

2

Design conceptuel

La conception technique commence par un besoin directement communiqué par le client ou par une idée innovante développée par une équipe de recherche qui conduirait à une amélioration progressive de l'état de l'art ou à un produit totalement nouveau. On peut, bien sûr, affirmer qu'il n'y a eu que très peu d'inventions au 20^e siècle et que la plupart des produits ont été progressivement innovés. Le Walkman de Sony rentre assurément dans cette seconde catégorie, alors que le téléphone peut être classé parmi les véritables inventions. Dans ce chapitre, l'accent est mis sur la première étape du processus de conception technique, à savoir le développement de concepts viables.

2.1 INGÉNIERIE CONCURRENTÉ

La nécessité d'accélérer le lancement des produits face à des cycles de vie des produits considérablement raccourcis, en particulier dans les secteurs des communications et de l'informatique, a obligé les entreprises manufacturières d'aujourd'hui à réunir des équipes de conception de produits multidisciplinaires et à leur demander de participer simultanément au processus de conception. En 1987, un groupe de travail de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) des États-Unis a proposé la définition suivante : « L'ingénierie simultanée (CE) est une approche systématique de la conception intégrée (concurrente) de produits et de leur fabrication et

processus de support." L'équipe de développement de produits doit prendre en compte tous les éléments du cycle de vie du produit dès le départ, y compris la sécurité, la qualité, le coût et l'élimination (Fig. 1). Boeing a été l'une des premières grandes entreprises de fabrication à utiliser CE dans le développement du Boeing 777, utilisant largement des outils de conception et d'ingénierie assistées par ordinateur (CAO/CAE) à cette fin.

Il a été avancé que CE pourrait bénéficier de l'abandon d'une structure de fabrication basée sur la fonction vers une approche basée sur l'équipe. Dernièrement, cependant, les entreprises ont adopté une approche hybride : elles maintiennent des unités commerciales basées sur les produits ainsi que des unités fonctionnelles composées de personnes hautement qualifiées qui travaillent (et aident) dans toutes les unités commerciales des produits. Dans ce contexte, les entreprises basées sur CE (1) utilisent des outils CAO/CAE pour l'analyse des concepts de conception et leur communication efficace aux autres, (2) emploient des personnes spécialisées mais qui peuvent travailler en équipe, (3) permettre aux équipes d'avoir de larges adhésions mais aussi un haut degré d'autonomie, (4) encourager leurs équipes à suivre des processus de conception structurés et disciplinés (mais parallèles), et enfin (5) revoir l'avancement des conceptions via des jalons, des livrables, et le coût.

La liste partielle suivante des directives de conception simultanées sera abordée plus en détail dans [Type. 3](#), où différentes méthodologies de conception de produits sont présentées.

La phase de conception conceptuelle devrait recevoir les commentaires des individus avec des parcours divers (mais complémentaires).

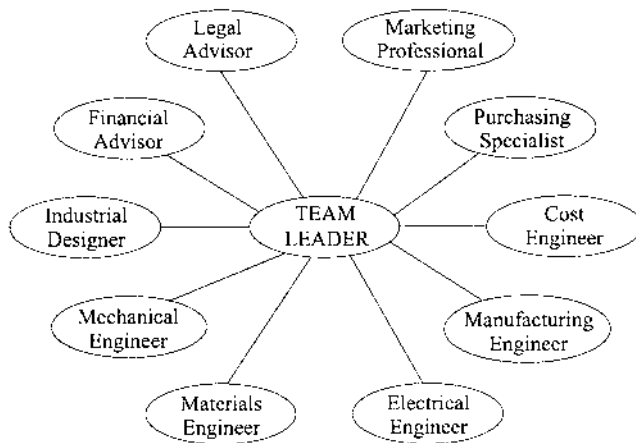


FIGURE1 Exemple de structure d'équipe de développement de produits.

Les décisions irréversibles doivent être retardées autant que possible, si elles ne peuvent tout à fait être évitées.

Les conceptions doivent permettre une "amélioration continue" basée sur le potentiel commentaires futurs.

Les caractéristiques du produit doivent être analysées en ce qui concerne la fabricabilité, l'assemblage et les facteurs humains.

La modularité, la standardisation et l'interchangeabilité des produits doivent être maximisés là où c'est rentable.

Les paramètres du produit doivent être conçus en prévision des imperfections d'usage—"conception pour la robustesse."

Les processus de production doivent être finalisés en même temps que le produit sélection de conception.

Les plans et les capacités de production doivent être synchronisés avec les efforts de marketing et viser des délais courts (pour la livraison).

2.2 PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT DES CONCEPTS

Le design conceptuel englobe de nombreuses activités menées par des personnes d'horizons divers dans le but ultime d'un lancement de produit rentable. Les concepteurs industriels et les ingénieurs facteurs humains sont normalement impliqués à ce stade de la conception (conceptuelle) et du prototypage préliminaire afin de fournir une contribution opportune à l'équipe de conception du produit. La première étape de ce processus est l'identification des besoins du client et la seconde est la génération et la sélection du concept.

Le processus d'identification des besoins des clients doit être effectué sans tenter de développer des spécifications de produits. Ce dernier ne peut être décidé qu'une fois qu'un concept a été choisi et préalablement testé pour être technologiquement faisable et économiquement viable. La collecte de données utiles auprès du client peut inclure des entretiens avec un groupe sélectionné (représentatif) afin d'identifier toutes ses exigences, de préférence dans un ordre classé. Naturellement, l'identification des besoins est un processus itératif qui implique de revenir au « groupe de discussion » avec plus de questions suite à l'analyse des données recueillies précédemment.

La génération du concept suit l'étape d'identification des besoins du client et de développement de certaines spécifications fonctionnelles (cibles) basées sur l'expérience et le savoir-faire des membres de l'équipe de conception du produit. Comme il sera discuté dans [Type 3](#), on s'attend à ce que l'équipe suive une (ou un mélange) des méthodologies de conception développées au cours des trois dernières décennies afin de décomposer le problème en ses parties gérables et de fournir des solutions découplées. En supposant que le problème de conception de produit à résoudre est

un type d'innovation incrémentale, les membres de l'équipe sont censés rechercher des « indices » dans des produits, technologies et outils similaires existants. À ce stade, il est naturel de développer (de manière illimitée) autant de concepts que possible et ne pas rejeter d'idées—"brainstorming". Cette étape peut toutefois être conclue par un examen méthodique de toutes les données/idées/propositions afin de réduire le champ des options à quelques alternatives de conception conceptuelle. [Figure 2](#) montre deux modèles de scooter alternatifs brevetés aux États-Unis, les brevets US D438,911 S et US D433,718.

Le processus final de sélection du concept « gagnant » est une étape critique dans la conception du produit et n'implique pas nécessairement le rejet de tous au profit d'un seul. Cette étape recherche une contribution plus large des ingénieurs de fabrication et des (futurs) membres du groupe de support produit afin de classer toutes les propositions (ou même les sous-systèmes dans chaque proposition). Un prototypage préliminaire (physique ou virtuel) peut être nécessaire afin de consulter des clients potentiels et d'évaluer l'utilisabilité (ou même la qualité) du concept de conception de produit sélectionné.

Comme discuté dans [Type. 1](#), l'entreprise manufacturière multinationale du futur devra développer et concevoir des produits pour les marchés mondiaux. Plusieurs questions clés devront être abordées à cet égard : conceptions industrielles pour différents marchés et cultures nationaux, conceptions ergonomiques pour différentes populations et segments de ces populations, et utilisation de concepts de conception modulaires pour rester compétitifs sur plusieurs marchés nationaux.

2.3 CONCEPTION INDUSTRIELLE

L'Industrial Designers Society of America (IDSA) définit le design industriel comme "le service professionnel de création et de développement de concepts et de spécifications qui optimisent la fonction, la valeur et l'apparence des produits et des systèmes pour le bénéfice mutuel de l'utilisateur et du fabricant". Les objectifs suivants ont été communément acceptés par la communauté du design industriel :

Apparence: La forme, le style et les couleurs du produit doivent transmettre une sensation agréable pour l'utilisateur.

Les facteurs humains: La conception ergonomique et d'interface humaine du produit doit faciliter son utilisation en toute sécurité. Entretien: Les caractéristiques de conception ne doivent pas entraver la maintenance et réparation.

D'autres facteurs importants incluent la minimisation des coûts de fabrication grâce à l'utilisation de matériaux appropriés et de caractéristiques de forme faciles à produire. La plupart des entreprises préféreraient également véhiculer une identité d'entreprise facilement reconnaissable par le client, à travers la conception du produit.

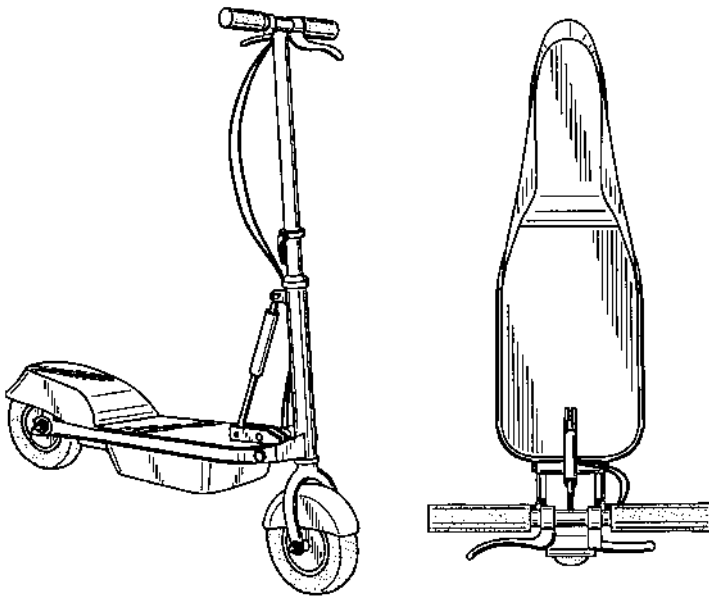
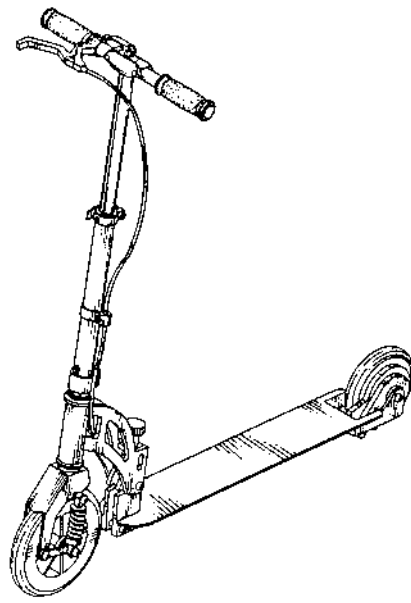


FIGURE2Conceptions de scooters.

2.3.1 Historique du dessin industriel

Les débuts du design industriel remontent au début de la production de masse d'articles ménagers (en particulier d'automobiles) au début des années 1900. Alors que la plupart des designers européens de l'époque étaient issus des rangs des ingénieurs, leurs homologues américains étaient principalement des personnes ayant une formation artistique, y compris des spécialistes du marketing. Ce dernier groupe a préconisé l'utilisation de caractéristiques non fonctionnelles à l'extérieur du produit pour un attrait maximal en mettant peu l'accent sur l'intérieur du produit. Ainsi, alors que les produits européens étaient simples, précis et économiques, les produits américains étaient colorés et élégants (conçus de manière aérodynamique, même lorsque les caractéristiques aérodynamiques étaient totalement non fonctionnelles, par exemple sur les meubles et les réfrigérateurs)(Figure 3).

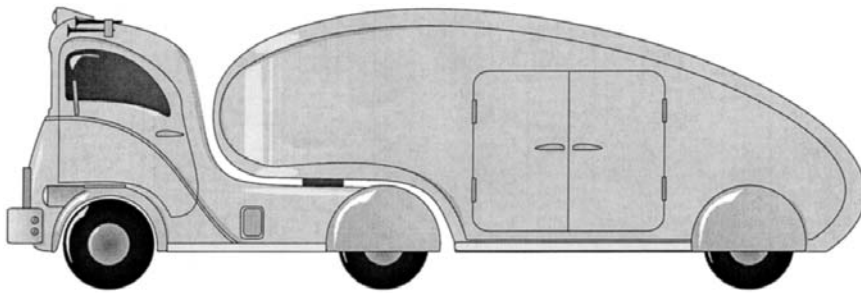
Aux États-Unis, l'utilisation du design industriel dans l'industrie automobile a commencé vers 1924 ou 1925 et était due aux efforts personnels du directeur de GM, AP Sloan. Sloan a insisté sur le style et les variations de couleur des voitures GM, qui rivalisaient à l'époque avec le modèle unique de Ford. Pendant un certain temps, la couleur a été la réponse à la demande de beauté du public américain. Vers 1926, le marché a été inondé de produits colorés (automobiles et autres produits ménagers et de bureau), y compris les machines à écrire à succès Corona.

À la fin des années 1920, les grands fabricants ont commencé à embaucher des designers et à créer des départements appropriés au sein de leurs entreprises, bien qu'en parallèle de nombreux designers aient formé des sociétés de conseil et conservé leur indépendance. Ce dernier groupe, cependant, a consacré la plupart de ses efforts à la conception de l'emballage. Le début des années 1930 a vu la naissance de la rationalisation, qui utilisait des lignes horizontales larges, des coins arrondis et un mouvement projeté sans frottement, pour la conception de nombreux produits différents (chaises, réfrigérateurs, voitures, etc.). Le nombre de designers industriels aux États-Unis est passé de 5 500 en 1931 à 9 500 en 1936, le design industriel devenant une pratique standard (acceptée) parmi les fabricants.

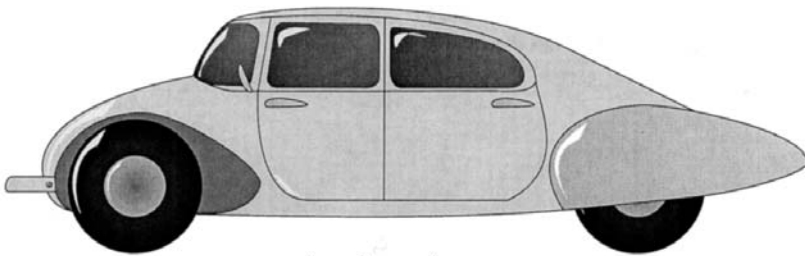
Naturellement, les tendances du design industriel ont été rapidement alignées sur l'ingénierie, car la plupart des concepteurs sont devenus des membres internes d'équipes de conception plus importantes dans les entreprises manufacturières. Par conséquent, aujourd'hui, les designers industriels participent activement à l'étape de conception du produit au lieu d'être simplement consultés à des fins de commercialisation une fois que le produit a atteint l'étape de préfabrication.

2.3.2 Processus de conception industrielle

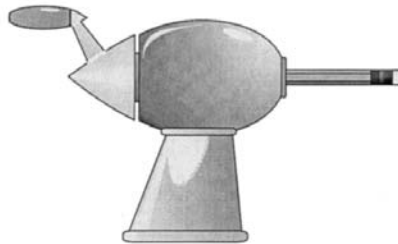
L'intensité du design industriel dans le développement d'un produit est directement fonction de son utilisation future, c'est-à-dire des caractéristiques du client.



Aerodynamic truck



Aerodynamic car



Aerodynamic pencil sharpener

FIGURE3 Conception aérodynamique.

Une imprimante à jet d'encre, un photocopieur de bureau et un tour nécessitent tous des accents différents sur l'importance de certaines caractéristiques de conception. Un photocopieur de bureau doit permettre aux utilisateurs de comprendre ses caractéristiques de fonctionnement avec un minimum d'effort mental, mais doit également être conçu pour être facile à entretenir par le personnel de service. Les utilisateurs d'un tour, cependant, doivent être bien qualifiés pour utiliser les machines, dont la préoccupation primordiale est la sécurité et bien sûr la facilité des tâches de maintenance quotidiennes. Les appareils électroménagers devraient avoir un attrait esthétique et véhiculer une certaine identité de marque.

En tant que membre essentiel de l'équipe globale de conception de produits, la première tâche d'un designer industriel est l'évaluation des besoins des clients pendant la phase de développement du concept. Les concepteurs industriels doivent avoir les compétences nécessaires pour interroger les clients et rechercher le marché afin d'identifier clairement les besoins et de les communiquer aux ingénieurs. Lors de la phase de génération du concept, ils se concentrent sur la forme et les interfaces humaines du produit, tandis que les ingénieurs sont principalement préoccupés par les exigences fonctionnelles. Ayant une formation artistique, les designers industriels peuvent également adopter une approche pratique en générant des modèles de prototypes alternatifs pour transmettre la forme et les exigences esthétiques.

Une fois que le champ des alternatives de conception a été réduit, les designers industriels retournent à leurs interactions avec les clients pour collecter des informations vitales sur les points de vue et les préférences des clients concernant les concepts individuels. Aux étapes finales du processus de conception industrielle, le rôle des ingénieurs concepteurs peut varier de la sélection effective de la conception gagnante et de la dictée des conditions de fabrication (principalement pour les produits de consommation, tels que les téléphones, les montres-bracelets et les meubles) à la simple participation à l'effort de marketing (principalement pour les produits utilisés par les fabricants, tels que les tours, les presses et les robots).

2.4 FACTEURS HUMAINS DANS LA CONCEPTION

Les interactions entre les personnes et les produits peuvent être classées en trois catégories : occuper un espace commun, agir comme source de puissance d'entrée et agir comme contrôleur de surveillance. Les facteurs humains doivent être pris en compte pour chaque interaction possible, qu'il s'agisse simplement du fonctionnement du produit ou de sa fabrication. Les concepteurs doivent analyser leurs produits pour évaluer les dangers, de préférence pour leur élimination ultérieure et, lorsque cela est impossible, pour les éviter. Les dangers suivants ont pu être notés dans la plupart des systèmes mécaniques : cinématiques (pièces mobiles), électriques, énergétiques (potentiel, cinématique et thermique), facteurs ergonomiques/humains (interface homme-machine) et environnementaux (bruit, produits chimiques et rayonnement).

La sécurité de la personne et la qualité du produit sont les deux préoccupations primordiales. Comme indiqué ci-dessus, si un danger ne peut être éliminé par la conception,

les utilisateurs humains du produit doivent disposer d'une défense suffisante pour éviter les dangers et d'un retour clair, via des panneaux, des instructions ou des capteurs d'avertissement, pour indiquer le potentiel d'un danger futur.

Parmi les trois mentionnés ci-dessus, pour les interactions du premier type (c'est-à-dire occupant la même place), les concepteurs doivent analyser attentivement les données statistiques disponibles sur les métriques humaines (données anthropométriques) afin de déterminer les dimensions optimales du produit et de décider où introduire reconfigurabilité (par exemple, différentes positions de siège d'auto). L'entreprise multinationale qui vise à être compétitive sur différents marchés nationaux doit tenir compte de cette variabilité paramétrique dans sa conception.

Les gens interagissent souvent avec leur environnement par le toucher : ils doivent appliquer une force pour ouvrir une portière de voiture, tordre un bouchon de bouteille ou transporter des boîtes ou des pièces dans l'atelier. Comme pour les mesures humaines disponibles pour la taille, le poids, la portée, etc., il existe également des données empiriques sur la capacité des personnes à appliquer des forces alors qu'elles ont des postures différentes. La sécurité est également une préoccupation majeure ici. Les produits et les processus doivent être conçus de manière ergonomique afin d'éviter des blessures inutiles au corps humain, en particulier dans le cas d'opérateurs qui effectuent des tâches répétitives.

Le contrôle de supervision des machines et des systèmes est l'interaction homme/machine la plus courante. Dans de tels environnements, les personnes surveillent les activités en cours de la machine grâce à leurs sens et exercent un contrôle de supervision (si nécessaire) en fonction de leurs décisions. (On estime que 80 % des interactions humaines avec l'environnement sont visuelles. L'ouïe est le deuxième sens le plus important pour la collecte d'informations.) Les problèmes de détection et de contrôle doivent donc d'abord être examinés individuellement. (Avec des progrès significatifs dans les technologies de détection artificielle et d'informatique, aujourd'hui, de nombreuses activités de contrôle de supervision sont effectuées par des systèmes mécaniques contrôlés par ordinateur lorsqu'elles sont économiquement viables, ou lorsque les personnes ne peuvent pas effectuer ces tâches efficacement, par exemple, l'atterrissage automatique des aéronefs.)

Ce qui suit ne sont que quelques problèmes représentatifs qu'un concepteur doit prendre en compte lors de la conception d'interfaces homme/machine (Fig. 4).

Affichage clair et sans ambiguïté des données sensorielles : Les affichages doivent être clair, visible et grand. Les affichages analogiques sont plus faciles pour une analyse rapide d'un phénomène, tandis que les affichages numériques fournissent des informations précises. De plus, nous devons noter que (1) le nombre de couleurs facilement distinguables par l'œil humain est inférieur à dix, (2) le champ visuel s'étend sur 130° verticalement et environ 200° horizontalement, (3) il faut environ une demi-seconde pour changer de mise au point, (4) la vitesse et l'accélération d'un objet en mouvement réduisent considérablement son positionnement précis, (5) la plage d'audition se situe entre 20 et 20 000 Hz, et (6) le bruit au-dessus de 120 dB (par exemple, généré par un jet

Overheated Car Engine



First, the needle on the temperature monitor points within the red section.



If the car is not subsequently stopped, a red light flashes.



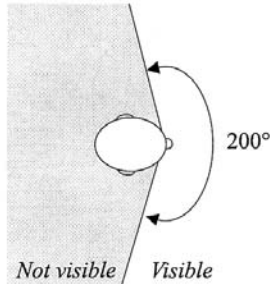
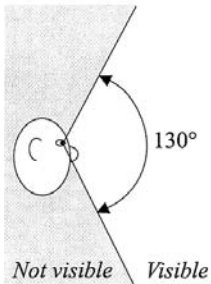
If the car still is not stopped, a buzzer sounds.

Elevator Buttons



Use of buttons in an ascending order allows for intuitive access.

Field of vision



Constraining of task

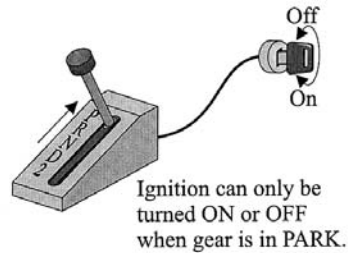


FIGURE 4 Problèmes liés aux facteurs humains.

avion) causerait de l'inconfort s'il était écouté pendant plus de quelques minutes.

Simplification et contrainte des tâches : Les opérations de contrôle doivent impliquer un minimum d'actions. Lorsque la possibilité d'actions incorrectes existe, elles doivent être évitées par une conception intelligente. Emplacement approprié des périphériques d'entrée : Les dispositifs de commande, tels que les leviers et boutons, doivent être placés pour un accès intuitif et être faciles à remarquer et à différencier.

Retour d'expérience sur les actions de contrôle : L'opérateur doit être fourni avec un retour clair (lumineux ou sonore) en réponse à une action de contrôle entreprise, en particulier en prévision d'actions indésirables (lorsque celles-ci ne peuvent pas être empêchées physiquement).

Afin de faire face aux urgences, nous devons également être conscients des limites de traitement de l'information des opérateurs humains. Comme prévu, l'efficacité du traitement de l'information des personnes est considérablement dégradée lors de l'exécution de tâches répétitives et ennuyeuses. La fatigue générale et le stress personnel dégradent davantage cette efficacité. L'opérateur humain est limité dans le rappel de mémoire d'une tâche à effectuer dans la très courte période de temps suivante. Ce phénomène est encore compliqué si l'opération nécessaire nécessite plusieurs sous-tâches. Ainsi, aux urgences, les personnes réagissent selon des actions stéréotypées attendues. Par exemple, ils s'attendent à une lecture accrue avec un affichage à cadran dans le sens des aiguilles d'une montre, poussent un interrupteur vers le haut pour " marche " et appuient sur une pédale de frein pour s'arrêter.

2.5 CONCEPTION CONCEPTUELLE

Les projets de conception peuvent être classés en gros comme (1) faire varier un produit en modifiant un ou plusieurs de ses paramètres, mais en maintenant sa fonctionnalité et ses performances globales, (2) reconcevoir un produit en améliorant ses performances, un grand nombre de ses caractéristiques, et /ou sa qualité, (3) développement d'un nouveau produit, dont le processus de développement (conception et matériaux) est affecté par le niveau de production attendu (lot versus gros volume), et (4) conception sur commande d'un produit. Quelle que soit la catégorie à laquelle appartient le projet, la première étape du processus de conception conceptuelle est la formulation du problème, suivie des phases de génération et d'évaluation du concept.

2.5.1 Formulation du problème

La formulation du problème ne doit pas être traitée comme une étape intuitive et triviale du processus de conception technique. On ne saurait trop insister sur cette étape d'identification des besoins d'un client, qui doit être menée avec beaucoup de soin. Étant donné que la conception doit apporter une solution optimale au problème posé, l'objectif et les contraintes du problème doivent être définis (de préférence de manière tangible). Considérons, par exemple, le développement du Walkman (portable) de Sony, où l'objectif global aurait pu être énoncé comme suit : "Fournir aux individus un appareil capable de rejouer de la musique enregistrée sur bande/CD, pendant qu'ils sont mobiles, avec une source d'alimentation de poche et en mode d'écoute privé." D'un point de vue technique, il existerait plusieurs objectifs (qui pourraient être interreliés) pour satisfaire cet objectif global. L'unité doit avoir sa propre source d'alimentation (de préférence intégrée), fournir une connexion pour les écouteurs et, bien sûr, être abordable. Les contraintes typiques pour cet exemple de produit seraient la taille, le poids et la durabilité. (Naturellement, certains objectifs peuvent être formulés comme des égalités, c'est-à-dire des « impératifs », des contraintes).

La littérature technique nous fournit de nombreuses techniques empiriques et heuristiques pour analyser le problème à résoudre (tel que défini par le client) et relier les exigences du client aux paramètres de conception technique. Le développement de la fonction qualité (QFD) est une telle technique, d'abord développée au Japon, qui utilise une représentation graphique de ces relations (Fig. 5). Les principaux éléments du graphique QFD sont

Les exigences des clients: Une liste des caractéristiques de la conception comme expliqué par le client.

Exigences en matière d'ingénierie : Une liste générée par les ingénieurs de réponse aux exigences du client. La liste doit être aussi complète que possible.

Analyse comparative : Un processus de comparaison avec les produits similaires des concurrents. Objectifs d'ingénierie : Un ensemble de valeurs cibles pour l'ingénierie exigences.

Les besoins des clients sont normalement exprimés qualitativement ou en termes flous, alors que les caractéristiques techniques sont généralement quantitatives. Les ingénieurs sont amenés à déterminer les exigences fonctionnelles du produit qui influencent les besoins exprimés par le client. Ces exigences peuvent être qualitatives (une forme acceptable à la phase de conception) ou exprimées

		Engineering requirements							Benchmark (Competitor A)
		Self-powered	Size	Weight	Shape	Ease of operation	Ruggedness	Cost	
Customer requirements	Portable	X	X	X	X				W
	Reliable					X	X		M
	Appealing		X		X	X			W
	Inexpensive	X					X	X	S
		6 V		100 g				\$30	
		Engineering targets							

FIGURE 5 Un graphique QFD exemplaire pour le Walkman de Sony.

sous forme de plages (avec des limites extrêmes possibles), par exemple, "le coût doit être compris entre 35 \$ et 45 \$".

Les exigences fonctionnelles peuvent exprimer des objectifs et des contraintes dans les catégories suivantes : performances, forme (géométrique) et esthétique, environnement et cycle de vie, et fabricabilité. Les exigences de performance comprendraient des objectifs de sortie (débit, précision, fiabilité, etc.), la durée de vie du produit, la maintenance et la sécurité. Les exigences de forme font référence à l'espace physique, au poids et aux problèmes de conception industrielle. Les exigences de fabrication font référence à la détermination des méthodes de fabrication et d'assemblage qui doivent être employées pour une gamme de produits rentable.

Dans le graphique QFD présenté dans [Figure 5](#), la marque "X" indique l'existence d'une relation entre le client correspondant et les exigences d'ingénierie. Dans la colonne d'analyse comparative, "S" fait référence à une position concurrentielle forte, tandis que "M" et "W" font référence à des positions concurrentielles modérées et faibles, respectivement.

2.5.2 Génération de concepts

L'étape de conceptualisation de la conception peut bénéficier d'une pensée créative sans entrave combinée à une vaste connaissance des principes d'ingénierie et de l'état de l'art du marché de produits spécifique. La créativité n'est pas un processus (scientifiquement) bien compris, bien qu'il ait été étudié par de nombreux psychologues. Le modèle Creative Education Foundation proposé en 1976 comporte cinq étapes qui forment un processus séquentiel : (1) recherche des faits, (2) formulation du problème, (3) recherche d'idées (rétrécissement des idées vers des solutions réalisables), (4) évaluation et (5) constat d'acceptation (étape de préfabrication de la conception).

2.5.3 Évaluation des concepts

On peut apprécier la difficulté à laquelle une équipe de conception est confrontée dans la prise de décision, pendant la phase d'évaluation du concept, sans avoir les spécifications de conception technique pour comparer les concepts alternatifs. Quantifier les conceptions basées principalement sur des critères intangibles est la tâche à accomplir.

La méthode de sélection de concepts de Pugh, par exemple, évalue chaque concept par rapport à un « concept de référence » et le note (selon certains critères) comme étant meilleur (+), à peu près le même (S) ou médiocre (-) ([Tableau 1](#)). Le processus d'évaluation commence par le choix des critères en fonction des exigences techniques (telles qu'énumérées dans le tableau QFD) ou, si celles-ci sont sous-développées, en fonction des exigences du client. Les critères peuvent être classés sans tenter d'attribuer des pondérations spécifiques. L'étape suivante consisterait à choisir un concept de référence (de préférence le « meilleur » concept perçu). L'étape d'évaluation du processus nécessite alors la comparaison de chaque

	Réf. Concept	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Notion 4
Critère 1	D	+	-	-	S
Critère 2	UN	S	+	-	-
Critère 3	J	+	-	S	-
Critère 4	tu M	-	S	+	-
Un (+)		2	1	1	0
UN (-)		1	2	2	3
UN (S)		1	1	1	1

concept à la référence selon les critères choisis par l'équipe produit et l'attribution de la note correspondante (+, S, ou -). Sur la base des notes attribuées, on classe tous les concepts et on redéfinit le concept de référence comme le meilleur parmi les classés. (Par exemple, dans le tableau 1, au stade de comparaison indiqué, le concept 1 pourrait être choisi comme prochain concept de référence.) La procédure serait ensuite répétée avec le nouveau concept de référence comme nouveau concept de comparaison et arrêtée, éventuellement, si la répétition des évaluations donnent le même concept de référence. À ce moment-là, l'équipe de conception peut simplement décider de procéder avec un ou avec les meilleurs concepts à la prochaine étape de conception du produit.

2.6 CONCEPTION MODULAIRE DU PRODUIT

Selon la définition d'Ulrich et Eppinger, "l'architecture du produit est l'affectation des éléments fonctionnels individuels (tâches/exigences) d'un produit aux blocs de construction physiques (clusters) du produit". Les éléments fonctionnels d'un produit font référence aux sous-tâches spécifiques qu'un produit effectuerait (par exemple, l'alimentation du papier dans une imprimante), tandis que les blocs de construction physiques sont les groupes de composants qui permettent la mise en œuvre de ces fonctions (par exemple, l'alimentation du papier étant réalisée via un ensemble de rouleaux et un sous-ensemble moteur dans une imprimante). Dans une conception de produit modulaire, les clusters implémentent des fonctions dans leur intégralité indépendamment, alors que dans une conception intégrale, une fonction peut être implémentée en utilisant plus d'un cluster (physique).

La normalisation a longtemps été une mesure de réduction des coûts, normalement mise en œuvre au niveau des composants pour les conceptions intégrales. La conception de produits modulaires élève la normalisation au niveau des éléments fonctionnels, où ils peuvent être utilisés dans différents modèles de produits pour exécuter les mêmes fonctions, permettre un remplacement facile et fournir une capacité d'extension (complémentaire). On peut

concluent que la modularité (conception) du produit est une étape nécessaire pour obtenir une flexibilité tactique dans un environnement de fabrication et offrir aux clients une variété économiquement viable (Sec. 1.4).

2.6.1 Niveaux de modularité

Il existe six niveaux de modularité(Fig. 6):

Partage de composants :Il s'agit du niveau de normalisation le plus bas : les mêmes composants (par exemple, les moteurs et les embrayages) sont utilisés dans de nombreux produits (qui peuvent être de conception modulaire ou intégrée). Échange

de composants :Il s'agit d'un composant partageant la modularité approche construite autour d'un seul produit de base. Un grand nombre de variantes peuvent être présentées aux clients (approchant presque une gamme de produits unique en son genre). La famille de montres Swatch en est un exemple typique.

Coupe à la taille :Il s'agit d'une variabilité de conception paramétrique obtenue par izing un petit nombre de caractéristiques géométriques sur le produit. Dans les années 1990, Matsushita au Japon fournissait aux clients des vélos personnalisés avec un calendrier de livraison de deux semaines une fois la commande reçue du magasin « fitting ».

Mélange:Le produit est simplement un mélange de composants, dans lequel les composants perdent leur identité dans le produit final. Un domaine d'application exemplaire pourrait être le mélange de produits chimiques selon une recette.

Paramétrage du bus :Semblable au mélange, un mélange de composants est assemblés sur un bus/carte/plate-forme "mère". Les exemples typiques incluent les ordinateurs et les automobiles. Naturellement, la modularité ne peut être obtenue que par une conception flexible du bus.

En coupe:C'est le niveau ultime de modularité, où le produit l'architecture est elle-même reconfigurable (au lieu d'être fixe). Les modules individuels sont configurés pour produire différents produits. L'exemple le plus courant est la reconfiguration de modules logiciels pour produire différents programmes d'application.

2.6.2 Processus de conception modulaire

Une procédure en trois étapes a été couramment proposée pour développer une architecture de produit modulaire :

1. Créez une représentation schématique du produit, qui comprendrait normalement un ensemble d'objectifs fonctionnels par opposition à des blocs de construction physiques (ou leurs composants).

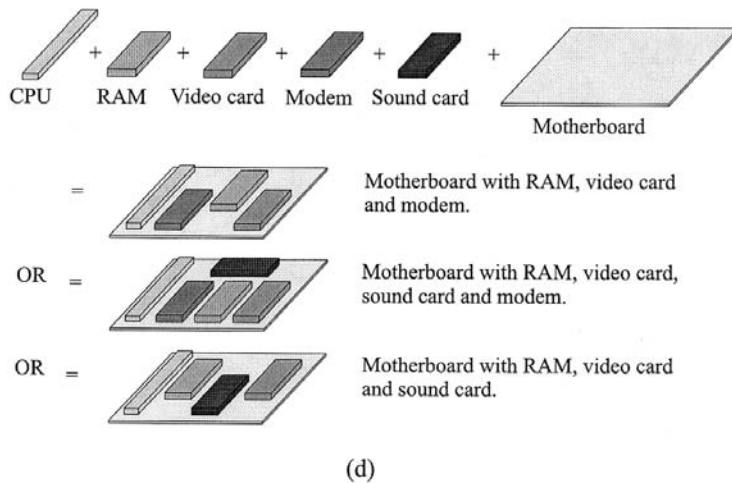
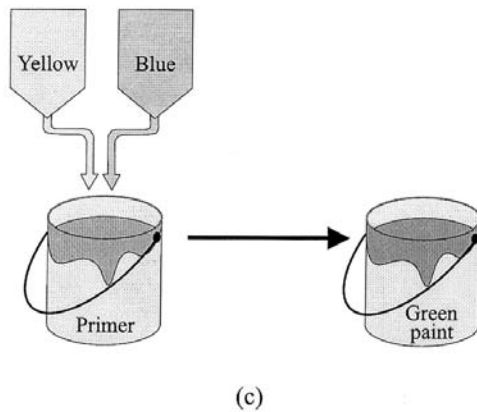


FIGURE6 (c) Mélange ; (d) modularité de la configuration du bus.

grappes, où

possible. À ce stade, le concepteur peut prendre en compte des problèmes tels que les relations physiques (et la proximité) entre les composants, le potentiel de normalisation et même la capacité des fournisseurs à fournir des clusters.

3. Créer une disposition géométrique approximative du produit afin d'évaluer la faisabilité opérationnelle par l'analyse des interactions entre les clusters, ainsi que la faisabilité de la production et de l'assemblage tout en maintenant un haut degré de qualité et de viabilité économique.

2.7 PERSONNALISATION DE MASSE VIA LA MODULARITÉ DU PRODUIT

La production de masse adoptée au début du XXe siècle était basée sur les principes des pièces interchangeables, des machines spécialisées et de la division du travail. L'accent était principalement mis sur l'amélioration de la productivité grâce à l'innovation des procédés. L'objectif principal était de réduire les coûts et donc de provoquer une augmentation de la demande. La plupart des grandes entreprises ont ignoré les marchés de niche et les désirs des clients, les laissant aux petites entreprises. Ce paradigme de gestion de la fabrication a commencé à desserrer son emprise sur la plupart des industries de consommation vers les années 1960 et 1970 en réponse au développement des pressions de la concurrence mondiale. Un changement de paradigme vers la personnalisation s'est opéré à la fin des années 1980 dans plusieurs industries, naturellement, à différents niveaux. L'objectif a été fixé comme "variété et personnalisation grâce à la flexibilité et à la réactivité rapide".

Les principales caractéristiques du marché actuel sont (1) une demande fragmentée (les niches sont le marché) (2) un faible coût et une qualité élevée (les clients exigent des produits de haute qualité, sans rapport direct avec le coût du produit), (3) cycles de développement de produits courts et (4) cycles de produits courts. Le résultat est une demande moindre pour un produit spécifique, mais une demande accrue pour l'ensemble de la famille de produits de l'entreprise, dont la stratégie consiste à développer, produire, commercialiser et livrer des produits abordables avec suffisamment de variété et de personnalisation pour que presque tout le monde achète le produit souhaité.

La principale condition préalable (fondamentale) pour parvenir à une personnalisation de masse peut être notée comme ayant des produits personnalisables avec des composants modularisés. Des exemples de produits personnalisables (reconfigurables) incluent le rasoir électrique Flex-Control de Braun, qui s'adapte automatiquement au profil facial de l'utilisateur, les chaussures Pump de Reebok qui peuvent être pompées (à l'air) pour un meilleur ajustement (semblables aux moulages "amovibles" personnalisables pour fractures du pied), et enfin les ordinateurs personnels de Dell, personnalisés par l'acheteur et assemblés spécialement pour lui. Dans ce contexte, la standardisation pour la personnalisation est un outil concurrentiel pour les entreprises commercialisant plusieurs produits connexes, comme la gamme d'outils électriques de Black & Decker, qui utilisent un ensemble commun de sous-ensembles standardisés (grappes, modules, etc.).

Les principales étapes de la conception d'un produit personnalisable en masse sont

1. Identification des besoins clients : Cette étape est similaire à toute étape de conception de produit (concept), à l'exception de l'identification des différences personnelles potentielles dans les exigences pour une exigence fonctionnelle globale commune pour le produit.
2. Développer des notions : Les concepts (alternatives) doivent être développés et comparés avec un accent particulier pour permettre la modularité

dans la conception technique finale. (Les méthodes QFD et Pugh doivent être utilisées.)

- 3.Modularisation du concept choisi :Le concept de conception choisi doit être évalué et modifié de manière itérative avec l'objectif de modularisation (c.-à-d., personnalisation de masse) et s'intégrer dans la plus grande famille de produits, avec laquelle la conception proposée partagera des modules.

REVOIR LES QUESTIONS

- 1.Définir l'ingénierie simultanée (CE) et discuter de sa mise en œuvre pratique dans les entreprises manufacturières.
 - 2.Discutez de la directive de conception CE "conception pour la robustesse."
 - 3.Discuter des techniques pour accroître l'efficacité du processus d'identification des besoins des clients.
 - 4.Discuter du rôle du design industriel dans le développement de produits d'ingénierie. Faut-il consulter les designers industriels avant, pendant ou après la conception d'un produit et la finalisation de ses plans de fabrication ?
 - 5.Discutez de certaines des questions importantes auxquelles un ingénieur facteur humain doit faire face pour la conception de produits/systèmes qui permettent une interface homme/machine efficace pour le contrôle de supervision, la maintenance, etc.
 - 6.Comment la méthode de développement de la fonction qualité (QFD) peut-elle être utilisée pour relier les exigences des clients aux paramètres de conception technique ?
 - 7.L'étape de conceptualisation de la conception peut bénéficier d'une pensée créative décomplexée, menant éventuellement à plusieurs concepts pour la solution du problème à résoudre. Discutez de la méthode de sélection de concepts de Pugh et des difficultés qui y sont associées.
 - 8.Définir la modularité du produit et la comparer à la standardisation. Fournissez plusieurs exemples dans votre discussion, tout en classant leur niveau de modularité.
 - 9.Discutez de la modularité des produits logiciels par rapport aux produits matériels dans l'industrie informatique.
- dix.Quelle est la principale exigence de conception de produit pour la personnalisation de masse ?

QUESTIONS DE DISCUSSION

- 1.La plupart des produits d'ingénierie sont basés sur une conception innovante, plutôt que sur des inventions fondamentales. Ils sont développés en réponse à une demande client commune, rendue possible par de nouveaux matériaux et/ou technologies. Examiner le développement d'un produit récemment commercialisé qui convient

la description ci-dessus depuis sa conception, jusqu'à sa fabrication et sa commercialisation : par exemple, lecteurs de CD portables (de type Walkman personnel), téléphones portables sans fil, fours à micro-ondes, etc.

2. Une stratégie de fabrication courante préconise d'attribuer la responsabilité d'un produit à une équipe. Cette équipe conçoit le produit, planifie sa fabrication et en reste responsable jusqu'à ce que le produit atteigne sa maturité tout en assurant le support client. L'équipe peut augmenter ou réduire ses effectifs au cours du cycle de vie du produit. Discutez de cette stratégie par rapport à une stratégie compartimentée, où différents groupes de personnes assumeraient la responsabilité du produit pendant les différentes périodes de son cycle de vie sans maintenir une continuité tangible.
3. Discutez du rôle des ordinateurs dans les différentes étapes du processus de conception (itératif) : développement du concept, synthèse et analyse.
4. La qualité marchande des produits est un facteur important dans la conception et la fabrication subséquente des produits de consommation. Les efforts de marketing se concentrent souvent sur la mise en évidence des caractéristiques de conception non fonctionnelles et agréables à l'œil des produits dans leur promotion. Discutez de la question de l'incorporation de telles caractéristiques (par rapport aux caractéristiques fonctionnelles) dans les conceptions de produits dans le contexte de leur impact sur la fabrication des produits. Incluez des produits et des caractéristiques spécifiques dans votre discussion, tels que les meubles par rapport aux réfrigérateurs par rapport aux voitures de tourisme et la géométrie aérodynamique par rapport aux couleurs par rapport à l'emballage (c'est-à-dire l'extérieur des produits).
5. Les produits peuvent être conçus pour des gammes d'anthropométrie spécifiques, pour une démographie ciblée, selon deux modes distincts : (1) ceux qui permettent une reconfiguration via des changements incrémentiels continus et/ou discrets, voire via la modularité de certains sous-composants, ou (2) ceux qui permettent ont déjà été fabriqués dans différentes dimensions, etc., pour différentes anthropométries des clients. Discutez de ces modes de conception en termes de difficultés de fabrication, de durabilité, de sécurité, de coût, de réponse du client, etc. Dans votre discussion, incluez des produits/caractéristiques spécifiques, par exemple des sièges de voiture, des vélos, des écouteurs, des chaises de bureau, des vêtements personnels.
6. Les études sur les facteurs humains (FH) englobent une gamme de questions allant de l'ergonomie aux interfaces homme-machine (y compris homme-logiciel). Discutez du rôle de HF dans l'usine autonome du futur, où l'impact des opérateurs humains est considérablement réduit et l'accent passe de l'utilisation des machines à la supervision, à la planification et à la maintenance.
7. La fabrication flexible a souvent été proposée comme stratégie de production (tactique). Discutez si une telle stratégie peut être justifiée économiquement pour tous les produits. Dans le même contexte, discutez également des caractéristiques spécifiques du produit qui permettraient la personnalisation (par exemple, la géométrie, le matériau, le processus de fabrication, etc.), ce qui nécessite à son tour une fabrication

la flexibilité. Envisagez des produits tels que des meubles, des appareils électroménagers, des vélos et des vêtements personnels.

8. Discuter d'une stratégie de conception pour les produits multicomposants dont le support et la maintenance ne seraient pas affectés négativement par des variations importantes de la durée de vie de leurs composants individuels (c'est-à-dire de grandes variations au sein d'un même lot de composants). Dans votre discussion, supposez que ces variations se produiraient pour des raisons matérielles ou technologiques, telles que l'absence de machines capables de fournir des niveaux élevés de qualité en termes de durée de vie des composants, et qu'elles sont inévitables.
9. Discuter du concept d'augmentation progressive du coût des modifications à un produit au fur et à mesure qu'il passe de la phase de conception à la production complète et à la distribution. Comment pourriez-vous minimiser les modifications de conception nécessaires à un produit, en particulier pour ceux qui ont des cycles de développement très courts, tels que les appareils de communication portables ?

BIBLIOGRAPHIE

- Backhouse, Christopher J., Brookes, Naomi J., éd. (1996). *Ingénierie simultanée : Qu'est-ce qui fonctionne où*. Brookfield, Vermont : Gower.
- En ligne Burgess, John H. (1986). *Concevoir pour les humains : le facteur humain dans l'ingénierie*. Princeton, NJ : Petrocelli.
- Cohen, Lou (1995). *Déploiement de la fonction qualité : comment faire fonctionner QFD pour vous*. Reading, MA : Addison-Wesley.
- Dieter, George Ellwood (2000). *Conception technique : A Matériaux et transformation Approche*. New York : McGraw Hill.
- Ericsson, Anna, Erixon, Gunnar (1999). *Maîtriser les variantes de conception : produits modulaires Plates-formes de produits*. Dearborn, MI : Société des ingénieurs de fabrication.
- Quarante ans, Adrian (1986). *Objets de désir*. New York : Livres du Panthéon.
- Gu, P., Sosale, S. (1999). Modularisation des produits pour l'ingénierie du cycle de vie. *Journal de la robotique et de la fabrication intégrée par ordinateur* 15:387-401.
- Colline, Terry (2000). *Stratégie de fabrication : texte et cas*. Houndmills : Palgrave. En ligne.
- Hunter, Thomas A. (1992). *Conception technique pour la sécurité*. New York : McGraw Hill.
- Hyman, Barry I. (1998). *Principes fondamentaux de la conception technique*. Rivière Upper Saddle, NJ : Apprenti Hall.
- Lorenz, Christopher (1987). *La dimension design : la nouvelle arme compétitive pour le business*. Oxford : Blackwell.
- Meikle, Jeffrey L. (1979). *Twentieth Century Limited: Design industriel en Amérique*. Philadelphie : Temple University Press.
- Pahl, Gerhard, Beitz, W. (1996). *Conception technique : une approche systématique*. New York : Springer-Verlag.
- Pin, B. Joseph (1993). *Personnalisation de masse : la nouvelle frontière de la concurrence commerciale*. Boston : Harvard Business School Press.