tool in order to support spaces and relief understanding. Alike the participants of Euroméditerranée's workshops, the users of the tool have access to a large digital database of categorized 3D models, meaningful for urban design. Inside the database, one should be able to find models from a complex playground to a basic shape and manipulate it easily: select, move, rotate, scale, deform and delete. Some characteristics of the model could also be changed as the color or the material.

To support creativity, we propose a 3D collage metaphor to support the divergence phase of creation. A user should be able to start from an existing model and create a new one by cutting it, merging it with another model and resize it. Hence, we add 3D cutting and merging metaphors to our tool palette.

Such a tool should provide a friendly user interface for non-professional, as well as background processes producing statistics of usage for professionals and help them in decision making. To support collaboration, we propose the use of an interactive table upon which multiple participants could interact with natural gestures instead of being alone in front of a computer using a keyboard and a mouse.

To enhance spaces and relief understanding, we propose to implement an immersed visualization mode, in a 1-1 scale, thanks to a virtual reality headset. Thus, participants would be able to walk through their design proposition and fully experience the place. For instance, they could realize that a building isn't well positioned because it is hiding a nice sea-view. We can also introduce an audio feature to A collaborative aspect is present here as well through the possibility to annotate the proposition and leave audio comments, or emoticons representing a feeling.

Finally, to improve citizen's understanding and bring an educative characteristic to the tool, we want the use semantically enriched 3D models, in the manner of (Panagopoulos, Andrade, and Barreira 2009). They made research to embed meaningful data in 3D models such as economic, legal or social data. This methodology is useful for both experts and amateurs. Of course, such a feature should let users enrich information themselves. For example, information relative to the noise approximately generated by a 3D model can help user to place things wisely, whether it is a highway or a swimming pool. Another interesting extra information would be a categorization of models and newly created (cut and paste) models. By categorization we mean giving an explicit functionality to each model, like 'this is a basketball terrain' or 'this is a bench'. This feature will help professional in decision making thanks to data aggregation. For instance, if every object of the urban design proposal is well categorized, analytics can be made to evaluate, among every proposal, the percentage

of citizens interested in a football terrain and where they want it to be. Another example of semantically enriched 3D models is the definition of constraints inside the workspace: we want an admin user to be able to define places where no objects can be dropped by drawing, as it is illustrated in (figure 1). The user can only place objects inside the red grid-pattern. The goal is the creation quality urban propositions by limiting users' possibilities.

To summarize, we define two different workspaces, leading to an iterative process of work-visualize-rework:

- The **creation workspace**: Usage of an interactive table. It is composed of three data layers:
 - Map layer: Geometric data used to generate the workspace.
 - Semantic layer: On top of the previous layer a user can add constraints and useful information.
 - Creation layer: On top of the semantic layer, a user can manipulate and place 3D models and text comments.
- The **immersed visualization workspace**: usage of a virtual reality headset to walkthrough the proposition realized in the creation workspace. Possibility to add comments.

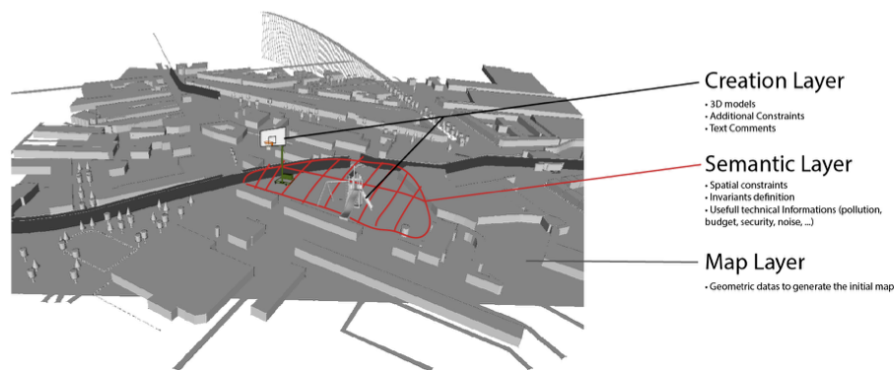


Figure 1: Data layers of the creation workspace

Scenario of usage

The tool is intended for urban design projects accepting participatory design concepts. During the sessions, multiple stakeholders can be involved, this is why we have to define clear roles and responsibilities regarding the usage of the tool. We identified four different roles: the contracting authorities, the project supervisors, the animators; called the professionals; and the citizens. Their responsibilities are detailed in (figure 2). Just like Euroméditerranée's methodology, the tool shall be used along multiple workshops carried out a long while before the start of construction work. The following is a proposition of hypothetical steps that illustrates the usage of the tool for an urban park:

- Step 1: An initial brief is made between professional.
- Step 2: Pre-configuration of the tool between professional. Here, the initial map would be imported as well as the identified constraints/information. The database shall be filtered at this step if necessary, to avoid unrealistic proposition.
- Step 3: Definition of additional constraints and rules thanks to local residents' knowledge and culture.
- Step 4: Functionality definition workshop, what functionality should appear and where? People are divided in multiple groups and make 3D propositions with the interactive table.

Each group can use the immersed visualization workspace the validate the proposition or refine it if necessary. At the end of the session, participants can use the tool to present, debate and choose the final proposition.

- Step 5: Zoom-in workshop on each functionality to work on their shape in collaboration with project supervisors. Example themes: “The shape of the trash bins”, “The shape of the fountains”.

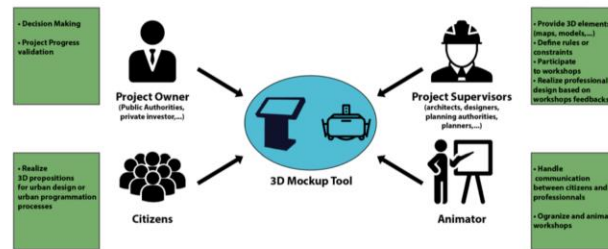


Figure 2: User roles

5. First results of implementation

Implementation effort has already been made regarding the tool. We are using the cross-platform game engine Unity to create an interface that will suit for both interactive table and VR Headset. We implemented a draft version of the interface (figure 3) which permit to navigate in the virtual world, zoom, rotate and tilt the camera. We also imported a 3D City model (.obj file) generated from OpenStreetMap data (.osm file) with the use the open-source third party software OSM2World (<http://osm2world.org>). We also implemented an interface to drag and drop 3D objects from a carousel menu accessible in the virtual world. First test with immersive view has already been made with a Google CardBoard, using Google’s VR SDK for Unity. It clearly appears that mobile phones are not powerful enough in terms of graphic rendering to provide a fluid and pleasant experience to users: the video is not fluid gazing around, which can lead to motion sickness.

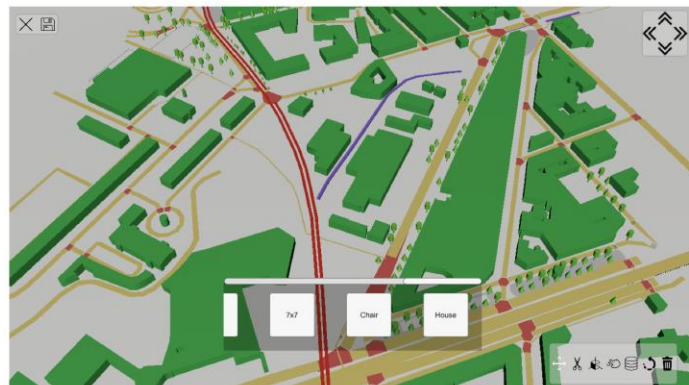


Figure 3: Draft user interface of the tool

Finally, we worked on a virtual mesh cutting algorithm, necessary to implement the 3D collage metaphor. We are relying on an open-source library called CGAL

(<http://www.cgal.org/>) written in C++, which is communicating with Unity as an external plugin. CGAL permit us to manipulate 3D models as triangulated meshes and apply mathematical operation on it, and then send it back to Unity when the computation work is finished. We decided to implement the cutting metaphor as follow: a user draws a line on the desired element to cut, then a triangulated surface is generated from this drawing that intersects the shape with its current position. Finally, the cut is computed by looking for the intersection points between the target model and the surface. Then two different models are sent back to Unity.

6. Future work and conclusion

This paper presented the definition of a 3D Modeling tool to engage citizens in urban design projects and foster collaboration between experts and amateurs. The tool has been defined on the basis of observations taken during Euroméditerranée's workshops, our case-study. More observation opportunities will come in the next 2 years until the construction work starts. It will permit us to realize tests and refinements of our tool. To do so we intend to organize workshops mixing citizens and professional to challenge the functionalities we specified, but also to work with test groups on subjects such as the interaction metaphors of the interactive table. Specific workshops will be realized focusing either on experts' benefits or citizens'. Moreover, we intend to realize questionnaires to grasp users' feelings about the experience we propose. Finally, huge effort will be made on implementation to provide all the functionalities described in this paper and offer a collaborative, intuitive, interactive and educative experience in urban design.

REFERENCES

1. 3D Immersive Collaboration. 2014. "Immersive Terf." <http://3dicc.com/>.
2. "Changing Places." 2017. Accessed July 1. <http://cp.media.mit.edu/cityio/>.
3. Heeswijk, Jeanne van. 2017. "Face Your World." Accessed July 11. <http://www.faceyourworld.net>.
4. Lange, Michiel De, and Martijn De Waal. 2013. "Owning the City: New Media and Citizen Engagement in Urban Design." *First Monday* 18 (11).
5. Panagopoulos, Thomas, Rita dos Reis Andrade, and Ana Paula Barreira. 2009. "Citizen Participation in City Planning and Public Decision Assisted with Ontologies and 3D Semantics." *CISTI 2009 - 4^a Conferência Ibérica de Sistemas E Tecnologias de Informação*. Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 167–72. <http://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/3982>.
6. Saad-Sulonen, Joanna Catherine, and Liisa Horelli. 2010. "The Value of Community Informatics to Participatory Urban Planning and Design: A Case-Study in Helsinki." *The Journal of Community Informatics* 6 (2). <http://ci-journal.net/index.php/ciej/article/view/579/603>.
7. Salter, Jonathan D, Cam Campbell, Murray Journeay, and Stephen R J Sheppard. 2009. "The Digital Workshop: Exploring the Use of Interactive and Immersive Visualisation Tools in Participatory Planning." *Journal of Environmental Management* 90 (6): 2090–2101. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.08.023>.
8. Sanders, E.B.-N. 2013. "Prototyping for the Design Spaces of the Future." Valentine, L.
9. Sanoff, Henry. 2000. *Community Participation Methods in Design and Planning*. John Wiley & Sons.
10. Skelton, Carl. 2013. "Soft City Culture and Technology." In . Springer.
11. Westerberg, Pontus, and Fanny Von Heland. 2015. "Using Minecraft for Youth Participation in Urban Design and Governance."

Article 2

Faliu, B., Siarheyeva, A., Lou, R., & Merienne, F. (2018). Design and Prototyping of an Interactive Virtual Environment to Foster Citizen Participation and Creativity in Urban Design. In B. Andersson, B. Johansson, S. Carlsson, C. Barry, M. Lang, H. Linger, & C. Schneider (Eds.), *Designing Digitalization (ISD2018 Proceedings)*. Lund, Sweden: Lund University. ISBN: 978-91-7753-876-9.

<http://aisel.aisnet.org/isd2014/proceedings2018/HCI/2>.

A paraître dans le journal [Lecture Notes in Information Systems and Organization](#) series par Springer.

Design and Prototyping of an Interactive Virtual Environment to Foster Citizen Participation and Creativity in Urban Design

Barnabé Faliu, Alena Sjarheyeva, Ruding Lou, Frédéric Merienne

Abstract. Public Participation encounters great challenges in the domain of urban design concerning decision making and citizens' appropriation of a future place. Many tools and methods have been proposed to ease the participation process. In this paper we are targeting artefacts used in face-to-face workshops, in which citizens are asked to make design proposals for a public space. We claim that current state of the art can be improved (i) by better articulating digital artefacts with participatory processes and (ii) by providing interfaces that enhance citizen's spatial awareness and comprehension as well as collective creativity in urban design projects. We present the design and prototyping of an interactive virtual environment that follow the design-science research guidelines.

A prior version of this paper has been published in the ISD2018 Proceedings (<http://aisel.aisnet.org/isd2014/proceedings2018>).

B. Faliu
ISEN Yncréa Méditerranée, LiSPEN, Arts et Métiers, UBFC, HeSam, Institut Image
Toulon, France
e-mail: barnabe.faliu@yncrea.fr

A. Sjarheyeva
ISEN Yncréa Méditerranée, Aix-Marseille Univ, CNRS, LEST
Toulon, France
e-mail: alena.sjarheyeva@yncrea.fr

R. Lou
LiSPEN, Arts et Métiers, UBFC, HeSam, Institut Image
Chalon-sur-Saone, France
e-mail: ruding.lou@ensam.eu

F. Merienne
LiSPEN, Arts et Métiers, UBFC, HeSam, Institut Image
Chalon-sur-Saone, France
e-mail: frederic.merienne@ensam.eu

© Springer International Publishing Switzerland 2019
B. Andersson et al. (eds.), Advances in Information Systems Development - Designing Digitalization
Lecture Notes in Information Systems and Organisation, XX
DOI XX.XXXX/XXXXXXXX

Keywords: ICT-enabled citizen participation · co-creation · urban design · interactive virtual environment · design-science

1 Introduction and Context

Public Participation (PP) has imposed in the last decades as one of the key factors of successful urban design and development projects. Lack of communication and collaboration between citizens and urban design experts can generate conflictual situations, leading to substantial delays and cost overheads, and eventually to project cancelation and political crisis as in Stuttgart 21, Notre-Dame-des-Landes or EuropaCity projects. To summarize:

“Design is not just for designers and their acolytes. Urban design, like all design, should involve a dialogue with the customer, whether the existing people within an area or those likely to move in.” [59], (p. 11)

The stakes of these projects are generally too critical to leave citizens voices apart. Urban designers and local authorities should not forget end users when designing public places in order to respect their quality of life and their ‘ownership’, in the sense of [35], whom define it as *“the right to act upon an issue..., a sense of belonging to a collective place”* (p. 94). Moreover, in most European countries, participatory processes are mandatory in urban projects aiming to modify the living environment of citizens, in line with the Aarhus Convention¹ and Council of Europe Recommendation 1430 (1999)². As a result, a vast number of methodologies and toolkits have been developed lately, applicable to different steps of urban design and planning projects. Among these methodologies, an increasing number are focused on ICT-mediated PP in urban issues, which are: *“technology being addressed in such areas as governance, urban planning, information systems and interaction design, geography, citizen activism and community development”* [44] (p. 1). The ambition of an ICT tool for urban design is to provide a digital interface between experts and citizens to let them collaborate and benefit from each other’s knowledge.

Urban design is a process that aims to define the shape of a city, district or public place and connect it to the surrounding environment (people or nature). It defines the spatial configuration and functionalities of a future urban area, but also considers civil society needs and financial aspects to define an attractive and sustainable area. The term urban design is different from urban planning, which is a long-term process focused on urban development, for instance land use plans, environment protection,

¹ 1998 UNECE Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters, adopted by the fourth “Europe for Environment” conference in Aarhus, Denmark, on 25 June 1998.

² Council of Europe Recommendation 1430 (1999) of the Parliamentary Assembly on access to information, public participation in environmental decision-making and access to justice

infrastructures for transportation or job creation strategies. In other terms, urban planners diagnose macro-problems and urban designers manage to solve those problems.

Public authorities can decide to apply a certain degree of citizen involvement in the decision-making process. [55] divided the urban design process in four different steps: initiation, planning and design, implementation and maintenance. For each of these steps, citizens can be highly involved in the process and work in autonomy, or just be informed of the decisions without being consulted. The four different degrees of involvement are, from lowest to highest: information, consultation, collaboration and autonomy. This paper will be focused on design and prototyping of a digital artefact to enhance collaborative and creative design of non-trained participants. By non-trained we mean people not having particular skills in 3D design and/or urban design. More particularly, we consider face-to-face creative participatory sessions in which professionals and citizens work together to define the future of a public space such as a public park. We'll also pay attention to the definition of a process facilitating collaboration and co-creation of urban design proposals, and its articulation with the digital artefact.

The paper will be organized as follows. Section 2 will review existing literature and identify eventual gaps. Section 3 will present the research approach. Section 4 will present the main results: a process for collaborative and creative PP in urban design (4.1), specifications of a digital artefact rooted in field observations (4.2), and software architecture as well as user interfaces of a first prototype (4.3). Section 5 will discuss the results, highlight the contributions and acknowledges the limits of the current research, evaluate the research process with regards to design-science guidelines, and lay out directions for further investigations. Section 6 will conclude.

2 Literature Review

In the late 60's, S. Arnstein tackled the problem of citizen implication with her well-known ladder of citizen participation [9]. She edified the fact that most citizen participation processes are limited to information and consultation, where participants have less implication and impact upon the concerned project and are really close to manipulation. In contrast, collaboration and autonomy provides a true level of citizen power. In the same time, the spirit of participatory planning, which is participatory design [52] applied to urban planning, emerged from the Scandinavian influence. The philosophy is to ensure a bottom-up approach to participation process by providing adequate methodologies and tools. Since then much work has been done on the subject, and participation methods can be various from focus groups to idea competitions and interactive displays in public spaces [55]. Our research is focused on a collaborative way of participation giving consequent decision power to citizen, in the form of iterative design workshops.

During the last decade, a large variety of methods and tools has been proposed to facilitate PP in urban design and planning [55]. Most of those tools traditionally rely

on materials such as printed images, printed 2D maps, prepared 3D models, foam, pencils and paper. More recently, effort has been made to benefit from the advances in computer-aided tools to enhance citizen's interaction and engagement in the decision-making process [5]. We selected publications published between 2004 and 2018 that address the topic of a 3D artefact supporting PP in city making process.

Many research projects have demonstrated the value added of digital 3D environments for citizen participation [2–5, 23, 37, 56]. This new form of interaction helps participant to better understand the future of a place and support dialogue.

Based on the reviews presented by [13],[31] and [23], we can conclude that most of existing tools are focused on 3D visualization and feedback, which fall into information and consultation degree of participation according to [9]. That is, participants can only see professional proposals, give a feedback, or vote for a design proposal.

Few papers are eager to provide a higher degree of participation, namely collaboration and co-creation. In other words, efforts to define a digital artefact helping non-professional participants to express their ideas through the creation of urban design proposals can be increased. Such artefact shall also enhance collaboration between citizens and experts. A citizen-made design proposal shall be used to inspire urban design experts, so they can create comprehensive designs that take into account citizens opinions. As a result, such professional designs are more likely to be accepted.

The second observation of the reviews is that there is a divide between two main areas of research. Research led from Urban Studies standpoint generally defines PP processes and discusses eventual impacts of ICT-mediated participation, without implementing a digital artefact or considering eventual technological gaps [29–31, 44, 53, 54]. On another hand, research led in Information Systems or in Computer Science fields presents a digital artefact without taking into account its articulation around a participatory process, or without rigorous knowledge of the studied environment [12, 14, 49, 58, 60, 17, 20–22, 32, 38, 47, 48]. Furthermore, the above-mentioned contributions mainly propose solutions falling into the space of urban planning, not urban design.

A tentative to address either urban design processes and the artefact design is [39], which describes *“a new strategy of urban design with the purpose to overcome the technological perspective of current urban planning methods towards a participatory planning approach”* (p. 187). However, the paper neither presents specifications and evaluation of the tool, nor its articulation with a participatory urban design process. The main function of the tool is to let users explore an urban design scenario, by changing position of 3D objects, or rotate them. Additionally, objects cannot be edited in terms of geometry, which limits creativity of participants. Moreover, this web tool is well adapted for massive participation but does not cover face-to-face workshop settings. The latter is usually facilitated in a manner to allow direct interaction, collaboration and co-creation between citizens and professionals and thus lead to more qualitative and comprehensive results. The analysis made by

[23] confirms our diagnosis: “*The projects verify available technical possibilities and do not match real actions connected with social participation in planning [...] Most of examples show how computer tools may be used for visualizing the new development and not for constructive process of continuous public participation*” (p. 303).

Research Problem

To address the identified gaps -lack of collaboration and co-creation tools, articulated around a well-defined participation process- we are eager to design and prototype a digital artefact to foster collaboration and collective creativity in participatory urban design projects. More particularly, we aim to bring Sander’s concept of make tools for co-design [45] in the design process of our artefact. The artefact will be tailored to the settings of face-to-face workshops gathering professionals and non-professionals. Furthermore, it will be designed considering the essential rules and steps of a benchmarked participatory urban design process. Finally, we aim at using cutting-edge immersive and interactive interfaces for the prototype instantiation.

Our overall research question is the following:

How to integrate generative design concepts into an Interactive and Immersive Virtual Environment (IIVE) in order to enhance the creativity of participants to a collaborative workshop for public participation in urban design?

More specifically, we divide the question into 2 sub-questions as following:

RQ1: What are the specifications of an IIVE to foster citizen participation in urban design?

RQ2: What approach can be used for design and development of generative IIVE?

3 Research Approach

In order to bridge the approach from Urban Studies with that of Computer Science and Information Systems, while addressing the complexity of the Environment, design-science [26] seems to be an appropriate methodology. The research design and process along with presented results are expected to contribute to knowledge by theory testing and to practice with effective techniques to produce usable human computer systems in the context of PP in urban design.

3.1 Methodological Framework

In line with the guidelines of design-science research [26] to design, develop and evaluate the immersive collaborative digital artefact, we consider both the Environment of the research problem and its Knowledge Base. The study of the Environment, namely citizen participation in urban design, brings information about problems and needs of end-users and will help us to derive relevant functionalities afforded by virtual environment. To ensure research rigor, we build on the current state-of-the-art empirical contributions, available methodologies and place our research in a well-defined epistemological tradition. Figure 1 synthesizes the way our research is conducted. Environment analysis and Knowledge Base study feed the design, development and evaluation phase. Iterative development loops enable us to refine the digital artefact to bring it to the Environment. During the iterative design, development and assessment we are able to theorize the IT artifact [41] to further feed the Knowledge Base.

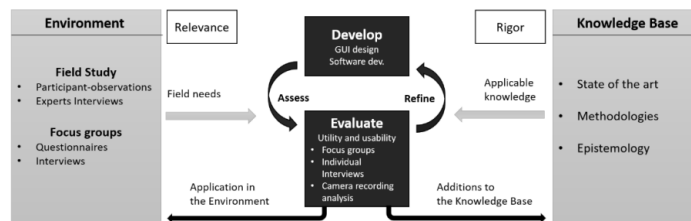


Fig. 1. Research approach overview inspired by design-science research [26]

Peffers et al. [42] described a process for carrying out design science research (DSR) in information systems consisting of six steps : problem identification and motivation, objective of a solution, design and development, demonstration, evaluation and communication. This process fits well with the Human-Computer Interaction (HCI) discipline focusing on design, evaluation and implementation of interactive systems, as explained S. Adikari [1].

3.2 Epistemological Position

Since the design of the digital artefact draws on study of humans within their social setting and on their experiences and interpretations, interpretivist epistemological stance and qualitative research seem to be well-suited for our research problem [7, 40]. According to the interpretivist tradition, any individual, researcher or an ordinary citizen, interprets the observed reality. Interpretations are conditioned by her/his life experience. For researcher, to know means to try to understand the ordinary sense that subjects assign to reality, considered as

unknowable in its essence. To succeed in its mission of understanding the meaning given by subjects of the research, researcher should be capable of empathy. Understanding is situated at two levels: at the day-to-day life of the field investigator and at the level of researcher who tries to derive meaning assigned by the subjects. Research is thus dependent on double subjectivity: that of the subjects of the research and that of the researcher. In contrast to positivism stipulating exteriority and neutrality vis-à-vis of the subject of the research, interpretivist researcher is engaged in her/his relation to the subjects of the research who transform themselves and retroact on the researcher. Therefore, researcher has to take into account her/his position: she/he is part of the reality under investigation and cannot be outside of the interpretation process [34].

3.3 Environment

Our research project is informed with participant observation of a participatory design process of an urban park, as a part of a large urban renewal project in Marseille from April 2016 to March 2018. We adopted an ethnographic approach to discover the facilitation process and study in situ interactions between citizens and professionals during participatory workshops. We engaged in over participatory observation to become familiar with participants and the place and understand individual and collective issues at stake [18, 19]. In addition, we had an opportunity to run ethnographic observations of a participatory design of a sport and cultural community area near Marseille in March 2018. We combined the direct observations with in-depth semi-structured interviews of professional urban designers and planners to collect rich data. The ethnographic study of the participatory workshops offered an enriching empirical perspective that helps to understand the process of collective sense-making, creative expression and negotiation of the future of the place. It uncovers the role of facilitation methods that support these collective processes.

Last, to deepen our understanding of how participants engage with make tools [46] to express their ideas about the future of a place, we organized two simulations of participatory design workshops. The participation methodology employed was closed to the one we observed in Marseille and is described latter in this paper. We complemented our direct observations with semi-structured interviews with the participants of the simulations and analysis of video recordings.

3.4 Research Design

Our research design rests upon a variety of data sources including: (1) participant-observation of participatory urban design workshops; (2) interviews with professionals; (3) simulation of participatory workshops; (4) interviews of the participants of the simulations; (5) reports from the participatory workshops of the design of the public park in Marseille.

We started the investigations by attending the participatory workshops in Marseille. We were active at the workshops and interacted conversationally with various workshop participants: residents, activists, representatives of local associations, etc. We took photographs and notes during the participatory sessions. In a first phase, we interviewed the facilitator of the workshop, a person in charge of relations with citizens, and a professional urban designer managing the design of the park. We attended an alternative event focused on the future design of Marseille organized by city activists and interviewed the leader of the initiative. We triangulated this data with information about the urban renewal project of Marseille collected on Internet (press, blogs, social media).

In order to place the participatory design of the park in a broader professional practice context, we run semi-structured interviewed with two professional urban designers and a creative facilitation professional.

To obtain more information about collective creation practices and processes during participatory urban design workshops we conceived and run two simulations of co-creation workshops. The objective of the simulation was the same as that of the real workshops, envision together the future of a public space. The facilitation process borrowed the steps of the design of the park in Marseille, and an additional step was added asking participants to craft their own design proposal with make tools (see Figure 2). Each simulation workshop gathered 5-7 participants. They had diverse profiles: knowledge of urban design ranging from non-professional to professional level, knowledge of digital technologies ranging from beginners to skillful users, age ranging from 20 to 60 years old, half of them were female. We did not apply any kind of selection process. Building on the analysis of the simulation workshops, we defined a list of questions for semi-structured interviews of the participants and interviewed them.

The simulations were video recorded. The interviews were recorded and transcribed. Quotes have been translated from French to English for this paper.

This research design, combining observation of real participatory urban design workshops, simulations and interviews enabled us to gather rich data. A thematic content analysis of the collected qualitative data was conducted with NVivo software (version 10). Following the inductive qualitative method [6], we generated representative units and categories of analysis of the phenomenon from the environment data. We can thus shed light on the collective negotiation and co-creation processes during participatory workshops. We can describe how boundary objects support these collective processes [46]; and derive requirements for design and development of the immersive interactive digital artefact.

We are convinced that this methodological approach, mixing the analysis of real case studies and simulated scenario workshops, with feedbacks from professionals of urban design, supplemented with our observations, is particularly suited to the research problem.

3.5 Design Process

Based on our research design, we derived the design of a digital artefact in a user-centered and iterative way. This methodology is commonly used in HCI and Interaction Design research projects. Iterative design is a process-based design research methodology in which designers create and test concepts in various basic forms prior to completing a full prototype (Fig. 2). User-centered design is an iterative process that begins with stakeholder interviews and observational studies of activities prior to the typical design activity of brainstorming and generating ideas [43]. Interviews allow participants to talk about their experiences and provide more detailed, qualitative data, along with quantitative usability questionnaires. First, through observational studies, interviews and focus groups, we created knowledge in the form of personas, sketches and story-telling videos. Then, we made technological choices which we thought were most adequate to the situation, in line with our interpretivist epistemological stance. Each material was used to define the requirements of an ICT tool and support an iterative software development process, linked with an evaluation process.

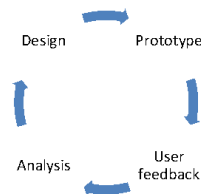


Fig. 2. User-centered design cycle

Software Development Process

The development-evaluation loop rests on the agile methodology spirit [11]. We currently implemented a first version of the prototype and plan to evaluate its utility and usability following the guidelines of [10]. Each future version of the prototype will consider user feedback (citizens, urban design professionals, immersive and interactive technologies professionals, etc.) gathered during the evaluation phase. In terms of organization, we followed Kanban methodology to follow up 3 different sub projects in a flexible manner [33], by translating requirement to user stories, tasks and sub tasks. Kanban allows the goal of a work in progress change during the development process, which is particularly convenient with our design process [36].

The benefits we see in the design-science approach are flexibility regarding the specification of the artefact, through repeated user tests, which result in the end in a user-defined software meeting the needs of the Environment; and a meaningful contribution to the Knowledge Base for future work in the form of a research design

and process, combined with requirements of a digital artefact suited for our Environment.

Evaluation Process

To be in line with design-science research methodology and bring knowledge to IS field, we plan to run an evaluation of the designed artefact. We will focus the process on two points: usability and utility.

Usability evaluation will be a unipersonal evaluation made by different profile of users in terms of age, gender and ease with technology. We will gather quantitative data from following questionnaires : Immersive Tendencies Questionnaires & Presence Questionnaire [57], NASA TLX[24], QUESI [27] and an additional satisfaction questionnaire. Data will be completed with qualitative data through video analysis and coding as described by [8]. After each evaluation, feedbacks (bugs, additional feature, feature update, etc.) will be gathered and directly considered in the software development process.

To evaluate utility, we will organize four simulated workshops based on a real urban design project without any selection process. Participants will have to act as citizens and make a design proposal answering to few requirements using the given artefact. Two workshops will be done with generative design concept integration, and two without. At the end of the process we will gather answers to the Creativity Support Index (CSI) [15, 16] in order to evaluate support to creativity for a particular task. We will collect qualitative data from video recording and ask open questions to participants at the end of the workshop. Finally, we will organize a vote about the four design proposals in terms of novelty (originality, uniqueness), resolution (logic, useful, valuable, understandable), elaboration and synthesis (the product is organic, well-crafted, and elegant) and see which configuration (with or without generative design concepts) supported best creativity of participants. This evaluation will be made by students from our university.

Evaluation of the artefact is an integral part of our research project but is not covered in the current paper due to space limitations.

4 Results

4.1 A Process for Collaborative and Creative PP in Urban Design

A Participatory Process to Support Collective Negotiation

Participant-observation of the early design phase of the urban park in Marseille enabled us to identify a generic sequence of participatory workshops to ensure

citizen's expression, negotiation, consensus finding, and a convincing translation between expert's and citizen's language.

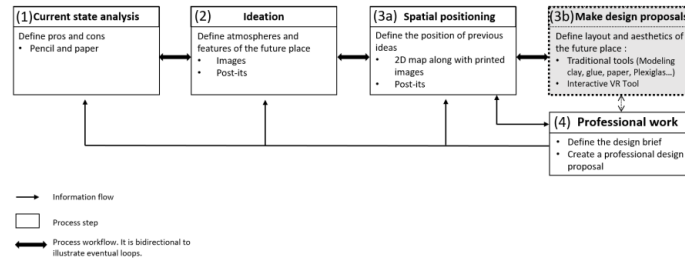


Fig. 3 illustrates the different stages starting from (1) the analysis of the current state of the place, followed by (2) an ideation session without spatial constraints, and finally (3a) refining of the previous step by spatially positioning the ideas. The results are used to feed professional work (4). Each step can be composed of several workshops and the global sequence can be repeated iteratively, as many times as needed.

For example, in the project under observation in Marseille there were two iterations, each composed of five workshops. The first iteration was to establish global specifications about the atmospheres and features of the park, along with the definition of separate zones. It resulted in the definition of requirements, and a competition to select an urban designer team proposing the most suited solution. The second iteration, involving the winning team of urban designers, was to define precisely the content of each zones and assess a final professional design proposal. The tools proposed to citizens during the different workshops were limited to 2D printed maps, printed images representing global features and atmospheres of public parks, pencils, post-its, scissors and printed questionnaire templates to give feedback.

The analysis of the collective negotiation process has been constructed through several workshops observations and enables to derive an initial set of requirements for the definition of a digital artefact:

- a) Reading of scales and distances must be easy
- b) Possibility to define zone with associated surfacing, atmosphere, uses and street furniture
- c) Transparency about technical, political and financial constraints
- d) Precise definition of zones opened to collective negotiation, and zones not opened to public discussion due to technical, financial or other constraints
- e) Necessity of a very rich library of visual representation of atmospheres, uses and street furniture, to unlock participants' imagination.
- f) Expert's proposals should not be communicated too early not to lock participant's ideation

- g) Expression of local knowledge (culture, uses of the place, heritage, history, ...) needs to be facilitated

The participant-observation lead to the conclusion that creativity of participants can be further enhanced. The use of printed images certainly fed the expression of participants by means of various combinations of atmospheres and furniture. Nevertheless, current literature on co-creation highlights the need to improve the process by integrating the use of make tools [45].

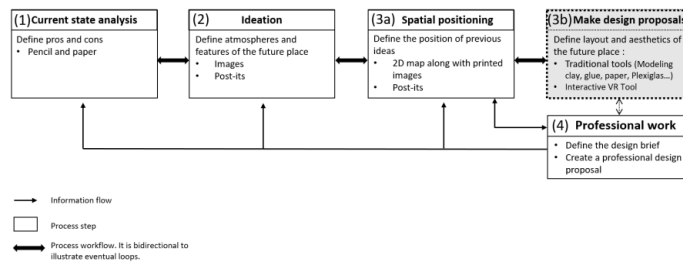


Fig. 3. Participation process inspired by the field observation. Dotted gray square highlights novelty from the observed process.

Towards Creative Workspaces

Make tools support citizens' creativity by enabling them to express their latent and tacit level of experience, in addition to explicit and observable knowledge that can be expressed with words [45]. To access the explicit layer, well-known narration and visualization techniques are sufficient (the ones used in the observed urban design project). To access the tacit and latent level of knowledge, people should manipulate objects. This implies the integration of a new step (3b in

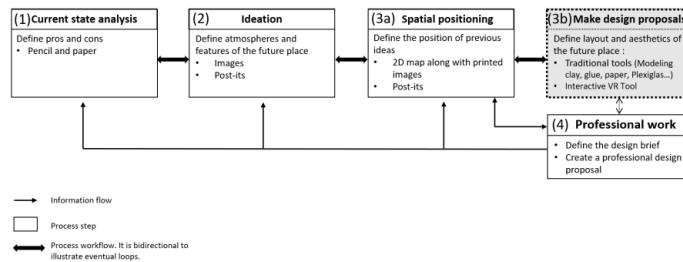


Fig. 3) in the observed process with the help of make tools, focused on the creation of urban design proposals by citizen. Most used tools to achieve this step are 'pencil and paper' tools, meaning participants manipulate paper, scissors, glue, cardboards and pencils to represent elements such as a house, a fountain, basketball field, etc.

In order to identify additional requirements of the digital artefact and better understand how people express with make tools, we organized two simulated scenario workshops relying on traditional tools. The process embraced steps from (1) to (3b) in

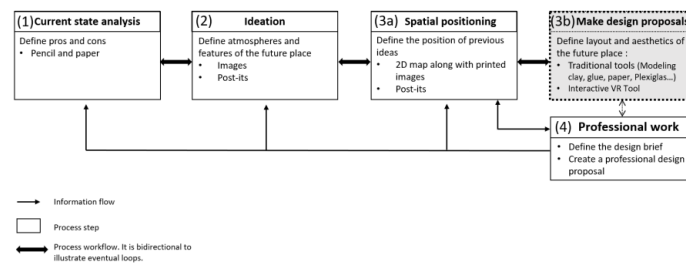


Fig. 3 and the result of their work is visible in **Fig. 4**.

By analyzing the camera/audio recording as well as the individual post-workshops interviews, we derived the following additional requirements:

- h) Participants need a way to add contextual information in order to locate themselves and get a better understanding of the place
- i) Participants need to have access to different types of materials/ground surfaces
- j) Participants need to see reliefs on the map
- k) Proposed prefabricated objects must be on scale
- l) Participant need common objects to better understand spaces (a bus, a bench, a football field...)

We intend to support the presented process with the help of an interactive and immersive environment that will embrace requirements a) to l).



Fig. 4. A design proposal realized with traditional tools during one of the workshops we organized.

4.2 Specifications of a Virtual Environment for PP in Urban Design

In this section we define the specification of a digital artefact meeting the process and requirements presented above (Section 4.1). Based on field observations, we assume most users will have low skills in software manipulation and a good awareness of urban design constraints. Hence, using this artefact, a user (expert or amateur) shall be able to easily create a design proposal and associate information to it. Moreover, professionals need an interface to extract useful information from citizen's ideas and implement professional design proposals. Therefore, we propose a conceptual framework composed of three parts, as shown in Fig. 5: a creation workspace, a visualization and feedback workspace and a professional workspace.

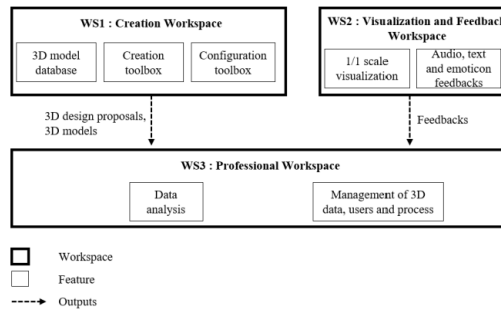


Fig. 5. Conceptual Framework of the Virtual Environment for PP in urban design

WS1: Creation Workspace

This workspace is the transposition in a virtual environment of a traditional creative workshop using prepared 3D models (basic shapes and city furniture), pencil and paper. Therefore, we propose to give users the opportunity to manipulate 3D models as freely as they would using scissors through a “cut and paste” metaphor.

We define the creation workspace as an interactive virtual environment where users can work in collaboration. This means that multiple users can interact with the interface concurrently, as they would do around a 2D map in currently observed configurations. The workspace is representing the future construction zone of the project with surrounding streets and infrastructures represented in 3D, with a predefined scale. To manipulate the environment, users are given multiple tools:

A categorized 3D model database. The categories may be straightforward as “houses” or “bridges” but also grouped by more abstract keywords as “Asian style garden” or “games for children”.

A creation toolbox, which is the virtual representation of the manual actions used in standard creative workshops (hands manipulation to rotate, move, cut & assemble) and additional actions as 3D model scaling, cancel previous action, save current work.

A configuration toolbox allowing to add constraints and information to the workspace. For instance, define unmodifiable zones, associate metadata to objects or associate behaviors to preselected zones.

In other terms, this workspace can be seen as multiple layers with associated interactions. The first layer is a map with streets and infrastructure. The second layer gathers additional 3D models and constraints assigned to the first layer. The layer contains sematic information associated to the previous layers.

WS2: Visualization and Feedback Workspace

This is the place for immersive visualization and support of decision-making. The aim is to let the user explore its design proposal in a 1/1 scale, to fully understand the impact of his/her work and feel the atmosphere of the place. This workspace shall be used iteratively with the creation workspace to refine the design proposal. In this workspace, no modification of the current work is possible, the user can only explore the place and associate feedbacks or comments to specific zones.

WS3: Professional Workspace

This workspace allows professionals to visualize and analyze citizen's proposals and access feedbacks gathered during workshops. From this interface, they also have access to management features regarding 3D data, users and process. The aim is to help them in decision-making and inspire their future work.

Articulation with Participation Process

Finally, we synthetize our design process by introducing an articulation of the extended participation process with the conceptual framework (Fig. 6). For each steps of the participation process, a workspace is related. Steps (1) and (2) are supported by the visualization workspace to provide citizens material for inspiration and to initiate debates. Steps (3a) and (3b) is where true collaboration will occur, when citizens become designers of their district. To do so, they will need both the visualization workspace and the creation workspace. WS2 will enable them to visualize previous design proposals in a 1/1 scale and to give feedbacks on current or previous work. Through WS1, they will be able to make their own proposals in a god like view.

Each step receives information from step (4); which is supported by WS3, the professional workspace. The information flow is bidirectional as well, since information can come as input/output from professionals to citizens and from citizens to professional.

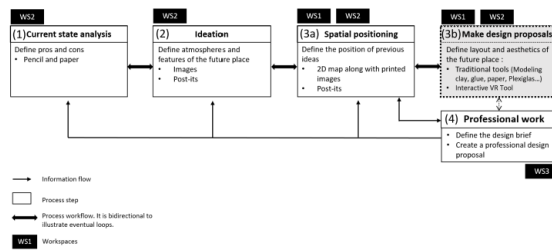


Fig. 6. Articulation of participation process with the conceptual framework

The following section will propose an implantation with a prototype for WS1 and WS2.

4.3 Software Architecture and User Interface

To follow on the design-science methodology, we propose the implementation of the artefact through a prototype. The aim of the prototype is to demonstrate the artefact's suitability with current context [51]. Fig. 7 presents the software architecture of the interactive and immersive artefact, which rests on Unity3D software along with a touch table and a head-mounted device. Unity is a widespread game engine which can easily support 3D visualization and interaction definition by scripting, and is well suited for an urban design tool [28]. The usage of table for the creation workspace seems well-suited to engage discussion and exchange ideas. It supports a circular configuration of multiple subgroups [38], collaboration and parallel problem solving [50]. Well-defined tactile interactions offer a more fluid and intuitive experience than the combination of a mouse and a keyboard [50]. Therefore, we chose to build a touchscreen-based solution for the creation workspace ((1) in Fig. 8). Moreover, we believe this technological choice is the best suited to support collective creativity in urban design compared to the solution of augmented reality and tangible interfaces [14, 48, 60, 61] that support collective negotiation.

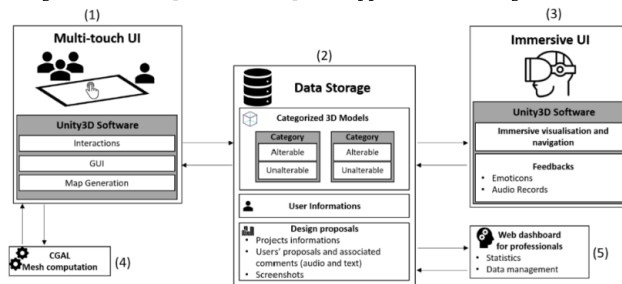


Fig. 7. Overview of software architecture

To generate the initial map along with streets and infrastructures, we use a Unity plugin called MapBox, which gathers data from the Open Source platform OpenStreetMap to generate a 3D environment with the provided geocoordinates. Image (1) of Fig. 8 illustrates the user interface developed with Unity3D editor. The camera point of view is a bird-eye view. From this interface, a user has access to the following interactions:

- Move camera (one finger drag)
- Zoom camera (two fingers)
- Select/unselect object (double tap)

- Move a selected object (one finger drag)
- Scale a selected object (two fingers pinch)
- Rotate a selected object (tree fingers drag)
- Edit a selected object: edition consists in slicing a 3D element in two different parts. It is the implementation of the “cut and paste” metaphor. To do so, the user need to draw a line over the model to extract the desired part (Figure X).

To implement the slicing operation, we developed a C++ plugin using CGAL Open Source library ((4) in Fig. 7), which receives as input two *.off* files: the model and the line drawn by the user and two transformation matrixes extracted from Unity. The plugin then returns the two slices of the object.

Additional interactions are available through touch buttons: delete, duplicate, change color, change metadata (title and description) of a selected object. The user also has access to a 3D model database, allowing to add additional elements to the environment. Finally, each user can save its work in order to continue later if needed.

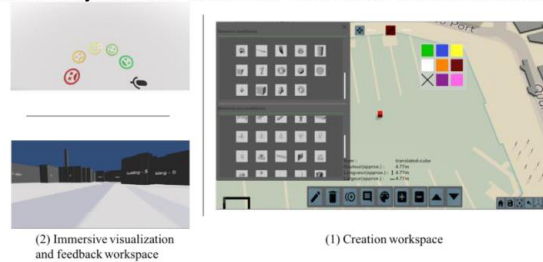


Fig. 8. Snapshots of the different workspaces

To instantiate the immersive visualization workspace ((3) in Fig. 7), we propose to use a Head Mounted Display, such as a low-cost cardboard or a high-end device as an HTC Vive. Our prototype uses a Cardboard, hence we are currently limited with interactions. Through this environment ((2) of Fig. 8), a user can explore his/her or someone else’s proposal, either with an 1/1 scale view or with a bird-eye view. The available interactions are only feedback actions:

- Associate an emoticon to a selected object
- Associate an audio record to a selected object

The professional workspace ((5) in Fig. 7) is accessible via a web interface, as presented in the third image of Fig. 8. From this interface a professional can study all feedbacks, in the form of emoticons or audio recordings.

Finally, all the data (3D models, User information and saved Design proposal) are stored in a central database system ((2) in Fig. 7).

5 Discussion and Future Work

To situate our contribution with respect to identified literature (presented in section 2), we compare our work against 8 criteria defined on the basis of the requirements a) to l) (Section 4). Each criterion contains a needed characteristic for the definition of a collaborative ICT tool for PP in urban design. Table 1 provides an overview of each criterion with associated characteristic and requirement.

Table 1. Comparison criteria derived from the analysis of the Environment

Criterion number	Definition	Supported characteristic(s)	Associated requirement(s)
1	Reconstitutes the surrounding area of the future place: streets, buildings, contextual information (street names, building names, ...)	Spatial awareness and comprehension	a), c), d), j)
2	Offers the opportunity to explore the future place with bird's eye view (zoom in/out, move camera)	Spatial awareness and comprehension	a), c), d), j)
3	Offers the opportunity for immersive visualization (scale 1:1 with a Head Mounted Display)	Spatial awareness and comprehension	a), c), d), j)
4	Offers the opportunity to annotate/categorize 3D elements (metadata)	Idea expression and feedback	g), h)
5	Offers the opportunity to manipulate 3D elements (move, scale, rotate, delete, change color/material)	Idea expression and feedback, Creativity	b), e), i), l)
6	Offers the opportunity to add new 3D elements in the virtual site (both abstract and complex shapes)	Creativity	e), k), l)
7	Offers the opportunity to edit 3D elements: cut and assemble	Creativity	e), l)
8	Offers an interactive and collaborative interface via touch screen	Collaboration, Co-creation	a)

Table 2 shows our differentiation compared to the state of the art. The comparison clearly highlights that little attention is paid to co-creation by providing necessary tools, metaphors and interactions (criteria 5 to 7). The proposed artefact fills this gap. Furthermore, compared to the majority of the

contributions in Computer Science and Information Systems, we are placing the artifact in articulation with a well-defined participatory process.

Table 2. Evaluation of existing artefacts for PP in urban design. Y: criterion is respected, N: criterion is not respected, P: criterion is partially respected.

Reference	Criterion number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
[47]	N	N	P	P	N	N	N	N
[39]	P	Y	N	N	P	P	N	N
[32]	Y	Y	P	Y	Y	Y	N	N
[58]	Y	Y	P	Y	N	N	N	N
[22]	N	N	N	Y	N	N	N	N
[21]	P	Y	Y	N	Y	P	N	N
[38]	Y	Y	N	N	N	N	N	Y
[20]	N	Y	Y	N	Y	Y	P	N
[17]	N	N	P	Y	Y	P	N	N
Our artefact	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P

Regarding social sustainability research field, our work contributes to strengthen citizen's impact in the collective negotiation process by providing them an appropriate tool during the different steps of the participation process.

5.1 Evaluation of Research

This section applies the Design Science evaluation guidelines from Hevner et al. [26] to the research project. The goal is to show how the research (including the process and the product) satisfies each of the criteria. This exercise also clarifies our contribution to knowledge in Information Systems.

Problem Relevance

The objective of design-science research is to develop technology-based solutions to important and relevant business problems. [26], p. 7-8

Problem relevance is exposed in section 1 and 2. Professional interviews and observational studies enabled us to identify the need for new ways of interaction for citizen during public participations in urban design. The analysis of previous research also show that work needs to be done to support generative design concepts in ICT tools for PP.

Research Rigor

Design science research requires the application of rigorous methods in both the construction and evaluation of the design artifact. Often empirical methods are needed to evaluate the artifact as part of a complete human-machine system. [26], p. 8-9

Our artifact is based on past research in the field of ICT-mediated citizen participation. This research area has a long history of formal, rigorous results that have been applied to the design of many artifacts.

We acknowledge the limitations of the interpretivist epistemological stance: interpretations of the observed environment are bound with our subjective experience. We attempted to control our own subjectivity by combining the field observations with recommendations collected from theoretical and methodological literature.

Design as a Search Process

The search for an optimal design is often intractable for realistic information systems problems. Heuristic search strategies produce feasible, good designs that can be implemented in the business environment. Decomposition of complex problems is an effective heuristic in the search for effective designs. [26], p. 10-11

A clear step by step process is used to design the presented artefact. First, we realized a survey in the literature to identify essential requirements for the artefact. We then enhance the requirements with an ethnological process composed of observational studies of a real project, interviews and focus groups. An evaluation process is defined in terms of usability and utility of the artefact. A conceptual framework is presented and articulated with an extended participation process and finally, a first instantiation of the artefact through a prototype (architecture and user interface).

Design as an Artifact

Design-science research must produce a viable artefact in the form of a construct, a model, a method, or an instantiation. [26], p. 11-13

As outlined in Section 4, the artefact is a *framework* comprising of a conceptual model, a method (the participation process) and an instantiation. The viability of the

artefact is claimed in the fact that it can be expressed and applied to a problem domain. Further, its feasibility is argued from the prototype itself.

Design Evaluation

The utility, quality, and efficacy of a design artefact must be rigorously demonstrated via well-executed evaluation methods. [26], p. 13-16

An evaluation process is described but has not been conducted yet. This is a strong drawback of the paper that will be fixed in future work.

Research Contributions

Effective design science research must provide clear contributions in the areas of the design artifact, design construction knowledge, and/or design evaluation knowledge. [26], p. 16-17

We presented the design process and results of an IIVE to support citizen participation in urban design as well as its instantiation through a first prototype. Such contribution is considered as an improvement to knowledge in Information Systems through design-science research, as we proposed a new solution to a known problem : *The goal of DSR in the improvement quadrant is to create better solutions in the form of more efficient and effective products, processes, services, technologies, or ideas ... Situated instantiations (Level 1) are often constructed to evaluate the level of improvements in comparison with instantiations of the existing solution artifacts. [25], p. 346.*

5.2 Future Work

Our future work will be focused on a qualitative and quantitative evaluation of the artefact through simulated scenario workshops to evaluate its utility regarding creativity support. To ensure that the artefact is easy to handle for non-trained participants, another evaluation will be focused on the artefact's usability by running unipersonal tests along with questionnaires and video recordings. We will follow the "Prototyping Pattern" of DSR defined by [51], which consists in 4 steps : specification of the artefact design, implementation of the artefact, realization of a test case with "real users" accomplishing a "real task" within our organizational context, and assessment of whether the task could be solved as intended by using the prototype.

We'll also follow the guidelines for collaborative interfaces from literature since our artefact instantiation doesn't fully respect yet the multi user interactions (criterion 8). Finally, we'll deepen our work on data extraction and visualization for professionals.

6 Conclusions

In this paper we presented the design and software architecture of an interactive virtual environment to support citizen participation and creativity in urban design. We payed particular attention to define an artefact intended for face-to-face workshops, helping citizens to creatively express their explicit and latent expectations of future public spaces. The advantage of our contribution is to bridge knowledge from urban design field about participatory processes in the form of an extended participation process, with knowledge from Computer Science and Information Systems fields about digital artefact design in the form of a design process and requirements. Gathering these two fields enabled us to propose a digital solution to different steps of a PP process. We also considered guidelines from generative design research in our functionalities to ensure creativity of participants. Finally, we proposed an implementation of the artefact by presenting our work in terms of user interface and software architecture.

We built our solution considering current advances in immersive and interactive technologies such as touch screens and head mounted displays.

Acknowledgements

This work is part of the U_CODE project. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 688873.

7 References

1. Adikari, S., McDonald, C., Collings, P.: A design science approach to an HCI research project. In: Proceedings of the 20th conference of the computer-human interaction special interest group (CHISIG) of Australia on Computer-human interaction: design: activities, artefacts and environments - OZCHI '06. p. 429. ACM Press, New York, New York, USA (2007)
2. Al-Kodmany, K.: Combining Digital and Traditional Visualisation Techniques in Community-Based Planning and Design. *Digit. Creat.* 10 (2), 91-103 (1999)
3. Al-Kodmany, K.: Public participation: Technology and democracy, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1162/104648800564635>, (2000)

4. Al-Kodmany, K.: Using visualization techniques for enhancing public participation in planning and design: Process, implementation, and evaluation. *Landsc. Urban Plan.* 45 (1), 37-45 (1999)
5. Al-Kodmany, K.: Visualization tools and methods in community planning: From freehand sketches to virtual reality. *J. Plan. Lit.* 17 (2), 189-211 (2002)
6. Allard-Poesi, F., others: Coder les données. *Conduire un Proj. Rech. une Perspect. Qual.* 245-290 (2003)
7. Allard-Poesi, F., Perret, V.: *Conduire un projet de recherche. Une approche qualitative.* HAL (2004)
8. Alrashed, T., Almalki, A., Aldawood, S., Alhindi, T., Winder, I., Noyman, A., Alfaris, A., Alwabil, A.: An Observational Study of Usability in Collaborative Tangible Interfaces for Complex Planning Systems. *Procedia Manuf.* 3 1974-1980 (2015)
9. Arnstein, S.R.: A Ladder Of Citizen Participation. *J. Am. Plan. Assoc.* 35 (4), 216-224 (1969)
10. Assila, A.: Une approche et un outil pour l'évaluation subjective et objective de l'utilisabilité des systèmes interactifs : application à un système d'aide à l'information voyageurs Ahlem Assila To cite this version : HAL Id: tel-01411235. (2016)
11. Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. van, Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Martin, R.C., Mellor, S., Thomas, D., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Schwaber, K., Sutherland, J.: *Manifesto for agile software development.* (2001)
12. Ben-Joseph, E., Ishii, H., Underkoffler, J., Piper, B., Yeung, L.: Urban simulation and the luminous planning table: Bridging the gap between the digital and the tangible. *J. Plan. Educ. Res.* 21 (2), 196-203 (2001)
13. Billger, M., Thuvander, L., Wästberg, B.S.: In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.* 44 (6), 1012-1035 (2017)
14. Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J., Wittkämper, M., Yuan, C., Novotny, T., Fatah Gen Schieck, A., Mottram, C., Strothmann, A.: ARTHUR: A collaborative augmented environment for architectural design and urban planning. *J. Virtual Real. Broadcast.* 1 (1), 1-10 (2004)
15. Carroll, E.A., Latulipe, C.: The creativity support index. In: *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '09.* p. 4009. ACM Press, New York, New York, USA (2009)
16. Cherry, E., Latulipe, C.: Quantifying the Creativity Support of Digital Tools through the Creativity Support Index. *ACM Trans. Comput. Interact.* 21 (4), 1-25 (2014)
17. deVries, B., Tabak, V., Achten, H., De Vries, B.: Interactive Urban Design using integrated planning requirements control. *Autom. Constr.* 14 (2), 207-213 (2005)

18. DeWalt, K.M., DeWalt, B.R.: Participant observation: a guide for fieldworkers. , Walnut Creek (2002)
19. DeWalt, K.M., DeWalt, B.R.: Participant observation. In: Bernard, H.R. et Gravlee, C.C. (éd.) Handbook of methods in cultural anthropology. p. 259-300. Rowman Littlefield, Walnut Creek (1998)
20. Fatah, A., Schieck, G., Penn, A., Mottram, C., Strothmann, A., Ohlenburg, J., Broll, W., Aish, F.: Interactive Space Generation through Play Exploring Form Creation and the Role of Simulation on the Design Table. *Int. J. Archit. Comput.* 3. (2005)
21. G.a, D., M.b, R., A.c, R., N.c, T.: Design and evaluation of a real-world virtual environment for architecture and urban planning. *Presence Teleoperators Virtual Environ.* 16 (3), 318-332 (2007)
22. Gaborit, N., Howard, T.: A collaborative virtual environment for public consultation in the urban planning process. In: Proceedings - Theory and Practice of Computer Graphics 2004. p. 104-111. IEEE (2004)
23. Hanzl, M.: Information technology as a tool for public participation in urban planning: a review of experiments and potentials. *Des. Stud.* 28 (3), 289-307 (2007)
24. Hart, S.G., Staveland, L.E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index). *Adv. Psychol.* 52 139-183 (1988)
25. Hevner, A.R., Gregor, S.: Positioning and Preenting Design Science: Types of Knowledge in Design Science Research. *MIS Q.* 37 (2), 337-355 (2013)
26. Hevner, A.R., Park, J., Ram, S., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. *Des. Sci. IS Res. MIS Q.* 28 (1), 75-105 (2004)
27. Hurtienne, J., Naumann, A.: QUESI - A questionnaire for measuring the subjective consequences of intuitive use. *Interdiscip. Coll.* 2010. Focus Theme Play. *Act Learn.* 539 (2010)
28. Indraprastha, A., Shinozaki, M.: The Investigation on Using Unity3D Game Engine in Urban Design Study. *ITB J. Inf. Commun. Technol.* 3 (1), 1-18 (2009)
29. Jutraž, A., Moine, J. Le: Breaking out: New freedoms in urban (re) design work by adding immersive environments. *Int. J. Archit. Comput.* 14 (2), 103-118 (2016)
30. Jutraz, A., Zupancic, T.: Digital System Of Tools For Public Participation And Education In Urban Design Exploring 3D ICC. In: ECAADE 2012, VOL 1: DIGITAL PHYSICALITY. p. 383-392. (2012)
31. Jutraz, A., Zupancic, T.: Virtual worlds as support tools for public engagement in urban design. In: *Planning Support Systems and Smart Cities.* p. 391-408. Springer (2015)
32. Khan, Z., Ludlow, D., Loibl, W., Soomro, K.: ICT enabled participatory urban planning and policy development. *Transform. Gov. People, Process Policy.* 8 (2), 205-229 (2014)
33. Kniberg, H., Skarin, M.: Kanban and Scrum-making the most of both. Lulu.com (2010)

34. de La Ville, V.I., others: La recherche idiographique en management stratégique: une pratique en quête de méthode? *Financ. contrôle Strat.* 3 (3), 73-99 (2000)
35. De Lange, M., De Wall, M.: Owning the city: New media and citizen engagement in urban design. *First Monday.* 18 (11-4), (2013)
36. Lindell, R.: The Craft of Programming Interaction and engineering market. In: *Proceedings of International Workshop on the Interplay between User Experience Evaluation and Software Development (I-UxSED 2012)*. p. 26-30. (2012)
37. Luigi, M., Massimiliano, M., Aniello, P., Gennaro, R., Virginia, P.R.: On the Validity of Immersive Virtual Reality as Tool for Multisensory Evaluation of Urban Spaces. *Energy Procedia.* 78 471-476 (2015)
38. Maquil, V., Leopold, U., De Sousa, L.M., Schwartz, L., Tobias, E.: Towards a framework for geospatial tangible user interfaces in collaborative urban planning. *J. Geogr. Syst.* 20 (2), 185-206 (2018)
39. Mueller, J., Lu, H., Chirkin, A., Klein, B., Schmitt, G.: Citizen Design Science: A strategy for crowd-creative urban design. *Cities.* 72 181-188 (2018)
40. Orlikowski, W.J., Baroudi, J.J.: Studying Information Technology in Organizations: Research Approaches and Assumptions. *Inf. Syst. Res.* 2 (1), 1-28 (1991)
41. Orlikowski, W.J., Iacono, C.S.: Research Commentary: Desperately Seeking the « IT » in IT Research - A Call to Theorizing the IT Artifact. *Inf. Syst. Res.* 12 (2), 121-134 (2001)
42. Peffers, K., Tuunanen, T., Gengler, C.E., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V., Bragge, J.: The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research. In: *The Proceedings of Design Research in Information Systems and Technology DESRIST 2006*. p. 83-106. (2006)
43. Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H.: *Interaction design: beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons (2015)
44. Saad-Sulonen, J.C., Horelli, L.: The value of Community Informatics to participatory urban planning and design: a case-study in Helsinki. *J. Community Informatics.* 6 (2), (2010)
45. Sanders, E.B.-N., Stappers, P.J.: Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign.* 4 (1), 5-18 (2008)
46. Sanders, E.B., Stappers, P.J.: *Convivial Toolbox*. (2012)
47. Van Schaik, P.: Using interactive 3-D visualization for public consultation. *Interact. Comput.* 22 (6), 556-568 (2010)
48. Seichter, H.: Augmented Reality and Tangible Interfaces in Collaborative Urban Design. In: *Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures) 2007*. p. 3-16. Springer Netherlands, Dordrecht (2007)
49. Seichter, H.: Sketchand+ A collaborative augmented reality sketching application. In: *Proceedings of the Conference on Computer-Aided Architectural Design Research*. p. 209-219. , Bangkok (2003)

50. Shen, C., Ryall, K., Forlines, C., Esenther, A., Vernier, F., Everitt, K., Wu, M., Wigdor, D., Morris, M.R., Hancock, M., Tse, E.: Informing the Design of Direct-Touch Tabletops. (2006)
51. Sonnenberg, C., Vom Brocke, J.: Evaluation patterns for design science research artefacts. In: Communications in Computer and Information Science. p. 71-83. Springer, Berlin, Heidelberg (2012)
52. Spinuzzi, C.: The methodology of participatory design. *Tech. Commun.* 52 (2), 163-174 (2005)
53. Turan, S.Ö., Pulatkan, M., Beyazlı, D., Özen, B.S.: User Evaluation of the Urban Park Design Implementation with Participatory Approach Process. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 216 306-315 (2016)
54. Voinov, A., Kolagani, N., McCall, M.K., Glynn, P.D., Kragt, M.E., Ostermann, F.O., Pierce, S.A., Ramu, P.: Modelling with stakeholders - Next generation, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815215301055>, (2016)
55. Wates, Nick, Brook, Jeremy, De Lange, M., De Waal, M., Salter, J.D., Campbell, C., Journeay, M., Sheppard, S.R.J., Yeang, L.D., others, Jutraz, A., Zupancic, T., Slotterback, C.S., Senbel, M., Church, S.P., Panagopoulos, T., Andrade, R. dos R., Barreira, A.P., Luigi, M., Massimiliano, M., Aniello, P., Gennaro, R., Virginia, P.R., Fonseca, D., Valls, F., Redondo, E., Villagrasa, S., Turan, S.Ö., Pulatkan, M., Beyazlı, D., Özen, B.S., Hanzl, M., Saad-Sulonen, J.C., Horelli, L., Ben-Joseph, E., Ishii, H., Underkoffler, J., Piper, B., Yeung, L., Köninger, A., Bartel, S., Ahn, H.-C., Jacobi, M., Halatsch, J., Kunze, A., Schmitt, G., Turkienicz, B.: *The community planning handbook : how people can shape their cities, towns and villages in any part of the world.* Springer (2000)
56. Westerberg, P., Von Heland, F.: Using minecraft for youth participation in urban design and governance. (2015)
57. Witmer, B.G., Singer, M.J.: *Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire.* (1998)
58. Wu, H., He, Z., Gong, J.: A virtual globe-based 3D visualization and interactive framework for public participation in urban planning processes. *Comput. Environ. Urban Syst.* 34 (4), 291-298 (2010)
59. Yeang, L.D., others: *Urban design compendium.* English Partnerships/Housing Corp. London. (2000)
60. *Changing places*, <http://cp.media.mit.edu/cityio/>, Consulté le: juillet 01, 2017
61. *Everyday Objects as Interface : Collaborative MouseHaus Table , a Physical Interface for Urban Design.*

Un Environnement Virtuel Interactif et Immersif pour Faciliter la Créativité Collective des Citoyens dans les Projets de Design Urbain

RESUME :

La participation citoyenne (PC) est aujourd'hui au cœur de nombreux discours mais peine à s'imposer dans les institutions publiques. Dans le cas du design urbain (DU), des initiatives encourageantes peuvent être observées. Néanmoins, les observations amènent aussi à remarquer que les méthodologies actuellement utilisées reposent majoritairement sur des outils artisanaux. Cette thèse se concentre sur l'intégration d'outils numériques dans le processus de participation citoyenne dans l'aménagement des espaces publics. Plus particulièrement, les travaux sont centrés sur un mode de concertation collaboratif appliquant les concepts du co-design, qui vise à rassembler citoyens et professionnels du design urbain dans un même lieu, pour bâtir un langage commun et une vision partagée. Au travers d'une méthodologie de recherche basée sur la *design science*, cette recherche transdisciplinaire considère à la fois le contexte d'application, et les théories dans le domaine de la PC numérique et du co-design. En effet, il est mis en avant que les travaux de recherche existants soient soit trop théoriques dans le domaine de la PC et ne proposent pas l'instanciation et l'évaluation d'un artefact à travers un prototype, soit trop centrés sur la technologie en laissant de côté le contexte d'application. De plus, afin de combler un manque dans l'état de l'art actuel, un accent particulier est mis sur l'amélioration des capacités d'expression créative des citoyens par le co-design, et la réalisation d'une interface intuitive dédiée aux amateurs.

Mots clés : co-design urbain, participation citoyenne, environnement virtuel interactif et immersif, design science

Mots clés : co-design urbain, participation citoyenne, environnement virtuel interactif et immersif, design science

An Interactive and Immersive Virtual Environment to Foster Citizen's Collective Creativity in Urban Design Projects

ABSTRACT :

Citizen participation (CP) is today at the heart of many speeches but struggles to impose itself in public institutions. In the case of urban design (DU), encouraging initiatives can be observed. Nevertheless, observations also point out that the methodologies currently used are mainly based on artisanal tools. This thesis focuses on the integration of digital tools in the process of citizen participation in the development of public spaces. More specifically, the work focuses on a collaborative approach that applies the concepts of co-design, which aims to bring citizens and urban design professionals together in one place, to build a common language and a shared vision. Through a research methodology based on *design science*, this transdisciplinary research considers both the context of application, and theories in the field of digital CP and co-design. It is emphasized that the existing research work is either too theoretical in the field of PC and do not propose the instantiation and the evaluation of an artifact through a prototype, or too centered on the technology, leaving aside the context of application. In addition, in order to fill a gap in the current state of the art, a special emphasis is placed on improving citizens' creative expression abilities through co-design, and the realization of an intuitive interface dedicated to amateurs.

Keywords : urban co-design, citizen participation, interactive and immersive virtual environment, design science