

PROTOTYPAGE ET DESIGN PRODUIT

L'édition originale de cet ouvrage
a été conçue et publiée en langue anglaise
par Laurence King Publishing Ltd,
Londres, sous le titre
Prototyping and Modelmaking for Product Designers,
Second Edition.

The original edition of this book was
designed, produced and published in 2019
by Laurence King Publishing Ltd,
London under the title
Prototyping and Modelmaking for Product Designers,
Second Edition.

Text © 2019 Bjarki Hallgrímsson.
Bjarki Hallgrímsson has asserted his right
under the Copyright, Designs, and Patent Act 1988,
to be identified as the Author of this Work.
Translation © 2020 Dunod Editeur.

© Dunod, 2020 pour l'édition française
11 rue Paul-Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-080241-8

Traduction : Jean-Louis Clauzier et Laurence Coutrot

Conception originale : Alexandre Coco pour Laurence King

Adaptation de couverture : Élisabeth Hébert

Composition pour l'édition française : Nord Compo

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a),
d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste
et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes
citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction
intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants
cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc
une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété
intellectuelle.

80241 - (I) - OSB 150 - NOC - NRI
Dépôt légal : août 2020
Imprimé en Espagne par Gráficas Estella

PROTOTYPAGE ET DESIGN PRODUIT DES PROCÉDÉS AUX MATÉRIAUX

BJARKI HALLGRIMSSON

Traduit de l'anglais par JEAN-LOUIS CLAUZIER
et LAURENCE COUTROT

DUNOD

SOMMAIRE

INTRODUCTION : POURQUOI PROTOTYPER ?

Prototypage et fabrication de maquettes	6
Le prototypage est un outil de résolution de problèmes	7
Fabrication de maquettes	7
Prototypes physiques et numériques ...	7
Construction manuelle et recours au numérique	8
Organisation de l'ouvrage.....	9

PROTOTYPAGE

1 Utilisation des prototypes

Phase exploratoire	11
Test utilisateur.....	13
Communication	14
Vérification du design	16
Tests de performance technique	17
Tests de sécurité.....	17
Prototypage dans différents domaines du design.....	18
De A à Z : études de cas complètes ..	18
ÉTUDE DE CAS Famille de produits Duo Gaming.....	19
ÉTUDE DE CAS Appareil photo Lytro 3.0	23
ÉTUDE DE CAS ECotality Blink : chargeurs pour voitures électriques ..	27
ÉTUDE DE CAS Scanner portable Xoran xCAT	30
ÉTUDE DE CAS Thermostat Ecobee3	32

2 Approches du prototypage

Différence entre prototypage et fabrication.....	35
Matériaux de substitution	35
Itération.....	36
Basse fidélité vs haute fidélité	36
Qualité de réalisation et niveau d'effort	37
Prototypes d'aspect et prototypes fonctionnels	37
ÉTUDE DE CAS Lanterne LED Candela Luau.....	38
ÉTUDE DE CAS Sièges Chair_ONE et Myto.....	41

3 Prototypage de produits électroniques interactifs

Entrées/sorties.....	46
Programmation	46
Configuration du prototype	47
ÉTUDE DE CAS Guide de musée interactif Kurio.....	48

FABRICATION DE MAQUETTES

4 Fabriquer des maquettes : principes et choix

Principes de fabrication de maquettes...	51
Options à envisager	52

5 Hygiène et sécurité

Objectif.....	53
Risques.....	53
Équipement de protection individuelle ..	57
Évaluation des risques	58

6 Aménager l'espace

Espace et équipement	59
Aménagement de base	59

7 Workflow

Étapes de base pour la fabrication de maquettes.....	61
Workflow de rétroconception	63
ÉTUDE DE CAS Numériser une maquette de casque à vélo en argile	66

8 Outils de prototypage analogique

Outillage de base	70
Petit outillage électrique	72
Outillage électrique fixe	72
Machines-outils.....	75

9 Fabrication additive : impression 3D

Étapes du processus d'impression 3D...	78
Technologies et classifications	78
Technologie des poudres	81
Impression par extrusion de matériau... ..	83
Photopolymérisation en cuve	87
Projection de matériaux	89
ÉTUDE DE CAS Le sur-mesure.....	90

10 Fabrication soustractive

Usinage à commande numérique [CNC] ..	92
Découpe laser.....	96

11 Colles, enduits et mastics

Colles.....	99
Rubans adhésifs.....	100
Enduits et mastics.....	101
TUTORIEL Fabrication additive de maquettes avec colles et enduits ..	104

12 Papier

Applications du papier	107
Modèles en coupes transversales ...	109
Travailler avec le papier et le carton.....	110
TUTORIEL Grille-pain.....	112

13 Carton-mousse

Travailler avec le carton-mousse ...	116
TUTORIEL Borne de billetterie	120

14 Mousse de polystyrène

Applications de la mousse de polystyrène.....	125
Travailler la mousse de polystyrène	126
TUTORIEL Talkie-walkie pour enfants	129

15 Mousse de polyuréthane pour maquettes

Applications de la mousse de polyuréthane.....	132
Travailler la mousse de polyuréthane ..	133
TUTORIEL Manette de jeu vidéo	136

16 Feuilles thermoplastiques et formes extrudées

Travailler avec les plastiques	142
Coller les plastiques	143
ÉTUDE DE CAS Fauteuil de ski adapté... ..	146
TUTORIEL Spatule pour barbecue	148

17 Bois

ÉTUDE DE CAS Porte-vêtements incliné en contreplaqué cintrable	152
Applications du bois	153
Travail du bois.....	154

18 Argile à modeler

Types d'argile	158
ÉTUDE DE CAS Voiture de sport Olme Spyder.....	160
Travailler avec l'argile à modeler..	161
TUTORIEL Casque à vélo en argile ...	163

19 Moulage

Applications du moulage	166
Procédé de moulage	167
Matériaux de moulage	168
ÉTUDE DE CAS Moulage de figurines de BD	170
ÉTUDE DE CAS Bracelet en élastomère ..	171

20 Peinture et éléments graphiques

Couleur.....	174
Texture	175
Brillant, mat ou métallisé	175
Types de peinture.....	175
Préparation.....	175
Application.....	176
TUTORIEL Pièce d'imprimante 3D.....	179
Étiquettes et autocollants	181

21 Produits textiles et cousus

Travailler avec les textiles	185
Patrons.....	189
Accessoires solides pour le textile.....	191
ÉTUDE DE CAS Bio-vêtements.....	193
ÉTUDE DE CAS Impression de filaments par OSAT	196

Glossaire	199
Ressources	202
Index	203
Crédits iconographiques.....	207
Remerciements	208

ATTENTION

Le chapitre 5 de ce livre couvre les bonnes pratiques en matière d'hygiène et sécurité, et le début de chacun des chapitres 6 à 21, relatifs aux outils, matériaux et procédés, propose un rappel de certaines mesures de sécurité. Les chapitres 8, 9 et 10 présentent un aperçu des outils et des machines classiquement utilisés pour la fabrication de maquettes, mais ne fournissent pas d'instructions spécifiques sur le fonctionnement des outils, car cette question n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage. Les méthodes, processus, études de cas et tutoriels présentés dans ce livre sont de nature générale ; ils ne doivent pas être entrepris sans avoir reçu une formation et une supervision appropriées par un technicien professionnel. L'éditeur et l'auteur ont veillé à ce que les informations sur la sécurité fournies soient exactes et à jour au moment de la rédaction du présent ouvrage, mais ces informations ne sont pas exhaustives, et ils ne peuvent être tenus responsables de toute mauvaise utilisation, modification, erreur ou omission. Le lecteur doit savoir qu'il est responsable de sa propre sécurité tout comme de celle de toute personne se trouvant à proximité, lorsqu'il entreprend les types d'activités décrits ici, et qu'il doit se comporter en conséquence.

INTRODUCTION

Pourquoi prototyper ?

Tout design industriel réussi résulte d'une série de mises au point, au prix d'un dur labeur. Passer d'une idée au produit réel exige beaucoup d'efforts, bien au-delà de la simple création d'images numériques. Concevoir un produit est une activité complexe qui exige de mobiliser de multiples partenaires de différentes disciplines, d'imaginer des solutions créatives et pratiques, de tester et vérifier mille problèmes avant le lancement sur le marché. Ce livre montre que dans tout processus de design réussi, la phase de construction et de validation du prototype physique est incontournable. Avec la CAO (conception assistée par ordinateur), il est maintenant facile de visualiser en 3D, d'analyser et d'appliquer des solutions pour un produit, mais les prototypes physiques autorisent des manipulations inconcevables sur écran. Le prototypage précède et complète donc les simulations et animations numériques qui interviennent dans les projets matériels. Il sert aussi de support de discussions pour fédérer les techniciens, favorisant une meilleure interaction entre client, designers et utilisateur final.

PROTOTYPAGE ET FABRICATION DE MAQUETTES

On emploie indifféremment les termes *prototype physique* et *maquette* pour désigner la représentation exploratoire et tridimensionnelle d'un produit, d'un service ou d'un système. Récemment, le terme *prototype*, plus général, s'est imposé. En phase de conception, en amont de la fabrication, on utilise divers prototypes physiques pour simuler l'aspect et la fonction d'un produit sous ses différentes facettes. Ce livre explore le rôle des prototypes physiques en design, et leur utilité pour résoudre les problèmes liés au développement de produits nouveaux. On appelle *itération* chaque nouvelle version d'un prototype ou d'une maquette.



Cette série de prototypes montre que pour concevoir le sécateur d'élagage Fiskars Multi-Snip plusieurs itérations ont été nécessaires.

Le *prototypage* et la *fabrication de maquettes*, termes voisins, désignent des activités différentes : le *prototypage* désigne l'utilisation de prototypes physiques pour étudier et tester l'aspect, le mode de fabrication et l'usage d'un nouveau produit. La fabrication de maquettes désigne plutôt la méthode de fabrication du prototype, par étapes successives. Ce livre comprend donc deux parties : la première « Prototypage » décrit les prototypes physiques et leur utilité dans le design et le développement des produits. La seconde partie « Fabrication de maquettes » est centrée sur les matériaux et les méthodes de construction. Si nous comprenons bien pourquoi on fabrique des prototypes, nous serons mieux à même de choisir des méthodes judicieuses.



Un étudiant examine l'évolution d'un prototype d'aspect de perceuse réalisé en laboratoire.

LE PROTOTYPAGE EST UN OUTIL DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Du début du projet au lancement de la production, le *prototypage* est un mode-clé de résolution de problèmes pour la conception de produits. Vu la complexité du développement d'un produit, il est essentiel d'éliminer au maximum les incertitudes et d'anticiper les mauvaises surprises. Il est bien moins cher de résoudre les problèmes en amont, avant la mise en fabrication et la prise d'engagements commerciaux. Les prototypes évoluent avec le processus de conception ; au départ, un prototype simplifié sert « d'ébauche en 3D » qui, au terme d'itérations successives, laisse place à une série de versions de plus en plus abouties.

Plus le produit est complexe, plus seront nombreuses les disciplines impliquées et les versions successives. Les prototypes physiques favorisent la coopération : ils permettent de réunir les membres de l'équipe lors de séances de discussion, au cours desquelles ils devront affronter des problèmes pratiques et tangibles qui resteraient invisibles sur papier. Les prototypes servent aussi à comparer des approches alternatives, et à tester différents aspects : exigences techniques de construction ou utilisabilité.

FABRICATION DE MAQUETTES

Le design est porteur d'une tradition qui fait la part belle aux matériaux, à la fabrication et à l'artisanat ; cette tradition, fondée sur l'idée d'apprentissage sur le tas, remonte aux débuts du design industriel. Fabriquer un prototype (maquette) permet en fait de tirer des enseignements différents de ce que l'on apprend en l'utilisant comme outil de recherche. Les propriétés matérielles n'ont de lien réel avec le monde que si on les perçoit concrètement avec nos sens : seul le travail sur les matériaux et les processus réels leur donne une signification véritable. Cet apprentissage par l'expérience sensible est le socle de l'intuition, qui permet ensuite la conceptualisation. Même les designers expérimentés construisent de leurs mains des maquettes (dont nous présentons ici quelques études de cas). Ce travail est surtout crucial en amont d'un projet, quand la maquette sert à explorer une idée pour lui donner forme. Ces premiers prototypes résultent d'un dialogue entre l'objet et le designer, et éclairent les décisions sur ce qui fonctionne ou pas. Les prototypes et les maquettes ont ainsi un rôle didactique qui permet aux designers d'explorer leurs erreurs sans trop de conséquences. Ce lien entre le cerveau et la main constitue un aspect fondamental de la philosophie de ce livre.

PROTOTYPES PHYSIQUES ET NUMÉRIQUES

Un designer doit posséder des compétences multiples : en dessin, CAO et fabrication de maquettes. Elles sont essentielles et complémentaires. Un flux de production (on parlera de workflow) qui navigue d'une compétence à l'autre élargit les possibilités créatives et est mieux équilibré.

Les nouvelles technologies ont bouleversé la manière de concevoir les produits. Les maquettes numériques virtuelles permettent de voir comment les pièces s'assemblent, de calculer le poids et de simuler les performances en cours de projet. Les prototypes physiques, eux, aident à résoudre des problèmes impossibles à traiter par images de synthèse.

Ces problèmes ont généralement trait à des aspects humains, plutôt qualitatifs. Si la simulation par ordinateur sert à vérifier nombre de contraintes techniques, les prototypes physiques, situés dans un environnement réel, sont dotés de qualités tangibles, directement vérifiables : poids, taille, texture. Un designer expérimenté produit en grand nombre aussi bien des prototypes physiques que des maquettes numériques virtuelles. Il ne s'agit pas d'opposer le physique au numérique, mais plutôt de voir comment les deux s'articulent. Les tutoriels proposés dans ce livre décrivent un flux de travail qui utilise esquisses, CAO et maquettes dans leur complémentarité.

CONSTRUCTION MANUELLE ET RECOURS AU NUMÉRIQUE

Autrefois, tous les prototypes physiques étaient fabriqués manuellement. À présent, les technologies numériques permettent de charger des fichiers 3D sur des machines de prototypage informatisées. On pourrait penser, dès lors, qu'on peut se passer de fabriquer des prototypes à la main, mais c'est faux. Comme le montrent nos études de cas, il est plus rapide d'explorer les premières idées à l'aide de prototypes faits main. Les esquisses et les maquettes rapides réalisées manuellement migrent progressivement vers l'ordinateur puis vers le prototypage ou l'usinage par commande numérique.

Le chapitre 7 analyse la complémentarité des méthodes manuelles et numériques, et montre comment les designers peuvent recourir aux nouvelles technologies, comme le scanner laser, pour reconstituer en CAO des maquettes réalisées manuellement (on parle alors de rétro-ingénierie). On le voit, compétences manuelles traditionnelles et compétences informatiques convergent vers un même but. La souris sera probablement remplacée par des dispositifs de saisie plus naturels, plus polyvalents, qui simulent électroniquement le travail créatif de dessin ou de sculpture. C'est ce qu'on voit déjà avec la tablette graphique, qui fonctionne avec un stylet. De même, la numérisation 3D de maquettes réalisées à la main est une méthode courante en design automobile et, de plus en plus, en design industriel.

La pelle à forer des trous Fiskars a d'abord été fabriquée manuellement et testée (à gauche) avant de créer une maquette numérisée en 3D en CAO (à droite).





Les nouvelles interfaces modifient les méthodes de design : ainsi, le scanner 3D Creaform (à gauche) et l'écran à stylet interactif Cintiq® (ci-dessous) brouillent les frontières entre méthodes de travail analogiques et numériques.



Le travail de conception évolue, obligeant les designers à avoir, à chaque étape, un pied dans le virtuel et un pied dans le matériel.

ORGANISATION DE L'OUVRAGE

Regroupés au sein de la partie 1, les premiers chapitres soulignent l'importance du prototypage dans le processus de conception. Ils présentent divers usages des prototypes à travers plusieurs projets menés par certains des plus grands spécialistes mondiaux.

La partie 2 présente les matériaux usuels et les techniques de réalisation des prototypes. L'objectif est toujours d'utiliser les outils numériques et manuels de façon complémentaire et efficace. Les tutoriels, conçus sur mesure, présentent des projets réalisables par les designers ; ils soulignent le va-et-vient entre méthodes numériques et manuelles. Les questions de santé et de sécurité sont évoquées dans un esprit de responsabilisation et de sensibilisation : il est essentiel de savoir créer des maquettes avec des matériaux ordinaires et sans risque pour la santé.

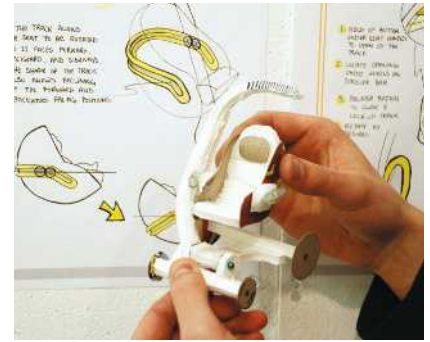
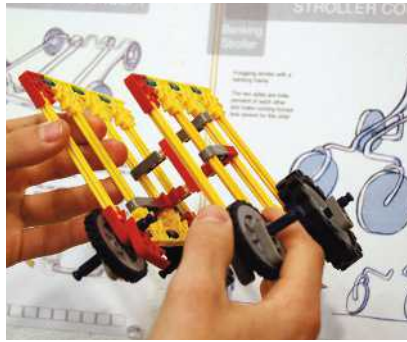
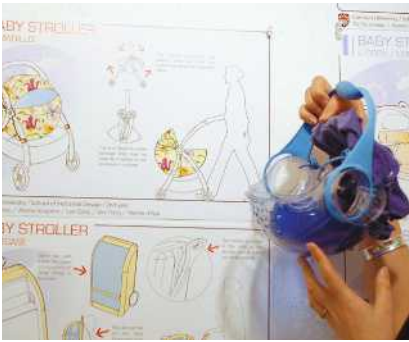
PROTOTYPAGE

1	Utilisation des prototypes	11
2	Approches du prototypage	35
3	Prototypage de produits électroniques interactifs...	44

UTILISATION DES PROTOTYPES

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

- Expliquer la différence entre le prototypage basse et haute fidélité.
- Décrire quatre principaux usages des prototypes et la manière de les utiliser, à différentes étapes d'un projet, pour résoudre des problèmes.
- Proposer une méthode pour utiliser les prototypes dans un projet de conception.
- Analyser des études de cas industriels sous l'angle du prototypage.
- Commenter la différence entre ce que l'on apprend en fabriquant un prototype et ce que l'on apprend en utilisant un prototype déjà construit.



Les prototypes physiques servent à résoudre toutes sortes de problèmes et à mieux appréhender les contraintes de conception. Complémentaires des croquis et autres méthodes de conception, ils facilitent l'exploration des idées, les tests utilisateurs, la communication, la vérification du design et les tests de conformité. Un seul prototype a souvent plusieurs fonctions : ainsi la phase d'exploration comporte aussi souvent des tests utilisateurs simplifiés. Les catégories suivantes ne se veulent pas normatives, mais cherchent plutôt à faire ressortir les multiples usages des prototypes.

Les étudiants de l'Université Carleton, pour enrichir leurs premières idées pour un nouveau concept de poussette, ont utilisé des prototypes exploratoires rapides. Pour communiquer leurs idées, les étudiants ont utilisé divers matériaux, entre autres des pièces de jeu Kinex, du carton-mousse, ou encore des objets trouvés.

PHASE EXPLORATOIRE

Tout comme le brainstorming et le croquis sont essentiels pour développer une idée, la matérialisation permet d'expérimenter les matériaux de façon pratique et ludique, mieux qu'en deux dimensions. Le prototypage exploratoire complète les croquis en fabriquant rapidement une suite de maquettes. Cela permet de jauger rapidement la validité d'une idée et peut même suggérer des pistes fécondes d'idées originales et de produits innovants. Bien souvent, une maquette basse fidélité suffit pour valider un concept. Le terme *exploratoire* a ici un sens très général : il décrit tout prototypage rapide permettant d'envisager de nouvelles idées qui émergent. On distingue les prototypes *d'aspect*, qui ressemblent à l'objet recherché, des prototypes *fonctionnels*, qui servent à analyser le fonctionnement du produit. L'exploration fonctionnelle est souvent expérimentale et très sommaire. Parfois, on se contente de démonter les produits et de les réassembler en nouvelles unités fonctionnelles. Certains mécanismes ou d'autres éléments du produit peuvent même être construits en Lego® pour donner une idée de son fonctionnement, ce qui fournit ainsi une base pour la prochaine itération.

Les maquettes d'aspect sont souvent réalisées en mousse facile à sculpter, comme le montrent ces études sur la forme de la fontaine à eau Tana.





La chaussure Nike Trash Talk.



Toute exploration est affaire de curiosité intellectuelle. Les techniques ou les matériaux innovants sont tout aussi importants à explorer que la forme et la fonction de l'objet. L'architecte Alvar Aalto a développé son mobilier révolutionnaire en bouleau lamellé-collé grâce à un prototypage systématique. Cette démarche s'impose plus que jamais, avec les nouvelles technologies et les exigences du développement durable. Ainsi, la Nike Trash Talk est née d'une exploration, conduite par les designers de Nike qui cherchaient à produire une chaussure de sport de qualité en matériaux de récupération, pour réduire son empreinte écologique.

L'exploration de la forme (croquis ou maquettes de volumes) débute en général avec des matériaux basse fidélité : carton-mousse, carton ou polystyrène expansé. Il s'agit de travailler directement à partir d'une esquisse rapide plutôt que de créer des dessins détaillés. La rapidité est essentielle pour balayer différentes options avant de s'engager dans une direction précise.

Dès le début du projet, les designers industriels multiplient les prototypes pour générer et explorer des idées, en travaillant au crayon et à l'ordinateur.

Le prototypage exploratoire alimente la réflexion des designers : expérimentation et essais produisent souvent des résultats surprenants, et donc des produits plus novateurs : les designers ont pu faire des découvertes et les intégrer à leur travail.

Pour développer ce lance-balle pour chien, Mixer Design Group a généré des modèles exploratoires pour visualiser les diverses façons de lancer et ramasser la balle. Avec une série de prototypes fonctionnels très en amont du projet, ils ont pu évaluer rapidement et efficacement différentes idées.



Mixer Design Group a mis au point StarMark, un jouet pour chien en forme de disque, au terme d'un processus comprenant une série de prototypes exploratoires, outre les esquisses et le travail sur ordinateur.

Conseils pour l'exploration :

- Ces prototypes construits pour vous, sont destinés à vous aider à comprendre ce que vous faites.
- Veiller à ce que le modèle reste simple et dépourvu de détails susceptibles de le détourner de l'objectif visé.
- Utiliser les matériaux à bon escient. Utiliser aussi des matériaux pour expérimenter.
- Construire plusieurs modèles en parallèle pour explorer différents problèmes, par exemple, des prototypes fonctionnels et des maquettes d'aspect.
- Ne jamais oublier qu'un prototype est jetable. Il s'agit d'une expérience pour répondre à des questions.

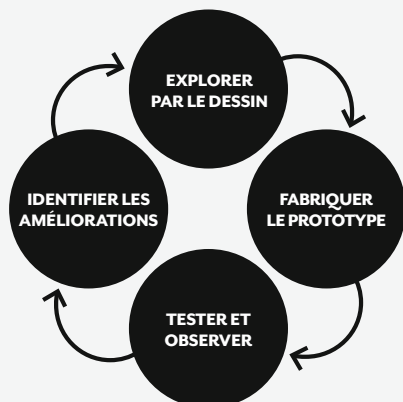
TEST UTILISATEUR

Le design moderne exige d'analyser en continu la façon dont l'utilisateur interagira avec un produit, une interface ou un service. Avec les prototypes, le designer étudie ce que l'utilisateur peut et veut faire, au lieu de deviner son comportement et ses préférences. Réalisé en amont, ce travail permet des observations, qui fournissent un cadre pour les contraintes de design centrées sur l'utilisateur. C'est désormais l'une des principales applications des prototypes physiques, car il est impossible de tester l'expérience utilisateur d'un produit physique seulement sur ordinateur. Les prototypes servent donc à tester une série de contraintes ergonomiques, notamment l'adéquation aux besoins humains, la taille et les dimensions cognitives.

Un cycle de test consiste à construire un prototype, à le tester auprès d'utilisateurs réels, puis à observer le résultat de ces interactions. Cette recherche « ethnographique », grandement facilitée par les prototypes, passe souvent par la captation vidéo des participants pour détecter les problèmes ou vérifier que le design va dans le bon sens. Les tests peuvent déboucher sur des solutions intéressantes et inattendues. Mieux on explore les alternatives possibles, plus on en tirera d'enseignements.

On part souvent de prototypes sommaires, réalisés manuellement avec des matériaux basse-fidélité. Parfois, il faut prototyper le cadre dans sa totalité, par exemple l'intérieur d'une voiture ou d'un avion. En se concentrant sur les personnes et leurs interactions, on peut simplifier les prototypes, ce qui permet d'explorer plus d'options et de variantes. Pour les interfaces sur écran, on réalise des prototypes sur papier, avec une série de feuilles reproduisant chaque page du logiciel.

Les prototypes en vraie grandeur aident à finaliser le déroulement des tâches et les contraintes de conception. On améliore progressivement la fidélité, à mesure que l'on répond aux questions.



Le cycle de test par itérations comporte l'observation des utilisateurs finaux.



Des prototypes rudimentaires basse fidélité, en carton, associés à des prototypes papier d'une interface sur écran, déterminent la séquence des interactions et les contraintes générales de conception pour ce projet universitaire d'une borne postale.



Les tests utilisateurs pour cette borne de bureau de poste ont été réalisés à l'aide d'un prototype basse fidélité en vraie grandeur (en haut). Une fois testées la configuration et l'architecture du produit, il a fallu envisager les détails de conception finale et les impératifs de fabrication. La communication du design final s'est faite à l'aide d'une maquette d'aspect en 3D (ci-dessus).

Participants

La sélection des participants est un facteur essentiel. Si les étudiants sont souvent utiles pour les travaux pilotes, on veillera à recruter judicieusement les utilisateurs finaux, pour réaliser des observations pertinentes. Ce peut aussi être l'occasion d'aborder un design plus inclusif en tenant compte des questions d'accès universel, pour les personnes handicapées. Une bibliographie complémentaire figure à la fin de ce livre. Pensez à respecter les droits des personnes participant au test. Si les informations doivent être publiées, elles sont soumises aux règles de confidentialité. Heureusement, les sources d'information ne manquent pas pour mener des études conformes aux règles éthiques ; dans les universités, on exige la validation déontologique de toutes les recherches impliquant des étudiants. Bien entendu, aucun participant ne doit être enrôlé dans une activité dangereuse. Les tests utilisateurs ont pour seul but de vérifier la facilité d'utilisation du produit : les prototypes ne doivent en aucun cas servir à tester la résistance ou tout autre aspect susceptible de mettre les participants en péril.

Conseils pour les tests utilisateurs :

- Être au clair sur le test et les tâches requises et construire la maquette spécifiquement dans ce but.
- Prendre conseil pour la sélection des participants ou consulter la documentation sur les tests d'utilisabilité.
- Respecter les principes de la conception universelle en enrôlant des personnes handicapées si nécessaire.
- Étudier comment passer d'un contexte général à un contexte plus spécifique. C'est l'objectif global qui importe, et non la façon dont on dispose les boutons.
- Observer et documenter toutes les interactions.
- Obtenir la validation par un comité d'éthique au préalable.
- Utiliser des kits d'outils de prototypage électronique.
- Ne jamais fabriquer de prototypes présentant un risque quelconque pour les participants.

COMMUNICATION

La conception de produits est par nature une activité interdisciplinaire. Un designer devra souvent communiquer ses idées aux utilisateurs finaux, aux ingénieurs et aux équipes marketing, qui pourront avoir un point de vue différent. Tout comme, en cinéma, on utilise un storyboard pour communiquer visuellement les choix esthétiques (décor, costumes, intrigue) sous forme de bande dessinée, de même, on pourra utiliser des photos de participants utilisant des prototypes physiques et mettant en scène des scénarios pour montrer aux partenaires comment le produit sera utilisé et comment il s'intègre dans son environnement futur. Cette communication entre les disciplines est importante pour vérifier qu'on a bien consulté les personnes concernées par la conception et la commercialisation du nouveau produit.

Prototypes d'aspect

Après avoir achevé le test avec les utilisateurs finaux, on passe à un niveau de détail et de raffinement supérieur. Des maquettes haute fidélité servent à communiquer l'aspect final du produit. Ces maquettes reproduisant l'aspect final ont elles aussi d'autres fonctions : présentation aux clients pour validation avant d'investir dans l'outillage de production, exposition lors de foires commerciales ou modèles à photographier pour annoncer la sortie d'un nouveau produit.

Cette famille de prototype vise avant tout un raffinement visuel. La forme et les bords doivent être précis, avec des arrondis au diamètre exact ; tous les détails de fabrication : lignes de jonction, finition des peintures et même la texture de surface des pièces, doivent également être réalistes. On peut coller des éléments graphiques pour un rendu encore plus réaliste, et



pour vérifier le positionnement. La simulation informatique permet ce niveau de détail, mais certains aspects de la réalité ne peuvent être perçus qu'en tenant un objet physique dans ses mains et en le manipulant.

Construire ces maquettes exige du temps et des compétences. En pratique, on les réalise presque toujours à partir de fichiers CAO 3D, soit avec du matériel d'impression 3D haute résolution, soit par usinage des pièces sur une machine à commande numérique (CNC). Ces techniques sont décrites en détail aux chapitres 9 et 10 (p. 77 et 92). Pour réaliser ces maquettes d'aspect, on choisit souvent l'usinage CNC de pièces en mousse de polyuréthane haute densité, qui donne une surface de bonne qualité exigeant très peu de finitions avant peinture. De plus en plus, les pièces fabriquées par prototypage rapide (impression 3D rapide) offrent la même qualité de surface et sont utilisées de manière interchangeable.

Le projet d'étudiant ci-dessus illustre comment un prototype d'aspect peut servir à communiquer à la fois la forme d'une nouvelle tronçonneuse électrique et les solutions de conception innovantes permettant un entretien simplifié. Ce prototype d'aspect ne fonctionne pas, mais il montre clairement comment le design permet de simplifier la lubrification et le remplacement de la chaîne. Le bouchon du réservoir d'huile et le déverrouillage de la chaîne sont tous deux surdimensionnés et conçus pour être actionnés sans outil, ce que montrent clairement les repères visuels dans ces zones d'interface usager.

Ce prototype d'aspect conçu par des étudiants exprime clairement les détails de design et les éléments de conception innovants permettant une maintenance sans outil.

Contexte physique d'utilisation

Les prototypes physiques permettent une étude en contexte d'utilisation réel. Ainsi, Motorola Consumer Experience Design Group et Insight Product Development ont collaboré avec la National Football League (NFL) pour redessiner les casques audio des entraîneurs de la NFL. Finalement, trois configurations différentes ont été représentées en maquettes d'aspect haute-fidélité, qui ont servi à vérifier que le logo Motorola soit bien visible à la télévision. Les tests incluaient même une vraie diffusion vidéo pour étudier les versions du logo dans divers contextes d'éclairage extérieur, sur la neige et en automne.



Insight Product Development a construit des prototypes d'aspect pour créer un rendu du design final des nouveaux casques NFL Motorola et pour faire en sorte que la marque Motorola soit visible à la télévision.

Les prototypes de la fontaine à eau Tana sont présentées ici sous la forme d'un modèle haute fidélité en mousse et d'une maquette d'aspect haute fidélité identique au produit final.



Conseils pour les prototypes destinés à la communication :

- Qui est le public ? Où et quand le prototype sera-t-il visible ?
- Que cherche-t-on à véhiculer ? Le prototype sera-t-il exposé ou utilisé à des fins de démonstration ?
- Devra-t-il être réalisé en interne ou confié à un spécialiste ?
- Qu'en est-il de la communication de l'identité de marque, des options de couleurs, des textures et autres détails ?
- Une maquette en vraie grandeur permet d'examiner le produit dans l'environnement d'utilisation prévu.

VÉRIFICATION DU DESIGN

Avant d'aborder la production en série, de multiples aspects d'un produit doivent être testés et optimisés. La simulation numérique par CAO est devenue un élément essentiel du processus de vérification des problèmes transversaux concernant à la fois l'allure extérieure, la fabrication et les performances. Exemples de fonctions de simulation courantes : la vérification de l'interférence entre pièces d'un assemblage, ou le rendu photoréaliste pour vérifier que le produit a l'aspect voulu. Un outil sophistiqué, comme la méthode des éléments finis, permet de vérifier les contraintes, en tension et en flexion lors des tests de charge statique ou des tests de chute. Les modèles en CAO peuvent être transformés en maquettes 3D (voir chap. 9), équipées de mécanismes ou d'autres composants actifs pour créer des prototypes entièrement fonctionnels.

Le tableau ci-contre p. 17 montre la complémentarité entre prototypage numérique et prototypage physique. La simulation virtuelle, parfois très rapide, sert à étudier les effets de la mise en charge et d'autres paramètres fonctionnels.

En revanche, seuls de véritables prototypes physiques permettent de vérifier certains aspects ergonomiques comme le confort. Pour les nouveaux casques audio des entraîneurs de la NFL (à gauche), il fallait vérifier le confort de chacune des trois versions au moyen de prototypes physiques destinés à être testés en situation. Dans l'industrie, le prototypage se poursuit jusqu'au début de la production en série. Le design est une activité interdisciplinaire : ingénieurs et designers unissent leurs efforts pour vérifier le bon fonctionnement du produit. Tant que la production n'est pas lancée, il est facile de modifier un prototype. Grâce aux nouvelles méthodes numériques de haute précision on fabrique des prototypes ayant la forme exacte de pièces complexes moulées par injection. Cela permet de tester les produits en pré-production et de passer à un processus d'assurance qualité en continu.

