

169757

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DAYANIKLI TÜKETİM MALLARI SEKTÖRÜNDE KALİTE FONKSİYONU  
YAYILIMI UYGULAMASI  
(APPLICATION DE DEPLOIEMENT DE LA FONCTION QUALITE A  
L'INDUSTRIE DES APPAREILS ELECTROMENAGERS)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kim.Müh. Burçak ÖZBAYRAKTAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Ocak 2005

Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Ocak 2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK *E. Karacak* 16/02/2005

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. H. Ziya ULUKAN *Z. Ulukan* 16/02/2005

Prof. Dr. V. Mehmet BOLAK

OCAK 2005

## **Préface**

L'idée fondamentale de déploiement de la fonction qualité est de traduire le souhait du client dans le langage du concepteur, de manière à concevoir et à réaliser en répondant précisément ce qu'on a demandé par le client. Le QFD est un outil de travail en équipe pluridisciplinaire qui permet à tous les intervenants de coordonner leurs efforts et leurs compétences pour la réalisation d'un produit ou d'un service. Pour produire le meilleur produit dans le monde, il faut que la voix du client déploie au processus de la production.

Dans ce mémoire, je vais présenter d'abord la théorie de QFD, les approches déjà apparues dans la littérature. Ensuite, je vais étudier la matrice principale de QFD appelé la maison de la qualité et je vais étudier un modèle sur la conception d'un lave-linge.

Tout d'abord, je voudrais remercier Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK pour avoir partagé toute sa connaissance et ses précieuses idées, pour m'avoir supporté et encouragé durant tout mon mémoire.

Je voudrais aussi remercier Atilla GÜNGÖR, Çağrı KARCI et Burak BORAY pour leur contribution à l'obtention des données, mes chères amies Işıl ŞANLI, Setenay ÇAKA pour leur contribution à la rédaction de ce mémoire ainsi que pour leur amitié, et mon fiancé Cenk HARPUTLUOĞLU pour son encouragement et son patience permanente.

Dernièrement, je voudrais remercier beaucoup ma famille, à qui je dédis ce mémoire, pour leur dévouement et pour leur patience pendant toute ma vie.

7 Janvier 2005

Burçak ÖZBAYRAKTAR

## **Table des Matières**

<b>Préface</b>	<b>ii</b>
<b>Table des Matières</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des Figures</b>	<b>v</b>
<b>Liste des Tableaux</b>	<b>vi</b>
<b>Résumé</b>	<b>vii</b>
<b>Özet</b>	<b>ix</b>
<b>1. L'introduction</b>	<b>1</b>
<b>2. L'idée fondamentale, le développement et les bénéfices de déploiement de la fonction qualité</b>	<b>3</b>
<b>2.1 L'idée fondamentale de déploiement de la fonction qualité</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Le développement de QFD</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1 Le développement de QFD au Japon</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2 Le développement de QFD aux Etats-Unis</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Le développement de QFD dans les autres pays</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Le modèle de Clausing</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Les bénéfices de QFD dans les organisations</b>	<b>8</b>
<b>2.4.1 La réduction des coûts</b>	<b>9</b>
<b>2.4.2 L'augmentation des revenus</b>	<b>10</b>
<b>2.4.3 La réduction du temps de cycle du développement</b>	<b>10</b>
<b>2.4.4 L'amélioration de l'organisation au nom de travail</b>	<b>11</b>
<b>3. Les études dans la littérature</b>	<b>12</b>
<b>4. La maison de la qualité</b>	<b>18</b>
<b>4.1 La voix du client</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1 L'interview des clients</b>	<b>20</b>
<b>4.1.2 La détermination des plaintes</b>	<b>20</b>

<b>4.1.3 La classification de la voix du client aux catégories majeures</b>	<b>20</b>
<b>4.2 La matrice de planification</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1 L'importance pour le client</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1.1 L'importance absolue</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1.2 L'importance relative</b>	<b>23</b>
<b>4.2.1.3 L'importance ordinale</b>	<b>23</b>
<b>4.2.2 La performance de satisfaction du client</b>	<b>23</b>
<b>4.2.3 La performance concurrentielle de satisfaction</b>	<b>24</b>
<b>4.2.4 L'objectif</b>	<b>24</b>
<b>4.2.5 Le point de ventes</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Les caractéristiques techniques</b>	<b>25</b>
<b>4.3.1 Les mesures de performance supérieure</b>	<b>25</b>
<b>4.3.1.1 La définition du système des mesures</b>	<b>26</b>
<b>4.3.1.2 La définition des mesures</b>	<b>26</b>
<b>4.3.2 Les fonctions du produit</b>	<b>26</b>
<b>4.4 Les relations des besoins du client avec des caractéristiques techniques</b>	<b>26</b>
<b>4.5 La matrice de corrélation des caractéristiques techniques</b>	<b>27</b>
<b>4.6 La matrice de corrélation des besoins du client</b>	<b>28</b>
<b>4.7 La matrice technique</b>	<b>28</b>
<b>4.7.1 Les priorités des caractéristiques techniques</b>	<b>28</b>
<b>4.7.2 Les comparaisons concurrentielles</b>	<b>28</b>
<b>4.7.3 Les objectifs</b>	<b>28</b>
<b>4.8 Les matrices supplémentaires de QFD</b>	<b>29</b>
<b>5. La méthodologie</b>	<b>32</b>
<b>6. L'application de QFD avec des données réelles au lave-linge</b>	<b>37</b>
<b>7. Conclusion</b>	<b>43</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>46</b>
<b>Appendice</b>	<b>49</b>
<b>Biographie</b>	<b>53</b>

## Liste des Figures

<b>Figure 2.1</b> Le modèle de Clausing	<b>8</b>
<b>Figure 4.1</b> La maison de la qualité	<b>18</b>
<b>Figure 4.2</b> Les matrices en corrélation	<b>29</b>
<b>Figure 6.1</b> La maison de la qualité du lave-linge	<b>39</b>
<b>Figure 6.2</b> L'importance technique absolue et relative calculés et ajoutés à la maison de la qualité du lave-linge	<b>40</b>
<b>Figure 6.3</b> La maison de la qualité du lave-linge révisée avec les données normalisées	<b>42</b>

## Liste des Tableaux

**Tableau 5.1** La matrice de relation de la voix du client  
et les caractéristiques techniques

**34**



## Résumé

La gestion de la qualité offre une variété de méthodes pour assurer l'amélioration de la qualité et la productivité. Le Déploiement de la Fonction Qualité (*Quality Function Deployment - QFD*) est l'une de ces méthodes client orienté structurée pour la planification et développement d'un produit ou d'un service. Fondamentalement, le déploiement de la fonction qualité est de déployer les attributs d'un produit ou d'un service désirés par le client dans tous les composants fonctionnels d'une organisation. Cette approche de qualité doit suivre le processus d'un produit ou d'un service dès le début jusqu'à l'obtention de qualité attendue par les clients. Le déploiement de la fonction qualité est un processus d'équipe pluridisciplinaire pour concevoir des produits ou des services améliorés ou nouveaux de manière à traduire les désires, les demandes, les besoins du client aux caractéristiques techniques. Les caractéristiques techniques se transforment au produit que le client veut acheter et consommer. Les besoins, les demandes, les désires s'appellent "la voix du client". La voix du client est traduite aux caractéristiques techniques à l'aide de la matrice d'analyse qui s'appelle "Maison de la Qualité". La maison de la qualité permet d'établir des liens entre les besoins du client et les propriétés techniques.

L'implémentation de QFD pour la conception d'un produit ou d'un service exige un investissement initial de ressources, les principales sont le temps, l'argent et le personnel. Contrairement, les méthodes traditionnelles demandent des dépenses commençant lentement et augmentant en faisant un pic. Le pic fournit des problèmes techniques et commerciales. Le QFD est une méthode qui élimine ce type de problèmes apparus pendant la conception jusqu'à la vente du produit ou service.

La méthode est appliquée à chaque étape du développement et de la production d'un produit ou d'un service. Les étapes sont les stratégies du marketing, la planification, la

conception d'un produit ou d'un service, l'ingénierie et la réalisation, la distribution et la vente, finalement le support après la vente. Le QFD donne l'opportunité à l'organisation de planifier en détail ce qui est nécessaire pour obtenir un produit. Ce sont la planification de développement de produit, la planification des pièces, la planification de processus, et la planification de production, respectivement. La maison de la qualité est la matrice principale qu'on pourrait définir comme la planification de développement de produit qui est le premier pas du modèle de Clausing.

Le concept de déploiement de qualité a été premièrement introduit aux dernières années 60 par un japonais Dr. Yoji Akao. Dès les années 80, le QFD est devenu populaire aux Etats-Unis, surtout dans des entreprises qui faisaient face à la concurrence japonaise. Le QFD s'est élargit dans plusieurs pays du monde aux différents continents. Il existe beaucoup d'applications nouvelles et exceptionnelles de QFD qui étaient expérimentées par les industries ou entreprises.

Dès le commencement de ce concept, les études faites dans la littérature sont consultées et résumées. L'une de ces études est prise comme la base principale du modèle qu'on a proposé pour la conception d'un lave-linge. L'approche principale permet de tenir compte les corrélations entre les caractéristiques techniques. Le modèle est présenté pour prendre la décision de quelle ou quelles caractéristiques techniques existeraient dans la production du lave-linge.



## Özet

Çağımızda serbest dolaşımınla güçlenen rekabet ortamı, şirketlerin piyasaya sundukları ürünlerde üretim öncesi tasarıma ve üretim esnasındaki koşullara ürünlerin satışından daha çok önem verir hale gelmesine ve bu konuda girişimlerde bulunmalarına yol açmıştır. Haklı rekabet ortamında ürünün kalitesi ve maliyeti ön plana çıkmaktadır. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren, belirtilen rekabet ortamında kaliteli ve hesaplı ürün piyasaya sürmek için şirketler çeşitli stratejiler geliştirmek durumunda kalmıştır. Bu tarihe kadar birçok şirket ve fabrika plansız ve stratejisiz hizmet ve ürün pazarlamaktaydı. Bu aşamada toplam kalite yönetimi yaklaşımı şirketlerin farklı yöntemler kullanarak kalite ve verimi yüksek ürün üretmesini ve hizmet sunmasını sağlamıştır. Kalite, ürün veya hizmetin tüm özellikleriyle istenen tüm gereksinimleri karşılaması anlamına gelmektedir. Kalite insan yaşamında büyük bir öneme sahiptir.

Kalite fonksiyonu yayılımı, toplam kalite yönetimi yaklaşımında yer alan yöntemlerden biridir. Kalite fonksiyonu yayılımı, esas olarak ürün ve hizmet geliştirme konusuna müşteri odaklı yaklaşan bir yöntemdir. Bu yöntem, ürün ve hizmetin geliştirilmeye başlamasından piyasaya müşteri beklentisini karşılayan ürün veya hizmetin sunulmasına kadar geçen bütün aşamaları dikkate alır. Kalite fonksiyonu yayılımı, müşterinin bir ürün veya hizmetten beklentilerini teknik özelliklere aktararak geliştirmeyi hedefler. Müşteri istek, gereksinim ve beklentileri tasarım aşamasından üretime kadar her aşamasıyla teknik özellik ve gereksinimlere dönüştürülerek daha kaliteli, hesaplı ve müşteri beklentisini karşılayan ürün veya hizmetlerin piyasaya sunulmasını sağlar. Bu aşamada, organizasyondaki tüm bölümlere ve bu farklı bölümlerde çalışan ve projede yer alan bütün çalışanlara ayrı ayrı görevler düşmekte ve bu görevlerin sağlıklı bir şekilde yerine getirilmesi için tüm bölümlerin uyum içerisinde hareket etmesi gerekmektedir. Kalite fonksiyonu yayılımının organizasyona sağladığı olumlu yönlerden biri, yukarıda bahsedilen disiplinlerarası bir takım çalışmasını mümkün

kılmasıdır. Kalite fonksiyonu yayılımı, geliştirme ve üretimin bütün aşamalarında uygulanmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla, pazarlama stratejileri geliştirme, müşteri beklentilerini araştırma ve anlama, planlama ve ürün veya hizmeti tasarlama, mühendislik ve gerçekleştirme, dağıtım, satış ve satış sonrası destek aşamalarıdır. Kalite fonksiyonu yayılımı, bu aşamaların hepsini detaylı olarak planlama olanağı sağlar.

Kalite fonksiyonu yayılımının, organizasyonlarda takım bilincini geliştirme ve iletişimi kolaylaştırmasına ek olarak, maliyetleri düşürerek verimi artırma, şirket kazancını artırma ve ürün geliştirme zamanını kısaltma olmak üzere 3 ana yararı daha bulunmaktadır.

Süreçleri iyileştirerek, kayıpları ve geri dönüşleri azaltarak, müşterinin beklentisini artırıcı ürün özelliklerini belirleyerek maliyetleri azaltır. Müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan en uygun ve hesaplı ürünün üretilmesini veya hizmetin gerçekleştirilmesini sağlar. Müşteri beklentilerini karşılamının yanında, müşteri beğenisini kazanacak ürünlerin tasarımını yaparak daha fazla ürün satılmasını sağlar, bu da şirket karını artırır. Tasarımın bütün detaylarının önceden hesaplanmasını sağladığından, düzeltici olmaktan çok koruyucu görev üstlenir. Tasarımda kullanılan unsurları ortak bir dile çevirerek, projede yer alan tüm bölümlerin daha kolay anlayabileceği ve geliştirebileceği bir çalışma ortamı sağlar.

Kalite fonksiyonu yayılımı tasarım sürecindeki çeşitli seviyelerde proje önceliklerini belirleyerek çalışılmasını, ürün ve hizmet geliştirilmesini sağlar.

Kalite fonksiyonu yayılımı kavramı, ilk olarak altmışlı senelerin sonunda japon araştırmacı Dr. Yoji Akao tarafından ortaya atılmıştır. Akao ve arkadaşları, yüksek kalitede ürün elde etmenin tasarım aşamasını geliştirerek ve teknik ekibin üretim sürecini başlangıcından itibaren tasarım aşamasında hazırlanan diyagramlar aracılığıyla kontrol edebilmelerini sağlayarak olabileceğinden yola çıkarak bu yöntemi geliştirmişlerdir.

80'li yılların başından itibaren, özellikle japon firmalarla rekabette olan amerikan firmaları tarafından Amerika'da kullanımı yayılmaya başlamıştır. Bu firmalardan bazıları; Ford, Procter & Gamble, IBM, Goodyear, Nokia, Baxter Hastane Ürünleri, NASA, Kodak, Ritz-Carlton oteller zinciri, Motorola olarak sayılabilir.

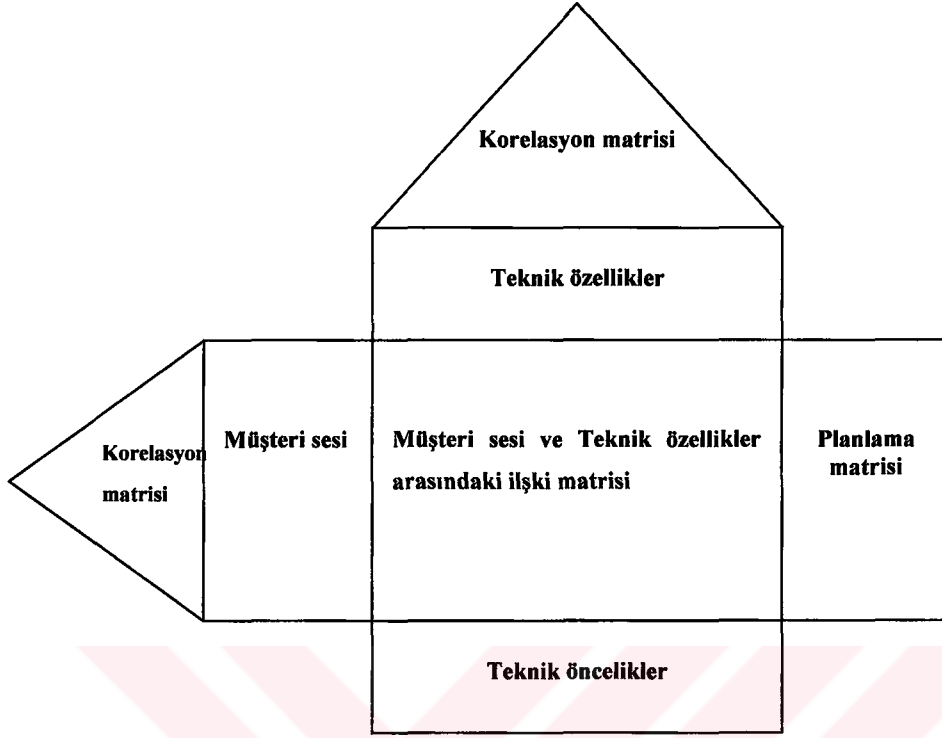
Kalite fonksiyonu yayılımı yönteminin, Japonya ve Amerika'da kullanımının yayılması diğer dünya ülkelerini de etkilemiştir. Avusturalya, Belçika, Brezilya, Almanya, İtalya, Türkiye, İngiltere, Malezya, Slovenya, Finlandiya, Hollanda gibi birçok dünya ülkesindeki bilim adamları tarafından araştırma ve uygulama konusu olarak çalışılmıştır.

Kalite fonksiyonu yayılımı kavramı ilk ortaya atıldığından bu yana çeşitli endüstri kollarında farklı alanlara uygulanmıştır. Uygulama alanları, ürün geliştirme veya tasarım, kalite yönetimi, müşteri beklentileri analizi, planlama, teknoloji yönetimi, takım çalışması olarak sıralanabilir. Uygulandığı endüstri kolları, otomotiv, elektronik, sağlık, eğitim, araştırma, muhasebe gibi hem üretim hem de hizmet sektöründe yer alan kollarıdır.

Literatürde yer alan çok sayıda araştırma incelenmiş ve kalite fonksiyonunun diğer analitik yöntemlerle ve günümüzde yeni yaklaşımlarla birlikte tekrar ele alındığı, uygulama alanlarının genişlediği ve yeni yaklaşımların geliştirilmesine olanak sağladığı gözlenmiştir.

Kalite fonksiyonu yayılımı metodu, bir veya birden fazla birbiri ile ilişkilendirilmiş matrislerin bir araya getirilmesi ile oluşturulur. Bu çok matrisli sistemle, "Müşteri beklentileri" (Ne'ler) uygun "Teknik Özelliklere" (Nasıl'lar) dönüştürülür. Bu çok matrisli sistemde ana matris "Kalite Evi" (Maison de la qualité) olarak adlandırılır.

Kalite evi, birbirine farklı şekillerde bağlı olan ve herbiri diğerleri ile ilişkili yedi ana bölümden oluşmaktadır. Kalite evinin genel yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kalite Evi

Müşteri istek, beklenti ve gereksinimlerine genel olarak “Müşteri sesi” denilmektedir. Müşteri sesi, yapılan pazar araştırmaları, anketleri, geçmiş dönemde yapılan şikayetler ve dosyaların incelenmesi sonucu belirlenir. Müşteri beklentileri ve gereksinimleri, herhangi bir yanlış anlaşılmaya sebebiyet vermemek için, kalite evinde müşterilerin kendi ifade şekilleriyle yer alır. Bunun yanında teknik özellikler teknik ekibin anlayacağı dilde geliştirilmeli ve ifade edilmeli, birbirini izleyen ürün ve hizmet tasarımları için temel oluşturmalıdır.

Kalite evinin çatısı, her bir çift teknik özellik arasındaki karşılıklı korelasyonu göstermektedir. Korelasyon matrisi, tasarlanan ürün veya hizmetin bir teknik özelliğindeki değişikliğin diğer teknik özellikleri nasıl etkileyeceğini ifade eder. Benzer mantıkla, her bir çift müşteri beklentisi arasındaki karşılıklı korelasyonu gösteren diğer bir matris de bulunmaktadır. İlişki matrisi, müşteri beklentilerinin diğer bir ifade ile müşteri sesinin teknik özelliklerle bağlantı derecesini göstermektedir. Planlama matrisi, rakip ürün veya hizmet özellikleri ile satış noktaları verilerini içermektedir. Teknik ekibin kendi ürünlerini her bir müşteri isteğine göre değerlendirerek rakip ürünlere veya

hizmetlere göre zayıf ve güçlü yönlerini ortaya çıkarmasını sağlar. Teknik öncelikler ise, teknik özelliklerin maliyeti, yaygınlaştırılabilirliği ve teknik zorluğu ile ilgili verileri ve tecrübeleri içerir.

Bu çalışmada, literatürde daha önceden geliştirilmiş bir doğrusal programlama modelinden yola çıkılarak, Türkiye'deki önemli bir beyaz eşya fabrikasının çamaşır makinesi bölümünden elde edilmiş gerçek tasarım verileri ile yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Beyaz eşya fabrikasında verilen kalite fonksiyonu yayılımı eğitimi sırasında çamaşır makinesi ve diğer bölüm katılımcıları tarafından ekip çalışması ile oluşturulmuş tasarım verileri kullanılmıştır. Model kurulmadan önce, verilerde herhangi bir tutarsızlığı önlemek için, veriler Lyman'ın önerdiği yayılım normalizasyonu adı verilen ve teknik özelliklerin birbirleri arasındaki korelasyonu veya diğer bir deyişle ilişkilerini de göz önüne alan bir denklemle veriler normalize edilmiştir. Önerilen model sayesinde piyasada en çok tercih edilen çamaşır makinesi geliştirirken hangi teknik özelliklere öncelik verilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Önerilen model sayesinde teknik özellik öncelik sırasını belirlerken sadece teknik özellikler ve müşteri beklentileri arasındaki ilişki göz önüne alınmamış aynı zamanda teknik özelliklerin kendi aralarında olan korelasyonları, ilişkileri de dikkate alınmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar yorumlanmış ve kalite fonksiyonu yayılımının ileride hangi özelliklere sahip çamaşır makineleri üretimine katkıda bulunabileceği belirtilmiştir.

## **1. L'introduction**

Aux conditions de turbulence et de concurrence d'aujourd'hui, la production ou généralement la fabrication pourrait être une arme concurrentielle. Cependant, la fonction de la fabrication d'une entreprise ou d'une compagnie est souvent négligée par les cadres supérieurs. C'est pour cette raison que plusieurs entreprises ou compagnies ne possèdent pas de stratégies explicites de fabrication quoique l'importance de telles stratégies soit appréciée.

L'un des motifs plus importants est le manque d'une approche puissante pour traduire la stratégie commerciale. Le Déploiement de la fonction qualité (QFD) est une des approches de la gestion de qualité totale considérant les désires, les attentes du client dans la conception d'un produit ou d'un service. Le QFD traduit les besoins du client aux exigences du produit ou du service. L'objectif de QFD est d'élever la part du marché en assurant la satisfaction du client. Une fois que les désires, les attentes du client sont comprises, elles sont appliquées dans la conception d'un produit ou d'un service.

Les besoins, les demandes, les désires du client s'appellent "la voix du client". La voix du client doit être comprise par l'équipe de conception ou technique centralisée et coordonnée dans le flux d'un produit et d'un service. La voix du client est traduite aux caractéristiques techniques à l'aide de la matrice d'analyse qui s'appelle "Maison de la Qualité". La maison de la qualité permet d'établir des liens entre le QUOI et le COMMENT, en tenant compte du COMBIEN pour quantifier le comment.

D'abord, le concept de QFD a été visualisé par Akao, un ingénieur japonais, dans les dernières années 60. Il est étendu au Japon dans les années 70. Dès les années 80, le QFD est connu aux Etats-Unis par les entreprises qui faisaient face à la concurrence

japonaise. Le QFD s'est étendu à travers des différentes industries aux Etats-Unis et aux plusieurs pays du Monde. Dans nos jours, le QFD est appliqué dans des différents secteurs et industries dans le Monde.

Le QFD donne l'occasion aux organisations de mieux communiquer entre divers départements en assurant la satisfaction du client. Cela fournit des bénéfices importants pour les organisations. L'amélioration du processus et la réduction de la reprise et la perte donne l'organisation la possibilité de réduire les coûts. En assurant les besoins, les produits ou les services deviennent plus attractives aux clients. Cela augmente la vente des produits ou services et en même temps les revenus de l'organisation.

La communication devient facile entre les différents départements. Le QFD est aussi une clé importante à la réduction du temps de cycle du développement. Il aide les équipes techniques de prendre des décisions au début du processus du développement au moment où le coût du projet est relativement bas.

Ce mémoire est organisé comme suit: dans le chapitre 2, d'abord, l'idée fondamentale du déploiement de la fonction qualité (QFD) qui est une méthode de la gestion de qualité totale est étudiée en détail, ensuite le développement de QFD au Japon, aux Etats-Unis et aux autres pays du Monde est décrit, le modèle de quatre phases de Clausing qui est l'un des personnes qui a fait des recherches sur la conception de QFD et les bénéfices de l'utilisation de QFD sont expliqués. Dans le chapitre 3, les différentes études faites dans la littérature sur QFD dès le commencement des études de QFD jusqu'à nos jours sont consultées et quelques unes sont résumées. Dans le chapitre 4, la matrice principale de QFD "la maison de la qualité" est étudiée en donnant des détails sur chaque partie de la matrice. Dans le chapitre 5, une approche modifiée et inspirée d'une des études faites dans la littérature est proposée comme modèle pour traiter les données de la conception d'un lave-linge. Dans le chapitre 6, l'application du modèle proposé dans le chapitre précédent est faite. Les données sont transformées aux calculs que la programmation linéaire exige à l'aide du programme d'Excel et ensuite la programmation linéaire est résolue par le programme de Lindo et les résultats sont interprétés. La conclusion est écrite comme le résumé du mémoire dans le chapitre 7.

## **2. L'idée fondamentale, le développement et les bénéfices du déploiement de la fonction qualité**

### **2.1 L'idée fondamentale de déploiement de la fonction qualité**

La qualité est l'ensemble des caractéristiques et des propriétés d'un produit ou d'un service à satisfaire les exigences exprimés ou nécessaires [1]. Elle est la conformité aux désires réelles du client. La conformité pourrait obtenir par la satisfaction de trois exigences qui sont les caractéristiques d'un produit ou d'un service, le prix convenable au client pour l'acheter et le délai acceptable. La qualité pourrait être définie du côté de client et du côté d'entreprise. Les avatars de qualité sont la qualité voulue, demandée, et perçue par le client et la qualité définie, conçue, réalisée par l'entreprise [2]. La gestion de la qualité offre une variété de méthodes pour assurer l'amélioration de la qualité et la productivité. Le Déploiement de la Fonction Qualité – (QFD) *Quality Function Deployment* est l'une de ces méthodes client orienté structurée pour la planification et développement d'un produit ou d'un service. Cette approche de qualité doit suivre le flux d'un produit ou d'un service dès le début jusqu'à l'obtention des qualités attendues par les clients. Le déploiement de la fonction qualité permet de traduire les besoins, les demandes, les désires du client aux caractéristiques techniques. Les caractéristiques techniques se transforment au produit que le client veut acheter et consommer. Les besoins, les demandes, les désires s'appellent "la voix du client". La voix du client doit être comprise par l'équipe centralisée et coordonnée dans le flux d'un produit et d'un service. La voix du client est traduite aux caractéristiques techniques à l'aide de la matrice d'analyse qui s'appelle "Maison de la Qualité". La maison de la qualité permet d'établir des liens entre le QUOI et le COMMENT, en tenant compte du COMBIEN pour quantifier le comment. On analyse les caractéristiques essentielles et désirables pour développer un produit ou un service qui répond aux souhaits, désires, volontés des clients [1, 3].



Le QFD est un outil de travail en équipe pluridisciplinaire qui permet à tous les intervenants de coordonner leurs efforts et leurs compétences pour la réalisation d'un produit ou d'un service [1]. La méthode est appliquée à chaque étape du développement et de la production d'un produit ou d'un service. Les étapes sont les stratégies du marketing, la planification, la conception d'un produit ou d'un service, l'ingénierie et la réalisation, la distribution et la vente, finalement le support après la vente [4]. La méthode de QFD considère le client comme l'acteur premier et principal dans le processus. L'idée fondamentale de QFD est de traduire le souhait du client dans le langage du concepteur, de manière à concevoir et à réaliser en répondant précisément ce qu'on a demandé par le client [1]. Cette idée pousse l'entreprise de comprendre les désires, les besoins des clients et de les déployer au processus du développement. Cela exige d'identifier les meilleures valeurs aux composants, aux matières et aux pièces du produit ou du service. Pour produire le meilleur produit dans le monde, il faut que la voix du client déploie au processus de la production et aux systèmes de contrôle. Le processus de la conception inclut l'emballage, la livraison et le support après la vente. Au résultat, cela augmente la part du marché et le profit de l'entreprise.

## **2.2 Le développement de QFD**

Premièrement, Dr. Yuji Akao a conceptualisé le QFD dans les dernières années soixante. Akao et ses collègues ont développé cette méthode pour améliorer la conception d'un produit, fournissant une haute qualité au produit dès le début du processus de la production. Deux majeures raisons ont poussé à créer cette méthode ceux d'améliorer la conception de la qualité et de permettre aux personnels techniques de contrôler le processus de production avant le commencement de la première production grâce aux diagrammes de qualité préparés pendant le processus de conception [4, 5].

### **2.2.1 Le développement de QFD au Japon**

En histoire, les Japonais ont commencé à former le concept de QFD, par Monsieur Oshiumi, employé à l'usine de Bridgestone pneumatiques systèmes qui a préparé le

diagramme d'assurance contenant quelques caractéristiques principales de QFD en 1966. Katsuyoshi Ishihara a développé le déploiement de fonction dans les affaires qui est un concept très proche au QFD s'appelait l'Ingénierie de Valeur et utilisé le concept à Matsushita. Yoji Akao a réalisé l'Ingénierie de Valeur et utilisé la puissance dans le processus de conception pour projeter les diagrammes de contrôle de qualité. En 1972, après plusieurs essais industriels, Akao a écrit un article sur le déploiement de qualité. En même temps, le déploiement de la fonction qualité était appliqué aux chantiers navals de Kobe de Mitsubishi Limited. A Kobe, Nishimura a produit une table de qualité qui montre la relation entre les besoins du client et les caractéristiques techniques entre les années 1972 et 1974. Akao a formulé la procédure pour suivre les besoins du client commençant de la conception du produit jusqu'à la production et a appelé «hinshitsu kino tenkai » le déploiement de la fonction qualité [4].

Les significations des mots japonais [6]:

Hinshitsu, signifie "qualité", "dispositifs" ou "attributs".

Kino, signifie "fonction" ou "mécanisation".

Tenkai, signifie "déploiement", "diffusion", "développement" ou "évolution".

Aux Etats-Unis, on a choisit de nommer cette théorie "Le Déploiement de la Fonction Qualité - Quality Function Deployment". Ce nom a collé aux Etats-Unis, et aucun nom alternatif n'est susceptible de survivre [6].

La compagnie Toyota a introduit QFD à chaque département avec de bons résultats. En 1978, Mizuno et Akao ont publié le déploiement de la fonction qualité contenant les applications et le développement au Japon. En 1980, Kayaba a gagné le prix « Deming Prize » appliquant QFD à l'ingénierie d'étranglement. Les industries applicables au Japon étaient l'agriculture, les équipements de la construction, l'électronique, le textile, le caoutchouc synthétique [4].

### 2.2.2 Le développement de QFD aux Etats-Unis

En 1983, QFD est entré aux Etats-Unis par la publication de Akao et Kogure. Bob King qui était le fondateur de GOAL/QPC – *Growth Opportunity Alliance of Lawrence/Quality Productivity Center* (le centre de qualité, productivité) et Don Clausing qui était un employé de Xerox ont été les deux premiers qui ont appris QFD aux Etats-Unis. En 1985, les deux fondateurs ont rencontré pendant la présentation de Clausing à la conférence de GOAL/QPC et les deux ont beaucoup travaillé et apporté des contributions significatives pour le développement de QFD aux Etats-Unis. Larry Sullivan qui était un employé de Ford Motor, était le fondateur de l'Institut Américain de Fournisseur - ASI – *American Supplier Institute* a appliqué le QFD à Ford Motor [4].

L'ASI, GOAL/QPC sont les grandes organisations de QFD en publiant QFD aux Etats Unis. Les deux organisations financent collectivement QFD Symposium à Novi, Michigan dès 1989. Les actes de ces symposiums ont devenu les publications importantes de QFD. Tous les deux organisations ont développé leurs propres modèles ayant beaucoup de similitudes entre eux. L'ASI utilise une méthode de base de quatre matrices développée par Macabe, un ingénieur japonais de fiabilité tandis que GOAL/QPC utilise une matrice multiple développée par Akao qui rassemble plusieurs disciplines dans une matrice formé de plusieurs sous matrices [7]. En 1993, l'institut de QFD a été fondé comme une organisation particulière pour les recherches et les études avancées de QFD. Cet institut a continué à organiser les symposiums de la part de L'ASI et GOAL/QPC [4].

Certaines publications de QFD en anglais pourraient être énumérées comme ci-dessous [4, 6]:

"Quality Function Deployment and CWQC in Japan," écrit par professeurs Masao Kogure et Yoji Akao, université de Tamagawa, publié au magazine du Progrès de Qualité - Quality Progress, en Octobre 1983. Larry Sullivan a écrit un article qu'on appelle "Quality Function Deployment" (le déploiement de la fonction qualité) publié

au Progrès de Qualité en Juin 1986. En 1987, GOAL/QPC a publié le premier livre sur QFD aux Etats-Unis : Better Designs in Half the Time par Bob King. En 1988, l'article "The house of quality" publié par Harvard Business Review a augmenté la popularité de QFD aux Etats-Unis. Au printemps et en été de 1988, dans les éditions de National Productivity Review, les articles de Bob King et Lou Cohen sur QFD ont été publiés. Au mai et juin de 1988, une série d'articles a été publiée sur QFD au magazine de Progrès de Qualité. Un manuel de cours a été publié sur QFD pour supporter les cours de trois jours d'ASI.

Les compagnies comme 3M Company, AT&T, Budd, DEC, Ford Motor, General Motors, Goodyear, Hewlett-Packard, IBM, ITT, Kodak, Motorola, NASA, NCR, Procter & Gamble, Baxter Healthcare, Ritz-Carlton, Hughes Aircraft, Mc-Donnell Douglas, Polaroid, Rockwell International, EDS, Boeing, Pratt & Whitney, United Technologies, Visteon, Daimler-Chrysler, Nokia ont été les premières qui ont appliqué le QFD aux Etats-Unis. Plusieurs autres compagnies ont utilisé QFD et obtenu des bénéfices significatifs. Griffin et Hauser croient qu'il y en a plus de 100 compagnies qui appliquent le QFD aux Etats-Unis [4, 8].

### **2.2.3 Le développement de QFD dans les autres pays**

Les autres pays ont été influencés par la réputation de QFD au Japon et aux Etats Unis. Les publications sont énumérées par pays. L'Australie (Anonyme, 1995b; Barnett, 1991), la Belgique (Moenaert et Caeldries, 1996), le Brésil (Radharamanan et Godoy, 1996), l'Allemagne (Pfohl et Ester, 1999), l'Italie (Ghobadian et Terry, 1995), la Turquie (Köksal et Egitman, 1998; Karsak, Sözer et Alptekin, 2002), le Royaume-Uni (Martins et Elaine, 2001), la Malaisie (Anonymes, 1998), la Suède (Tottie et Lager, 1995), la Slovénie (Starbek et ses collègues, 2000), les Pays-Bas (Govers, 1996, 2001), la Finlande (Rajala et Savolainen, 1996), l'Inde (Maduri, 1992 ; Singh et Deshmukh, 1999) [4]. La méthode a été introduite environ depuis les années quatre-vingt-dix en France [9].

### 2.3 Le modèle de Clausing

QFD donne l'opportunité à l'organisation de planifier en détail ce qui est nécessaire pour obtenir un produit. Ce sont la planification de développement de produit, la planification des pièces, la planification de processus, et la planification de production, respectivement. QFD exige la forme matricielle pour la planification. La matrice de planification de développement de produit traduit les besoins de client aux caractéristiques techniques du produit; la matrice de planification des pièces traduit les conditions importantes de création aux caractéristiques de produit/pièces; la matrice de planification de processus traduit les caractéristiques importantes de produit/ pièces aux opérations de fabrication; la matrice de planification de production traduit les opérations de fabrication importantes aux opérations quotidiennes et contrôles. Ce modèle s'appelle le modèle de Clausing (Voir figure 2.1) [6].

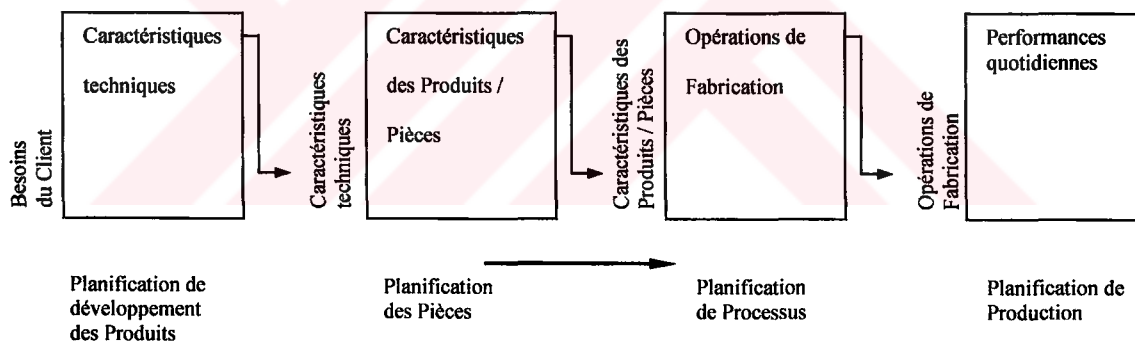


Figure 2.1 Le modèle de Clausing

### 2.4 Les bénéfices de QFD dans les organisations

La motivation de l'organisation ressemble beaucoup à la motivation de l'individu. Cette ressemblance est normale car l'organisation est faite des individus. L'individu a besoin de la nourriture et de l'abri pour survivre. Après avoir pris la nourriture et l'abri, l'individu demande la sécurité pour la continuité de la vie. C'est après l'obtention de la sécurité que l'individu commence à se concentrer aux buts plus abstraits. Si la nourriture et l'abri sont menacés, alors l'individu se concentre à regagner la nourriture, l'abri et la sécurité. Augmenter la capacité de la survivance augmente la sécurité. Dès

que l'individu ou l'organisation est en sécurité, on commence à se développer. Ce développement assure la survivance. QFD joue un rôle important aidant l'organisation à devenir puissant, c'est à dire survivre plus, être en sécurité, capable de se développer. Pour devenir la meilleure, la puissante compagnie au marché, la compétitivité joue un rôle important. Les stratégies fondamentales de la compétitivité sont de réduire les coûts, augmenter les revenus. Les bénéfices de QFD fournissent à l'organisation de réduire les coûts dès le début, d'augmenter les revenus et de réduire le temps de cycle du développement au facteur de 2 ou 3, de diminuer les dépenses des changements techniques pendant l'introduction du processus et au milieu du processus. Le QFD fournit aussi la communication et la coopération entre les différents départements d'une organisation en formant un langage commun entre eux [6, 10].

#### **2.4.1 La réduction des coûts**

Réduire les coûts pourrait être obtenu en baissant les matières ou les services achetés ou en réduisant les coûts générales de l'usine ou du bureau. La réduction des coûts pourrait être réelle en améliorant le processus et en réduisant la reprise et la perte. Améliorer le processus et réduire la reprise et la perte pourvoient la réduction des coûts. QFD donne la possibilité de diminuer les coûts par cette dernière approche. Le moyen est la suivante:

- La probabilité qu'un produit ou une conception de processus ne va pas être changé ou être refait augmente. QFD permet à chaque membre de l'équipe technique d'évaluer des changements au milieu du projet contre les mêmes critères utilisés pour évaluer toutes les décisions de conception au début du projet. L'équipe technique doit simplement ajouter le nouveau changement proposé à leur matrice et appliquer la même analyse qu'on a appliquée pour les premières décisions. Cette analyse systématique évite l'équipe technique de prendre des décisions précipitées en tenant compte tout le produit et tous les besoins du client. Quand QFD est appliqué au début du projet, la plupart des corrections qui se produisent au milieu du projet sont rejetées [6].

### **2.4.2 L'augmentation des revenus**

Augmenter les revenus pourrait être atteint en vendant un produit ou un service beaucoup plus ou en demandant un prix cher qu'auparavant. Les deux résultats désirables peuvent être atteints en produisant des produits ou des services attractives, satisfaisants aux clients. En assurant les besoins, les produits ou les services deviennent plus attractives aux clients.

QFD aide les organisations à concentrer aux besoins des clients, traduire les besoins aux caractéristiques techniques pour offrir les produits ou les services convenables [6].

### **2.4.3 La réduction du temps de cycle du développement**

La compétitivité s'est étendue au marché partout dans le monde, plusieurs organisations sont en concurrence. Le changement du prix, l'annonce d'un nouveau produit, la réorganisation, est une partie du jeu. Cela affecte la compétition entre les organisations. Les résultats ne peuvent pas être observé immédiatement, mais une organisation ne pourrait pas regagner ce qui est perdu. La plus importante décision qu'une organisation pourra prendre est de créer les nouveaux produits ou services disponibles avant le compétiteur. Offrir un nouveau produit ou service qu'avant le compétiteur, donne l'occasion d'être le premier au marché. Pour une deuxième organisation, il est très difficile de rattraper cette compétition. D'être rapide est importante pendant la conception et le développement d'un produit pour être le premier au marché.

Le processus du développement du produit est considéré comme un cycle dès le commencement de produire de nouveaux produits ou services et relevés les anciens par les organisations. Souvent, le cercle n'est pas si simple que l'on imagine. L'équipe technique commence à travailler sur le nouveau produit avant le produit précédent est prêt à être vendu.

Le QFD est une clé importante à la réduction du temps de cycle du développement. Il aide les équipes techniques de prendre des décisions au début du processus du développement au moment où le coût du projet est relativement bas.

L'équipe technique est sous la pression pendant le processus du développement. Lorsque le processus avance la pression augmente. De pouvoir diminuer la pression qui est causée par les changements apparus au milieu du processus, l'équipe technique applique le QFD aux idées proposées. QFD exige de comprendre les besoins, les souhaits des clients et de les transmettre aux caractéristiques techniques. Ce développement diminue les erreurs pendant le processus [6].

#### **2.4.4 L'amélioration de l'organisation au nom de travail**

La communication et la coopération en équipe sont des valeurs importantes dans l'organisation pour achever ce qu'on a décidé de faire. Le QFD fournit un espace pour les différents membres de l'équipe de travailler en harmonie et beaucoup plus productifs en se concentrant sur un but commun. Pendant ce processus du projet, la formation d'un langage commun est importante pour la continuité du processus. Fournir le contraire cause le projet d'être en retard. Les fonctions de QFD dans l'organisation doivent être pluridisciplinaires. Le processus est en forme d'un cercle. L'équipe marketing recherche les besoins, les attentes des clients. L'équipe technique et de production transforme ces attentes aux caractéristiques techniques. L'équipe technique et de production doit être réalistes en spécifiant les spécifications d'un produit. L'équipe doit savoir quelles matières les procureurs puissent acheter [6].

Le QFD est une approche préventive plutôt que corrective. Il diminue le nombre de défauts d'un produit ou d'un service en aidant les concepteurs les empêcher dès le commencement du projet.



### **3. Les études dans la littérature**

L'objectif original de QFD est de fournir une méthode systématique à l'équipe technique pour développer la conception du produit ou de service de haute qualité en déployant et satisfaisant les besoins, les désires du client. Les fonctions primaires de QFD sont le développement d'un produit, la gestion de qualité et l'analyse des besoins du client. Les domaines fonctionnels ont été étendus à la conception, l'ingénierie, la gestion de technologie, la planification et au budget (coût). Les applications de QFD ne possèdent pas de frontière. Le QFD a été appliqué dès la fin des années soixante au Japon et les années quatre-vingt aux Etats-Unis dans plusieurs domaines de différentes industries [4]. Les applications de QFD se sont concentrées aux industries de transportation, de production, d'électronique, de construction, d'éducation et recherche, de textile, de l'environnement et d'automobile.

Plusieurs chercheurs ont employé la méthode de la procédure d'analyse hiérarchique (AHP) pour la détermination du degré de l'importance des besoins du client. Wang, et al. [11], ont recommandé la méthode de la procédure d'analyse hiérarchique (AHP) non seulement appliquée à la voix du client aussi aux caractéristiques techniques. Dans cet article, les auteurs comparent les deux différentes méthodes nommées la matrice de priorité et AHP, présentent les avantages et les inconvénients de deux méthodes. Si le coût, le temps et la difficulté de production sont importants pendant le processus du développement, la matrice de priorité est préférée. Si la précision est importante, la procédure d'analyse hiérarchique (AHP) est choisie comme la méthode pour déterminer la priorité. Cependant, AHP conventionnel semble à être insuffisant pour capturer le degré d'importance des besoins du client à cause de l'incertitude du degré d'importance

attribuée aux besoins du client pendant le jugement.

Karsak et al. [12], ont proposé une approche intégrée pour la détermination des conceptions techniques appliquant deux différentes techniques de décision nommées la procédure d'analyse de réseau (ANP) et programmation de but binaire (0 – 1 programming). Premièrement, une méthode d'évaluation doit considérer les dépendances entre les besoins du client et les caractéristiques techniques. L'ANP est utilisé pour accomplir ce besoin. La méthodologie de programmation de but binaire est présentée considérant les multicritères et les ressources limitées comme les caractéristiques techniques dérivées en utilisant la méthode d'ANP, le budget du coût, le degré de la difficulté technique et de l'étendue pour déterminer les caractéristiques techniques attribuées à la conception du produit. L'usage des ressources limitées, les degrés d'ANP et les autres paramètres de conception dans le modèle de programmation de but binaire fournit des solutions plus logiques et faisables.

Wasserman [13], a suggéré un modèle de programmation linéaire pour déterminer les priorités entre les caractéristiques techniques sous la contrainte de budget. D'abord, il a prolongé le concept de la normalisation du déploiement et calculé les relations normalisées pour mieux comprendre et expliquer objectivement les dépendances ou corrélations entre les caractéristiques techniques. Après, en utilisant les relations normalisées, il a formulé un modèle de la programmation mathématique sous la contrainte de budget pour maximiser la satisfaction du client. La solution optimale est obtenue en adaptant le modèle de QFD au problème classique de sac au dos (knapsack) dans la recherche opérationnelle. Les caractéristiques techniques sont attribuées en ordre décroissant selon un rang simple de l'index de priorité technique/coût jusqu'à ce que le coût des caractéristiques techniques attribuées n'excède pas le budget attribué au projet. Les autres caractéristiques techniques sont éliminées.

Halog et al. [14] ont modifié le modèle de mettre en ordre les priorités des caractéristiques techniques proposé par Wasserman [13]. Ils ont adapté le modèle modifié à l'amélioration de la performance de l'environnement pour fournir la protection de l'environnement et appliqué le modèle dans le processus de la production

de sinter. La méthodologie de QFD est adaptée au processus de la production de sinter. La maison de la qualité est présentée comme « la maison de l'écologie ». Les besoins du client représentés dans la maison de l'écologie sont les effets potentiels de l'environnement causés par les individus, les consommations. Les caractéristiques techniques de la technique particulière employée dans la production de sinter sont exprimées par des noms de substances émises pendant le processus. Les relations quantitatives sont exprimées par le degré de l'effet de substance pendant le processus de la technique particulière. La fonction objectif est formulée comme l'importance de l'effet totale de technique employée sous la contrainte de coût. Ils choisissent la meilleure technique celle qui tient compte les émissions totales les plus petites des substances chimiques sous la contrainte de l'allocation des ressources celle qui nécessite moins d'amélioration que les autres techniques sous la contrainte de coût.

Bode et Fung [15] ont souligné l'importance de mettre des ressources financières limitées pour achever la maximisation de la satisfaction du client et de ne pas faire la supposition irréaliste des ressources infinies qui sont plus disponibles pour arriver au but déterminé des caractéristiques techniques. L'entreprise doit faire attention à son budget en même temps que la qualité de son produit. Pourtant, les applications de QFD traitent la conception du produit seulement du côté technique. La conception du produit n'est pas simplement un effort de maximisation mais aussi un processus d'optimisation. Ils distribuent le budget aux caractéristiques techniques en ordre décroissant à l'exemple de la conception du crayon en modifiant le modèle linéaire proposé par Wasserman [13]. Ils examinent que les trois premières caractéristiques sont complètement attribuées, la quatrième est partiellement attribuée et la cinquième n'est pas attribuée au processus de conception du crayon.

Chen et Weng [16], ont reformulé le modèle de programmation linéaire pour déterminer les priorités entre les caractéristiques techniques sous la contrainte de coût proposé par Wasserman [13] par la conception des nombres flous. La maison de la qualité de la conception de produire un crayon est transformée aux termes flous. La relation normalisée est formulée en termes flous et le modèle des nombres flous est proposé

pour maximiser la satisfaction du client. Ils ont trouvé un résultat plus précis que le résultat de Wasserman.

Wang [17] a proposé une approche de décision multicritère floue dans l'industrie de transportation pour décider les caractéristiques techniques concernant les besoins du client, le coût estimé et la difficulté technique qui sont plus importants qu'aux autres caractéristiques techniques. Wang a défini la relation de ranger des alternatives proposées et adapté cette définition aux termes flous et proposé l'approche des mesures de possibilité et de nécessité. Les données sont au langage linguistique du concept du flou caractérisant l'imprécision et l'incertitude des données de produit. Un exemple de conception d'automobile est appliqué pour vérifier le modèle proposé. Les caractéristiques techniques obtenues par le modèle ont créé non seulement la satisfaction du client mais aussi une conception équilibrée.

Kim, Moskowitz et al. [18] ont présenté une approche de formulation et de solution intégrée de QFD. Le modèle proposé permet l'équipe de conception de réconcilier les facteurs entre les caractéristiques techniques dans le système flou. Les valeurs optimales à atteindre pour les caractéristiques techniques sont identifiées pour prendre les meilleures décisions pour la satisfaction du client. La méthodologie combine la régression floue linéaire et les méthodes de programmation floue linéaire. L'imprécision des paramètres de système, de la fonction objectif et des contraintes est étudié. Le modèle permet aussi d'évaluer séparément la possibilité et la flexibilité propre, inhérente au processus de conception. La connaissance de l'effet de possibilité et flexibilité sur la satisfaction du client pourrait être traitée comme une guide pour réduire les flous dans le système et pour déterminer le degré de flexibilité possible pour améliorer la conception du produit.

Karsak [19] a proposé une nouvelle approche multicritère floue qui aide à intégrer l'information imprécise et subjective de QFD pour déterminer le nombre ou le degré des caractéristiques techniques pour satisfaire le client sous les contraintes de coût, la difficulté technique et l'étendue pour chacune des caractéristiques techniques. Les nombres flous triangulaires sont employés pour identifier l'information imprécise et

l'incertitude et le degré de l'importance de chaque caractéristique technique grâce à leur calcul efficace. Il a modifié l'algorithme de deux phases introduites par Lee et Li. Dans la première phase, on résout le problème pour une valeur définie de  $\alpha$  et dans la deuxième phase, on obtient une solution utilisant la valeur de  $\alpha$  obtenue dans la première phase. L'approche proposée est illustrée par une application de donnée réelle sur l'industrie de textile, la conception de produire une veste de jean. On suppose que les caractéristiques techniques peuvent être divisées en plusieurs descriptions détaillées pour éviter la dépendance.

La maison de la qualité est devenue une méthode trop employée pour la transformation des besoins du client aux caractéristiques techniques. Shin et al. [20] ont mentionné l'importance d'employer des données consistantes dans la maison de la qualité. L'erreur commune faite dans QFD est l'usage d'une maison de la qualité inconsistante. Une maison de la qualité inconsistante est une matrice où la matrice de corrélation est incompatible avec la matrice de relation entre les besoins du client et les caractéristiques techniques. Ils ont développé une procédure systématique pour contrôler la consistance de l'information contenue dans la maison de la qualité. D'abord, on normalise la matrice de relation, après on calcule le coefficient de la similitude des paires des caractéristiques techniques. Dans la troisième partie, on calcule l'index de la consistance (CI) et évalue la valeur de la consistance. S'il existe une inconsistance entre les paires des caractéristiques techniques alors, une procédure pour l'identification des ressources de l'inconsistance est développée. L'algorithme de trouver la partie qui est inconsistante est structuré comme la suivante; on calcule la différence marginale de CI, après avoir déterminé la différence, on range les CI en ordre décroissant et identifie les paires des caractéristiques techniques critiques qui causent l'inconsistance. Un exemple est illustré pour montrer la validité des procédures proposées. On a conclu par accentuer que le contrôle proposé ci-dessus pourrait être utilisé avant les analyses de QFD pour assurer la validité des résultats.

Franceschini et Rossetto [21] ont proposé quelques outils pour développer et simplifier l'usage de QFD à cause de quelques problèmes de dimensions. Les grandes dimensions de données dans la maison de la qualité causent le problème de l'interprétation des

données. Deux méthodes sont proposées pour la simplification des données dans la maison de la qualité, la première s'occupe de simplifier la matrice de corrélation des caractéristiques techniques en exigeant l'équipe technique d'utiliser les signes de corrélation et la deuxième s'occupe de réduire les caractéristiques techniques pour la maximisation de la satisfaction du client en optimisant le problème. Un exemple est illustré pour prouver la théorie.

Vairaktarakis [22], a développé et résous les modèles d'optimisation pour l'identification de la classification et l'évaluation des caractéristiques considérant les priorités et les perceptions des clients dans le marché. L'auteur montre l'utilisation des diagrammes de QFD pour mieux comprendre la compétition entre les différentes compagnies.

Les différentes approches numériques sont citées pour pouvoir résumer différentes perspectives et travaux faits. Dès les années quatre-vingt-dix jusqu'à nos jours, les prises de décision ont pris la forme parfois multicritère déterministe, parfois multicritère floue. Le QFD se développe jour par jour.

#### 4. La maison de la qualité

Les outils de QFD sont les matrices qui s'appellent les tableaux de qualité. La première et plus importante matrice est la maison de la qualité. La maison de la qualité est la matrice principale de QFD. Les données principales de la maison de la qualité sont les besoins des clients, l'information sur la stratégie du produit et les caractéristiques techniques. La matrice indique les besoins et les désires du client à gauche de la matrice, les caractéristiques techniques au dessus de la matrice. La matrice se compose de plusieurs parties ou sous matrices associées à de diverses façons, chacune des informations est liée les unes aux autres. L'autre information qu'on pourra ajouter à la maison de la qualité est benchmark info et les valeurs objectives [6, 7].

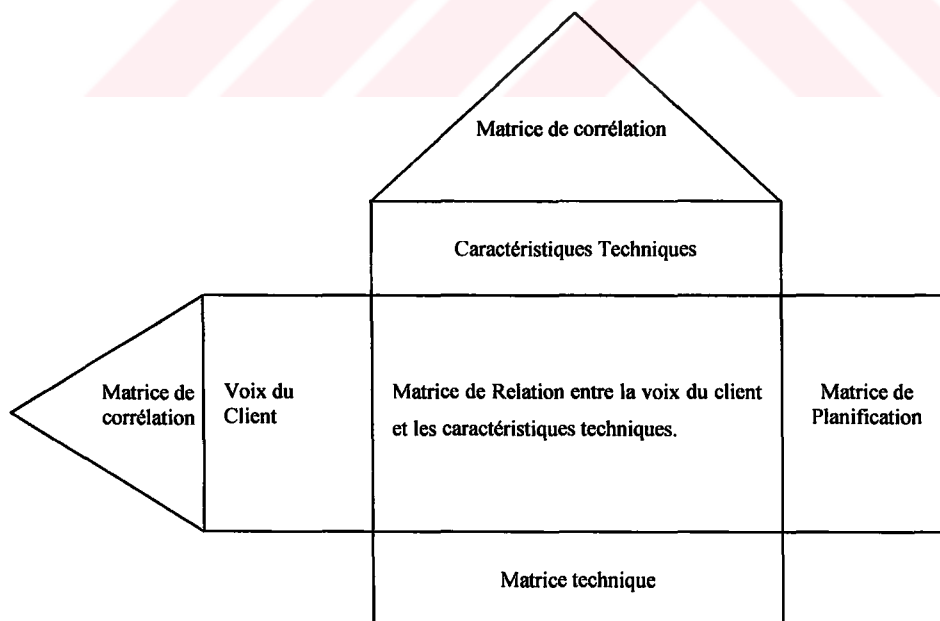


Figure 4.1 La maison de la qualité

La maison de la qualité contient beaucoup de parties que l'équipe de QFD puisse personnaliser. Les jugements les plus stratégiques que l'équipe doit décider sur appartiennent à la matrice de la planification. A la matrice de planification, l'équipe décide les objectives pour la satisfaction des clients. Après que l'équipe détermine les objectives, elle doit combiner ces objectives avec celles de la compagnie. Les caractéristiques techniques montrent des relations avec les attentes et les degrés pour satisfaire les clients. Le toit de la maison de la qualité est l'analyse des corrélations des caractéristiques techniques entre elles-mêmes. Finalement, la matrice contient les priorités des caractéristiques techniques pour mieux travailler sur un nouveau produit ou un nouveau service.

Chacune des parties est une expression structurée et systématique du développement d'un produit ou processus contenant tout le processus de planification. L'ordre des lettres suggère un ordre logique pour compléter la matrice [6].

Voici les parties détaillées de la maison de la qualité :

#### **4.1 La voix du client**

La partie des besoins des clients, contient une liste structurée du besoin du client, également connus comme voix du client, des souhaits du client, des exigences du client, fait la description de la représentation de la « Voix du client » dans le concept de QFD.

Premièrement, la voix du client doit être déterminée. La structure est déterminée souvent par la recherche qualitative du marketing. L'équipe marketing interviewe les clients et détermine les plaintes des clients. L'équipe met en rang les catégories majeures contenant les besoins, les caractéristiques de qualité, les nécessités de fiabilité, structure les besoins dans le diagramme d'affinité et arrange les besoins des clients dans cette partie de matrice [6].



#### **4.1.1 L'interview des clients**

La voix du client est déterminée par plusieurs méthodes. Les méthodes demandent aux clients de décrire leurs besoins sur un produit ou un service. Le résultat des interviews est constitué des phrases des clients qui représentent les besoins et les attentes des clients. Les phrases des clients peuvent être les caractéristiques plus favorables ou moins favorables, les suggestions ou les plaintes. On doit choisir les plus importants et réels besoins des clients [6].

#### **4.1.2 La détermination des plaintes**

L'autre source de besoins du client est les plaintes des clients. Cela est un cauchemar de plusieurs compagnies. Il existe des différents départements pour organiser les plaintes des clients. Les compagnies maintiennent des bases de données. Ces bases de données sont classifiées selon la sévérité ou la réponse pour satisfaire le client mécontent. La méthode suivante fournit l'équipe de déterminer les besoins du client utilisant les plaintes : choisir au hasard parmi les plaintes et les traduire aux phrases positives accentuant les souhaits et les besoins des clients et les mettre en ordre en supprimant les duplications [6].

#### **4.1.3 La classification de la voix du client aux catégories majeures**

Comme les phrases des clients n'ont pas limité par une discipline, ils doivent être classifiées avant la structure de la voix du client. La table de la voix du client est l'outil pour les classifier. Elle contient deux parties.

La première partie est la partie qui indique les besoins des clients examinant rapidement par un coup d'œil. La table de la voix du client n'est pas matricielle. C'est la table formée de colonnes. La première colonne indique l'identité comme le numéro de la page, la date de l'interview, le numéro de l'interview. Cela fournit un lien à la source au temps d'un besoin de retour. La deuxième colonne; le besoin du client; montre l'identité du client, l'occupation, l'âge ou la location. La troisième colonne indique l'attente ou le besoin du client. Le même besoin pourrait être exprimé par différentes

phrases. L'équipe technique exprime ce besoin par un seul mot ou une seule phrase. La quatrième colonne qui s'appelle l'usage, indique comment ou quand les clients utilisent la création qu'on va faire. Cela aide à l'équipe de mieux comprendre les besoins et de mieux décider sur la création.

La deuxième partie est la partie dans laquelle les phrases des clients sont placées sur une liste d'information. La liste dépend de la vérité, de la suggestion ou de la demande d'un produit ou service. Les catégories de la table 2 sont les besoins du client, la réponse technique, les fonctions, la fiabilité et les valeurs objectives.

Le besoin du client est une phrase qui indique le bénéfice que le client attend, veut avoir d'un produit ou d'un service. Le bénéfice doit être exprimé par une méthode indépendante du produit ou du service tombe sur le besoin. Le bénéfice doit être particulier pour mieux aider à l'équipe de décider sur la création. Les caractéristiques de qualité présentent la description abstraite d'un produit ou service dans le langage technique de la compagnie. L'équipe technique fournit les caractéristiques de qualité d'un produit ou service en partant du besoin du client. Les fonctions sont les descriptions des méthodes auxquelles le produit ou le service fonctionne.

La fiabilité est la confiance du client sur un produit ou un service. Les phrases que les clients expriment leur satisfaction ou mécontentement sont des clés pour l'équipe technique de faire attention aux caractéristiques pendant le processus de la création d'un produit ou service.

Les valeurs objectives indiquent les degrés des caractéristiques techniques que le client voudra avoir besoin. Certaines mesures peuvent être exprimées par des clients, certaines sont déterminées par l'équipe technique. La caractéristique technique pourrait être sur l'expectation du client de temps en temps ou l'objective que le client voudra avoir dans un produit ou un service pourrait être irréal. Après avoir déterminé ces informations on les arrange dans la forme matricielle. La voix du client expliquée dans ce chapitre forme l'information qualitative. On a besoin aussi l'information quantitative que l'on va expliquer dans la partie suivante [6].

## **4.2 La matrice de planification**

La matrice de planification aide l'équipe de faire un plan stratégique pour le produit. La partie de la matrice de planification, contient trois informations principales; premièrement les données du marché sont quantitatives par rapport aux besoins du client, indiquant l'importance relative des besoins, des souhaits, les niveaux de la satisfaction du client avec les offres actuelles de l'organisation. La deuxième info est la mise du but stratégique pour le nouveau produit ou le service et la troisième est les calculs mettant en ordre les besoins du client. Puisque les données rassemblées et organisées du client contiennent trop de besoins de traiter simultanément, elles doivent être évaluées. Cette matrice fournit ce genre d'évaluation. L'équipe technique utilisera ces données pour décider quels aspects du produit ou du service seront soulignés pendant le processus du développement. La matrice de planification fournit l'équipe de comparer la performance de la compagnie à la performance des autres compagnies dans la compétition et de former une stratégie pour la satisfaction du client à court et long terme. Après que l'équipe décide la stratégie, la direction du projet est déterminée [6].

Les colonnes de la matrice de planification sont expliquées au dessous :

### **4.2.1 L'importance pour le client**

Cette colonne indique l'importance de chaque besoin du client. L'importance des besoins du client pourrait être indiquée par trois types de mesures. Ce sont l'importance absolue, l'importance relative et l'importance ordinale.

#### **4.2.1.1 L'importance absolue**

L'échelle utilisée le plus souvent est une échelle de cinq qu'on pourrait être définies comme

- 1- Ne pas être important pour le client
- 2- D'être une importance mineure pour le client
- 3- D'être une importance modérée pour le client
- 4- D'être très important pour le client

## 5- D'être le plus important pour le client

Il y aura toujours un problème en utilisant l'importance absolue parce que les clients tendent à évaluer presque tout les besoins autant importants les uns aux autres. L'importance relative est une méthode meilleure pour mesurer l'importance des besoins du client [6].

### 4.2.1.2 L'importance relative

L'importance relative est l'échelle la plus utilisée par les membres de l'équipe de QFD. Elle indique combien l'un attribut plus ou moins important est comparé à un autre attribut. L'un besoin est deux fois plus important que l'autre besoin pour le client exprime l'importance de ce besoin par rapport à l'autre. Les valeurs relatives sont placées sur une échelle de pourcentage. L'importance relative pourrait être mesurée par la comparaison des attributs de paires en paire par le client. Une autre technique largement répandue est d'arranger les besoins dans l'ordre d'importance décroissant ou croissant. Ce processus est mieux par rapport aux comparaisons par paires d'assurer l'uniformité [6].

### 4.2.1.3 L'importance ordinale

Cette mesure est une indication seulement qu'un attribut est plus ou moins important que les autres au lieu d'une comparaison entre les différents attributs. Le nombre le plus grand indique ce qui est plus important. La méthode pour mesurer l'importance ordinale est d'examiner les clients et de leur demander de mettre en ordre les attributs. L'importance ordinale est une évaluation raisonnable de la voie du client [6].

## 4.2.2 La performance de satisfaction du client

La performance de satisfaction est la perception du client sur le produit ou service existant qui ressemble au produit ou service qu'on va développer. La méthode habituelle pour estimer cette valeur est de demander au client à quel point le produit ou

le service répond à chaque besoin du client. Le niveau de satisfaction exprime le niveau de performance du produit ou service. L'équipe va attribuer une valeur numérique à chaque réponse possible et puis calculer les moyennes. La moyenne est calculée par la formule ci-dessous :

$$\text{Performance moyenne} = \frac{\sum_i [(\text{Nombres de clients à valeur de performance } i) * i]}{\text{Nombres totales de clients}} \quad (4.1)$$

#### 4.2.3 La performance concurrentielle de satisfaction

Afin d'être concurrentielle, l'équipe technique doit comprendre la compétition. L'équipe doit analyser le produit ou le service compétitif pour mieux comprendre les nécessités et développer produit ou service mieux que les autres. Le QFD permet de fournir une méthode qui montre les forces et les faiblesses de la compétition. La comparaison pourrait être faite à deux niveaux importants, d'abord aux termes des besoins du client et aux termes des caractéristiques techniques. Dans la matrice de planification, l'équipe compare à quel point le produit ou le service existant et le produit ou le service compétitif au niveau des besoins du client [6].

#### 4.2.4 L'objectif

Dans la colonne de l'objectif de la matrice de planification, l'équipe technique décide l'objectif pour chaque besoin du client. Les objectifs sont exprimés à la même échelle numérique que la performance de satisfaction. Le QFD offre de mettre un objectif pendant le développement de la maison de la qualité à cause des ressources limitées [6].

#### 4.2.5 Le point de ventes

La colonne de point de ventes exprime la capacité de vendre le produit ou le service. Les paramètres pour exprimer la capacité sont

- 1 Aucun point de ventes
- 1.2 Moyen point de ventes
- 1.5 Fort point de ventes

Évidemment, la meilleure performance d'un besoin du client facilite la vente du produit. Dans ce cas, l'importance pour la valeur de client pourrait être haute, la valeur de l'objectif pourrait être haute, et la valeur de point de ventes pourrait être haute [6].

### **4.3 Les caractéristiques techniques**

La partie des caractéristiques techniques, contient un langage interne et technique, une description détaillée pour décrire le produit ou le service qu'on projette à développer. Les caractéristiques techniques connus comme des conditions de conception, caractéristiques du produit ou service, sont nommés parfois la voix de la compagnie. Les caractéristiques techniques sont construites des besoins du client. Comme la voix du client est quantitative en même temps que qualitative, les caractéristiques techniques sont aussi qualitatives à la matrice de relation et quantitatives à la matrice technique. Les caractéristiques techniques doivent être énoncées en termes mesurables. La réponse technique pourra décrire le produit d'une variété de point de vue. Les nécessités du produit ou du service changent d'après les industries [6].

#### **4.3.1 Les mesures de performance supérieure**

Ces mesures sont le langage le plus valable des caractéristiques techniques. Ces mesures sont dérivées des besoins du client. Elles doivent être générales au lieu d'être spécifiques. Elles fournissent une solution indépendante pour commencer le processus de conception. Le développement de mesures de performance est de commencer par les attributs du client. Pour chaque attribut du client d'abord l'équipe technique définit le système de mesures et après les mesures [6].

#### **4.3.1.1 La définition du système des mesures**

Définir le système des mesures est d'établir par l'équipe la pertinence et la relation entre les mesures et les perceptions du client. Le déploiement s'applique pour la définition du système des mesures. L'équipe technique transforme chaque besoin ou désir du client à la performance technique. L'équipe technique doit préciser l'unité de mesures de chaque performance technique au début de la transformation. Après avoir précisé les unités de mesures, elle définit les objectifs de chaque performance technique selon la qualité qu'on pourra obtenir. Les objectifs définis selon les performances peuvent être à l'infini, au zéro ou au nombre plus précis [6].

#### **4.3.1.2 La définition des mesures**

C'est une étape qu'on décrit comment chaque mesure sera exécutée. Toutes les prétentions et commentaires sur chaque mesure seront documentés pour l'opération de chaque mesure et pour éviter les confusions pendant l'exécution. L'équipe technique échappe beaucoup cette étape. L'omission de cette étape mène à la perte du temps pendant la planification et le développement [6].

#### **4.3.2 Les fonctions du produit**

Une autre approche pour définir les caractéristiques techniques est de décrire les fonctions du produit. Il pourrait être mieux d'utiliser les fonctions du produit au lieu de mesures de performance dans le cas où un produit moins développé selon le nouveau existe. Beaucoup de produits possèdent un grand nombre de fonctions. L'équipe technique doit décider le niveau de fonctions qu'elle va utiliser. Selon la décision du niveau, la maison de la qualité sera grande ou petite [6].

#### **4.4 Les relations des besoins du client avec des caractéristiques techniques**

La partie des relations des besoins des clients avec les caractéristiques techniques, contient le degré des jugements de l'équipe technique en tenant compte aux relations de chaque caractéristique technique à chaque besoin du client. Les degrés des relations

peuvent être présentés par des chiffres ou des symboles. Ces degrés représentent la force de l'influence de chaque caractéristique technique sur chaque besoin du client. Les degrés de relations changent d'après l'organisation ou l'équipe technique. La relation est considérée positive et que la satisfaction de client augmente. La relation négative est possible, mais elle complique le processus de QFD. Les relations donnent l'occasion de mettre les priorités. La maison de la qualité permet de construire quatre relations possibles de caractéristique technique entre le besoin du client [6].

La première relation est définie comme la performance de satisfaction du client n'a aucune relation avec la caractéristique technique. La deuxième est définie comme la performance de satisfaction du client est liée à la caractéristique technique par la relation faible. La troisième est définie comme la performance de satisfaction du client est liée à la caractéristique technique par la relation moyenne. La dernière relation pourrait être définie par la performance de satisfaction du client est liée à la caractéristique technique par la relation forte [6].

#### **4.5 La matrice de corrélation des caractéristiques techniques**

La partie de la matrice de corrélation des caractéristiques techniques est la moitié d'une matrice carrée, divisée de la diagonale et tournée de 45°. Puisque la partie de la matrice de corrélation ressemble au toit d'une maison, le terme "maison de la qualité" a été appliquée à la matrice entière est devenue la désignation pour la structure de la matrice. La matrice contient les évaluations des corrélations de l'équipe technique entre les éléments des caractéristiques techniques. Elle indique les diverses caractéristiques techniques qui doivent être améliorées collatérales, fournissant une base pour calculer dans quelle mesure un changement d'une caractéristique affectera d'une autre caractéristique. Un changement souhaitable d'une caractéristique pourrait avoir comme conséquence un effet négatif ou positif sur une autre caractéristique [6].



#### **4.6 La matrice de corrélation des besoins du client**

La matrice de corrélation des besoins du client est de la même logique que la matrice de corrélation des caractéristiques techniques. Elle contient les évaluations des corrélations des besoins des clients.

#### **4.7 La matrice technique**

La partie de la matrice technique contient trois types d'informations:

- Les priorités des caractéristiques techniques.
- L'information comparative sur la performance technique de la concurrence.
- Les objectifs de performance technique

##### **4.7.1 Les priorités des caractéristiques techniques**

Après que l'équipe technique détermine les relations entre les caractéristiques techniques et les besoins du client, elle finit par résoudre le problème des priorités par des calculs simples. Ces calculs sont placés au bas de la maison de la qualité, tout près des caractéristiques techniques.

##### **4.7.2 Les comparaisons concurrentielles**

L'équipe technique a déterminé les priorités des caractéristiques techniques et pour arriver à une décision plus stratégique et précise pour continuer le processus du développement, elle doit comparer les produits ou services des différentes compagnies.

##### **4.7.3 Les objectifs**

Une fois que les comparaisons sont définies, les objectifs doivent être déterminés pour avoir des approches réelles.

#### 4.8 Les matrices supplémentaires de QFD

Au-delà de la maison de la qualité, QFD donne l'occasion de construire des matrices supplémentaires pour prendre des décisions détaillées pendant le processus du développement d'un produit ou d'un service. Dans la pratique beaucoup d'équipes de développement n'utilisent pas des matrices après la maison de la qualité. Les bénéfices de la maison de la qualité peuvent être significatifs au processus de développement après la phase initiale de planification [6].

La figure 4.2 montre une configuration possible d'une collection de matrices en corrélation. La figure montre en même temps une technique courante de QFD pour diffuser l'information d'une matrice aux autres. On commence par la maison de la qualité. On place les "quoi"s au côté gauche de la matrice. Le "quoi" est un terme souvent utilisé pour indiquer les avantages ou les objectifs qu'on voudra obtenir.

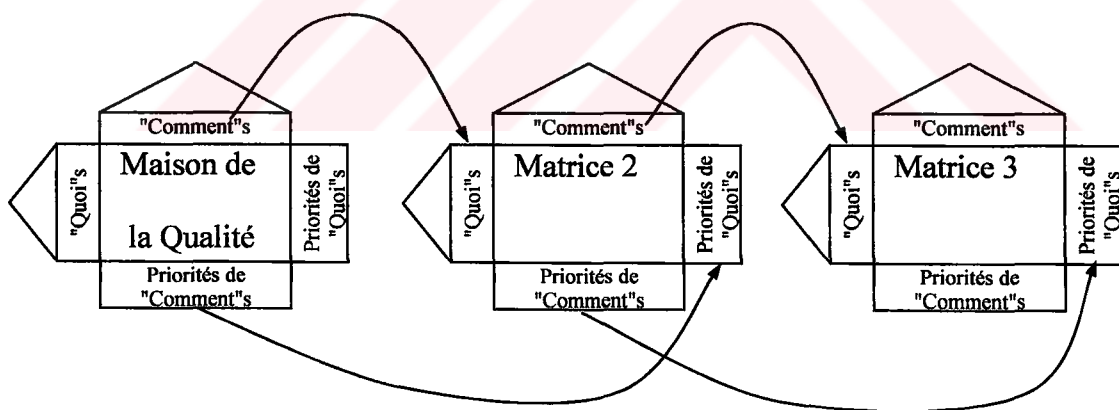


Figure 4.2 Les matrices en corrélation

En générale, les "quoi"s sont les besoins des clients, mais les objectifs propres de l'équipe technique pourraient être également représentés comme les "quoi"s. Comme le part du processus de QFD, l'équipe technique fait une série de jugements basée sur la recherche du marché pour déterminer les priorités aux "quoi"s. Beaucoup de différentes techniques existent pour déterminer ces priorités. Ces priorités ou les degrés sont placées à droite de la matrice.

Ensuite, l'équipe technique produit les "comment"s qui sont également les paramètres d'ingénierie, et place les "comment"s au dessus de la matrice. Les "comment"s sont n'importe quelles réponses potentielles arrangées pour la réalisation des "quoi"s. En générale, les "comment"s sont des mesures techniques de la performance du produit ou service proposé.

Les priorités des "comment"s écrits au dessous de la maison de la qualité, sont basées sur les degrés attribués aux "quoi"s et la quantité d'effet de chacun des "comment"s pour réaliser chacun des "quoi"s. Ces priorités sont un résultat principal du processus de la maison de la qualité.

Pour joindre la maison de la qualité à la matrice 2, l'équipe technique met tout les ou le plus important des "comment"s de la maison de la qualité au côté gauche de la matrice 2, et leurs priorités au côté droit de la matrice 2. Ces "comment"s de la maison de la qualité deviennent les "quoi"s de la matrice 2, et pour l'équipe technique leur importance relative est de ce qui a été déterminé dans la maison de la qualité.

Pour réaliser les "quoi"s de la matrice 2, l'équipe technique a besoin d'un nouveau ensemble des "comment"s plus technique ou plus détaillé mis au-dessus de la matrice 2. Comme à la maison de la qualité, l'équipe technique utilise les degrés des "quoi"s de la matrice 2 et leurs évaluations du degré en relation avec les "comment"s de la matrice 2 pour acquérir les degrés ou priorités pour les "comment"s de la matrice 2.

Pour joindre la matrice 2 à la matrice 3, les "comment"s de la matrice 2 sont transférées à la gauche de la matrice 3, pour devenir les "quoi"s de la matrice 3. Les degrés des "comment"s de la matrice 2 sont transférés à la droite de la matrice 3, et les "comment"s de la nouvelle matrice 3 sont produits.

Ce modèle est le miroir du processus de la conception et la production. Autres modèles existent pour le développement de plusieurs processus. QFD est un outil qui permet de développer des priorités au projet à de divers niveaux, le plus souvent au niveau le plus élevé, ceux des besoins des clients. Le QFD n'est pas seulement un outil de priorité, il

est aussi un outil de déploiement. Le QFD permet de commencer par le niveau le plus élevé des "quoi"s, en générale les besoins des clients, et de déployer ou traduire ces besoins ou la voix des clients au langage technique pour l'action nécessaire. C'est le sens du déploiement de la voix du client. Chaque membre de l'équipe technique est au courant de ce processus de la traduction de la voix du client aux paramètres d'ingénierie. QFD rend le processus de la traduction systématique [5, 6].

En conclusion, QFD permet de fournir un dépôt d'information pour la planification des produits. Le dépôt est basé sur la structure des matrices du QFD. En effet, QFD a été parfois décrit comme "mémoire visible de la société" [6].



## 5. La Méthodologie

L'objectif de QFD est de maximiser la satisfaction du client, mais les considérations limitées du marché ne permettent pas le déploiement possible du produit. L'équipe de conception doit savoir ceux qui sont meilleures pour la satisfaction du client. Elle décide souvent simultanément (c'est à dire *ad-hoc* décisions) à cause de la complexité du processus. Ces décisions ne sont pas optimales parce qu'elles sont ad-hoc. Un programme linéaire puisse permettre d'éviter cette approche ad-hoc et de capturer les détails du processus de conception mais d'abord on détermine la classification de l'importance technique de chaque caractéristique technique. Premièrement, on calcule la dérivation de la classification de l'importance technique pour laquelle on quantifie l'effet des caractéristiques techniques sur la satisfaction du client et l'importance des besoins du client [13].

L'importance technique est calculée sous forme de deux types de mesures: L'importance technique absolue et l'importance technique relative dérivée de l'importance technique sous l'échelle de pourcentage. L'importance technique absolue  $p_j^a$  est décrite par l'équation ci-dessous:

$$p_j^a = \sum_{i=1}^m d_i \cdot R_{i,j} \quad (5.1)$$

où  $p_j^a$  est l'importance technique absolue de la caractéristique technique  $j$ , pour  $j=1,2,\dots,n$ ;  $d_i$  est le degré de l'importance du besoin du client  $i$  pour  $i=1, 2, \dots,m$ ;  $R_{i,j}$  est

la relation quantifiée entre le besoin du client et la caractéristique technique pour  $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ .

L'importance absolue de chaque caractéristique technique pourrait être transformé en l'importance relative en divisant chaque poids absolue  $p_j^a$  par la somme de tous les poids et multipliant par 100 pour obtenir sous l'échelle de pourcentage. Cette formulation est représentée comme ci-dessous :

$$p_j^r = \frac{\sum_{i=1}^m d_i \cdot R_{i,j}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m d_i \cdot R_{i,j}} \times 100\% \quad (5.2)$$

où  $p_j^r$  indique l'importance technique relative pour  $j=1, 2, \dots, n$ ;  $d_i$  est le degré de l'importance du besoin du client  $i$  pour  $i=1, 2, \dots, m$ ;  $R_{i,j}$  est la relation quantifiée entre le besoin du client et la caractéristique technique pour  $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ . La somme de ce produit est  $p_j^a$  indique l'importance technique absolue de la caractéristique technique  $j$ , pour  $j=1, 2, \dots, n$  comme on a indiqué par l'équation 5.1.

Avant de formuler le modèle, les données sont normalisées pour engendrer les priorités de la conception plus significatives et pour éviter les problèmes qui peuvent se produire à cause de grandes différences d'échelle entre les données. On utilise la normalisation suivante proposé par Lyman qu'on appelle 'la normalisation de déploiement'. Pour mieux comprendre la nécessité de la normalisation, on prend un exemple exagéré et on fournit la matrice de relation entre la voix du client et les caractéristiques techniques ci-dessous [13].

**Tableau 5.1** La matrice de relation de la voix du client et les caractéristiques techniques

	DI	CT1								CT2		PR	PRR
VC 1	10	9	9	9	9	9	9	9	9			720	31
VC 2	90									9	9	1620	69

La voix du client 1 (VC 1) est relativement moins d'importante que la voix du client 2 (VC 2). Le degré d'importance (DI) de chaque voix du client est 10% et 90% respectivement. Il existe deux caractéristiques techniques primaires, CT 1 et CT 2. La caractéristique technique 1 (CT 1) contient huit sous caractéristiques techniques qui sont liées fortement à la CT 1. Contrairement, deux sous caractéristiques techniques sont liés à la caractéristique technique 2 (CT 2). Les poids relatifs calculés sont 31% et 69% respectivement pour VC 1 et VC 2. Bien que le poids relatif de VC 1 soit 31%, le degré d'importance dans la conception du produit est 10%. Cette différence exige une transformation des données pour obtenir des comparaisons et résultats exactes qui s'appelle 'la normalisation du déploiement'.

Lyman [13] propose une transformation sur les valeurs de la matrice de relation  $\underline{R}$ . Lyman utilise une procédure où  $\underline{R} \cdot \mathbf{1} = \mathbf{1}$ . Cette recommandation est réalisée par la formulation suivante:

$$R_{i,j}^{nor.} = R_{i,j} / \left\{ \sum_{j=1}^n R_{i,j} \right\} \quad (5.3)$$

Les poids relatifs deviennent équivalents aux degrés d'importance en appliquant cette formulation aux valeurs de la matrice de relation. Cette formulation est valide quand les corrélations des caractéristiques techniques entre elles sont négligeables. Pour ne pas rater les corrélations des caractéristiques entre elles, on prolonge la formulation de Lyman pour tenir compte ces corrélations. Pour former le modèle, on utilise une représentation d'espace vectorielle de caractéristiques techniques et on suppose que la

corrélation de chaque besoin du client est indépendante. Pour former l'espace vectorielle des caractéristiques techniques, S, les vecteurs unitaires sont représentés comme  $\{\underline{v}_k\}$  pour  $k=1,2,\dots,n$ . Pour la représentation des corrélations entre les caractéristiques techniques, on introduit la notation  $\gamma_{jk}$  qui décrit la corrélation entre la caractéristique technique  $j$  et  $k$ . Cette corrélation est notée comme suivante:

$$\gamma_{jk} \equiv \underline{v}_j \cdot \underline{v}_k (= \cos(\underline{v}_j, \underline{v}_k)) \quad (5.4)$$

Quand on substitue la corrélation (5.4) à la formulation (5.3), la formulation prend la forme suivante:

$$R_{i,j}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^n R_{i,k} \cdot \gamma_{j,k}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n R_{i,j} \cdot \gamma_{j,k}} \quad (5.5)$$

où  $R_{i,j}^{norm}$  est la relation normalisée,  $\gamma_{jk}$  est la corrélation entre la caractéristique technique  $j$  et  $k$  pour  $j=1,2,\dots,n$  et  $k=1,2,\dots,n$ ,  $R_{i,j}$  est la relation quantifiée entre le besoin du client et la caractéristique technique pour  $i=1, 2,\dots,m$ ,  $j=1,2,\dots,n$ . La généralisation de la procédure proposée par Lyman est représentée comme l'équation suivante ci dessous:

$$(R_{i,1}\underline{v}_1 + R_{i,2}\underline{v}_2 + \dots + R_{i,n}) \cdot (\underline{v}_1 + \underline{v}_2 + \dots + \underline{v}_n) = 1 \quad (5.6)$$



La formulation (5.5) devient la proposition de Lyman quand les caractéristiques techniques sont indépendantes.

$R_{i,j}^{norm}$  indique le changement du niveau de la détermination du besoin du client  $i$ . La programmation linéaire pourrait être formulé comme la suivante:

$$Z = \max\{p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \dots + p_n \cdot x_n\} \quad (5.7)$$

sous les contraintes

$$c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n \leq B,$$

$$x_j \leq 1, \quad \forall j$$

$$x_j \geq 0, \quad \forall j$$

où  $Z$  est la valeur de la fonction objectif;  $x_j$  est la variable de décision pour  $j=1,2,\dots,n$ ;  $p_j$  est le poids déterminé par la normalisation pour  $j=1,2,\dots,n$ ;  $c_j$  est l'augmentation du coût unitaire pour  $x_j$ ,  $j=1,2,\dots,n$ ;  $B$  est maximum coût unitaire limité pour le projet.

La caractéristique technique est déterminée au niveau de  $x_j$ . Les variables de décision,  $x_j$  pour  $j=1,2,\dots,n$ .  $x_j$  prend la valeur '1' pour la détermination complète de la caractéristique technique  $j$ .

Cette programmation linéaire est illustrée dans le chapitre suivant par un exemple réel, obtenu par un travail collectif des participants pendant une formation professionnelle sur un lave-linge très vendu dans le marché.

## **6. L'application de QFD avec des données réelles au lave-linge**

Comme dans tous les autres secteurs, les fabricants des appareils électroménagers devraient considérer les aspects satisfaisants et insatisfaisants de leurs produits pour les clients. Les entreprises devraient assurer leur compétitivité en pratiquant une ou plusieurs méthodes de la qualité. Le QFD est une de ces méthodes qui tient compte les désires, les besoins du client sur un produit et adapte ces désires, ces besoins à la conception du produit. La gestion des entreprises voudrait appliquer des enquêtes pour qu'elle puisse sonder les problèmes, les avantages du lave-linge et les recommandations du client sur le lave-linge. Les résultats de ces enquêtes fournissent la première partie de la maison de la qualité. L'équipe de la recherche et développement du département du lave-linge transforme ces besoins aux caractéristiques techniques pour mieux traiter ceux qui sont nécessaires pour la satisfaction du client [2]. La technologie développe jour par jour dans le secteur des appareils électroménager, plutôt les lave-linge sont facile à utiliser, plus esthétiques, efficaces et rapides qu'auparavant. Dans quelques modèles, on utilise une intelligence artificielle qui optimise les performances des appareils. Plusieurs lave-linge offrent un programme spécial qui garantit un soin tout en douceur pour les textiles les plus délicats. La prise de décision de quelles caractéristiques techniques allaient être choisies (renfermées) dans la conception du lave-linge est illustré par un travail fait pendant une formation professionnelle sur le QFD dans une des entreprises des appareils électroménager très connu en Turquie. Les participants de la formation ont préparé collectivement la maison de la qualité expliquée dans les chapitres précédents d'un de leurs lave-linge très vendu dans le marché. L'entreprise est formée de 2000 employés. L'application est faite pour maximiser la satisfaction du client et l'entreprise vise à optimiser le processus de la conception pour le lave-linge.

La production et l'exportation ont augmenté de 46%, la vente de 60% en 2004 dans le secteur des appareils électroménager en Turquie. La production de réfrigérateurs, lave-vaisselle et appareils de cuisson ont augmenté beaucoup en comparaison avec l'année 2003 mais l'augmentation la plus efficace a fourni au lave-linge. La production de lave-linge était 477 milles pour le premier quart de l'année 2003, pourtant cette année la production est doublée et on a atteint 853 milles de lave-linge [23]. A la fin de l'année 2004, on a remarqué que le secteur des appareils électroménager a perdu de volumes. Les ventes ont diminué 70% pour les premiers sept mois de l'année 2004. Le gouvernement a perdu une quantité importante de taxe. Le chaumage a augmenté [24].

La maison de la qualité obtenue pendant ce travail est formée de six (6) besoins du client, l'importance de chaque besoin du client dans la conception du lave-linge, seize (16) caractéristiques techniques et les dépendances de ces caractéristiques techniques entre elles, le coût unitaire de chaque caractéristique technique est figurée dans la figure 6.1. L'objectif de ce travail est de minimiser le coût et augmenter la vie opérationnelle du lave-linge. Les besoins du client sont respectivement l'isolation phonique qui est reliée fortement à la caractéristique technique « bruit » et moins forte à la durée de vie des parts et au poids ; la fonctionnalité de programme est fortement reliée au nombre de programmes, à la consommation d'électricité, d'eau et de détergent, à la durée de vie des parts et à l'efficacité de rinçage et de lavage; le produit écologique est relié aux mêmes caractéristiques techniques que la fonctionnalité de programme plus au bruit, au poids et à la molarité d'eau sale avec presque le même degré de relation ; les économies énergétiques sont reliées fortement au nombre de programmes, à la consommation d'électricité et d'eau, à l'efficacité de lavage et au nombre d'entrée d'eau chaude ; l'endurance est fortement reliée au bruit, à la durée de vie des parts et à l'efficacité de lavage et finalement la simplicité d'utilisation pour un client est reliée au nombre de programmes, à l'hauteur de chargement, à l'angle d'ouverture de porte, à la force d'ouverture de tiroir et à la durée de nettoyage après 10 lavages et les autres relations sont moins fortes que les besoins cités. Le besoin le plus important pour ce type de lave-linge est l'isolation phonique. Les besoins moins importants sont l'endurance et la simplicité d'utilisation.

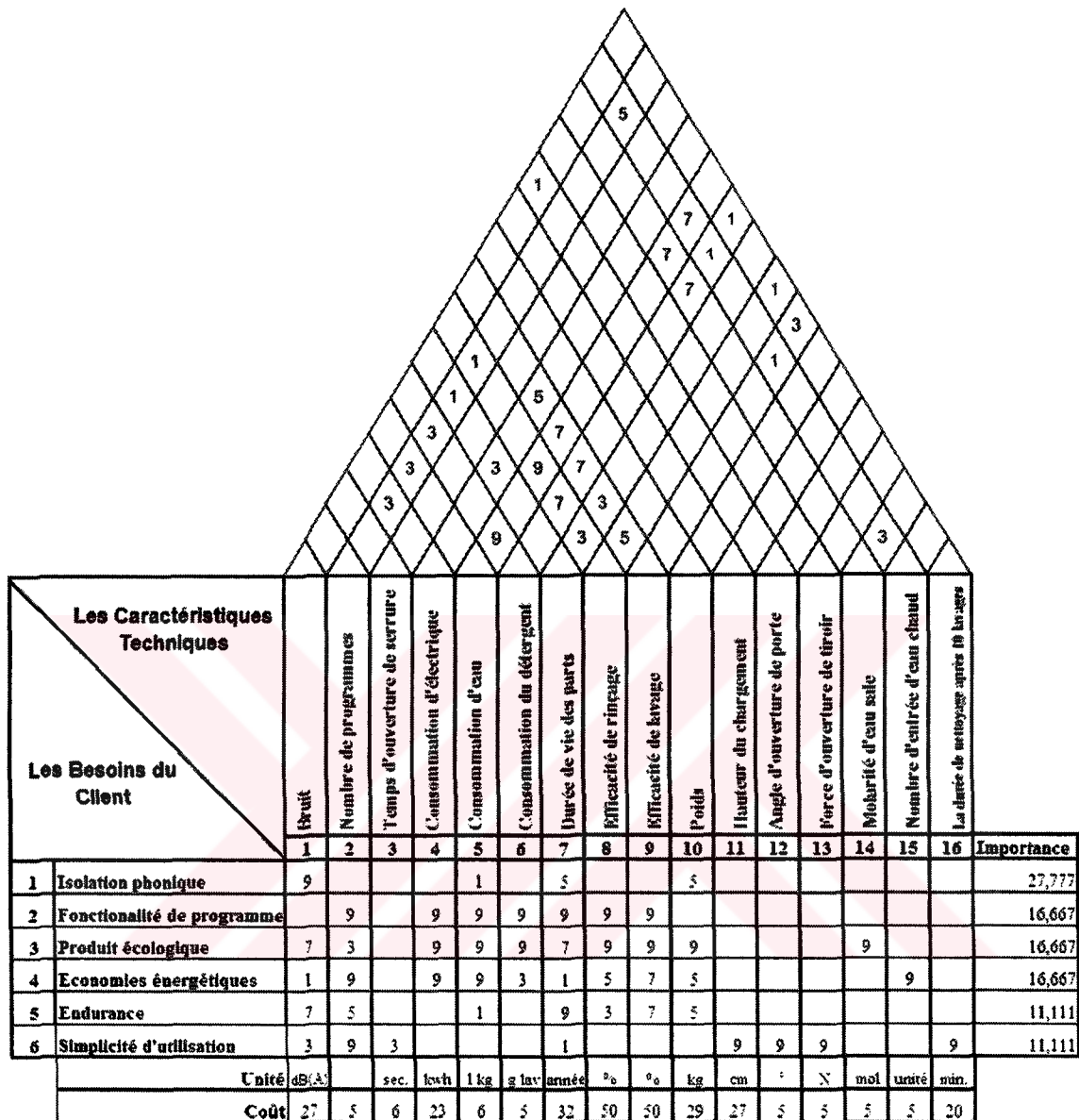


Figure 6.1 La maison de la qualité du lave-linge

D’après l’équation (5.1) introduite dans le chapitre 5, l’importance technique absolue de chaque caractéristique technique est calculée, ensuite en utilisant la formulation (5.2) représentée dans le chapitre précédente, ces valeurs absolues sont transformées au pourcentage appelé l’importance technique relative. Toutes les valeurs obtenues appliquant les calculs ci-dessus sont indiquées dans la figure 6.2. La somme des lignes et somme relative sont indiqués à la dix-huitième et dix-neuvième colonne de la figure 6.2.

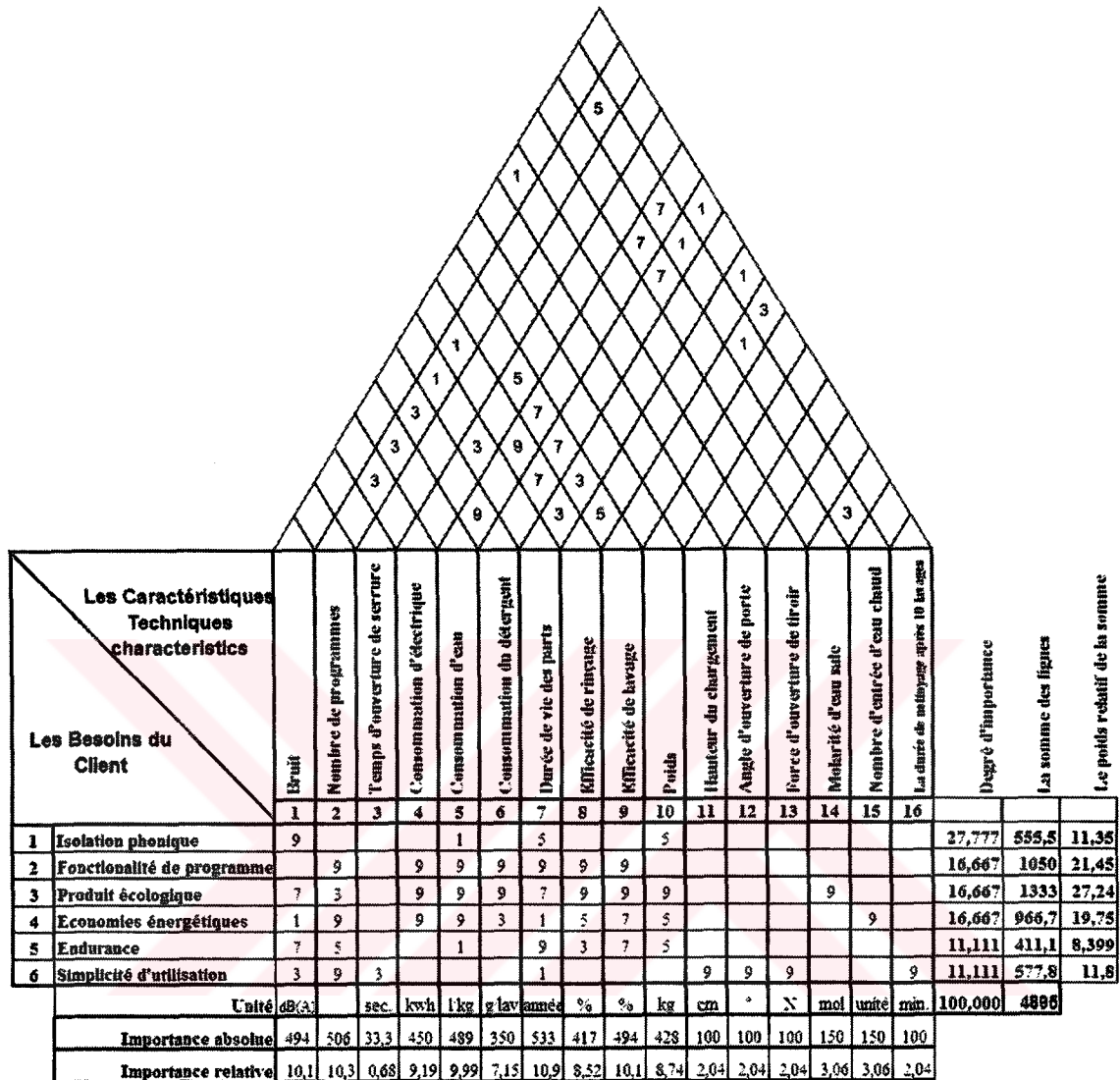


Figure 6.2 L'importance technique absolue et relative calculés et ajoutés à la maison de la qualité du lave-linge

Selon les résultats obtenus, on observe que l'importance relative de certaines caractéristiques techniques comme le bruit, la consommation d'électrique, la durée de vie des parts, l'efficacité de rinçage, l'efficacité de lavage, le poids, l'angle d'ouverture de porte, la force d'ouverture de porte, la molarité d'eau sale et le nombre d'entrée d'eau chaude ont à peu près le même pourcentage que le coût de chaque caractéristique technique.

Le degré d'importance des besoins du client varie quand on tient compte les relations des besoins du client avec les caractéristiques techniques, c'est le poids relatif de la

somme des lignes. Seulement, l'importance des besoins du client de l'isolation phonique et le produit écologique ont une grande variation en comparant avec le poids relatif de la somme de chaque besoin.

Avant d'appliquer le modèle pour la prise de décision de quelles caractéristiques techniques seraient dans la conception du lave-linge, les données devraient être normalisées pour engendrer les priorités de la conception plus significatives et pour éviter les problèmes qui peuvent se produire à cause de grandes différences d'échelle entre les données qu'on a expliqué dans le paragraphe précédent. C'est la transformation de Lyman proposé par la formulation (5.3) qui fournit cette normalisation, mais dans le cas qu'on travaille sur le lave-linge, on considère la formulation (5.5) révisée en tenant compte les corrélations des caractéristiques techniques pour arriver à des données révisées et détaillées. Les données normalisées sont indiquées dans la figure 6.3.

Le modèle proposé est formulé selon les données réelles du lave-linge qu'on pourrait observer la formulation à l'Appendice. On calcule le pourcentage de chaque caractéristique technique pour maximiser la satisfaction du client sur le lave-linge. Les données normalisées indiquées dans la figure 6.3 sont utilisées comme coefficients dans le modèle proposé (5.7) au chapitre précédent. Ces coefficients normalisés fournissent à obtenir des résultats applicables et possibles pour la conception d'un lave-linge. Le coût de chaque caractéristique technique est utilisé comme le coefficient de la contrainte de coût limité.

Le modèle est résolu par le programme de Lindo est attaché à l'Appendice. La fonction objective prend la valeur 97.2150 sous la contrainte de budget limité de 250 euros. On observe que presque toutes les caractéristiques techniques sont utilisées pour produire le lave-linge ou pour terminer la conception sauf la caractéristique technique qui est servi à réaliser le temps d'ouverture de serrure ne pourrait être utilisé ou pas. L'hauteur de chargement et la durée de nettoyage après 10 lavages sont négligeables au point de vue de l'adaptation de ce modèle au processus de la conception du lave-linge. L'efficacité de rinçage et de lavage jouent un rôle importantes pour la conception du lave-linge.

Elles sont standardisées d'après les standards d'EC. Le reste est déjà considéré dans la conception comme les concepts principales et propriétés du lave-linge.

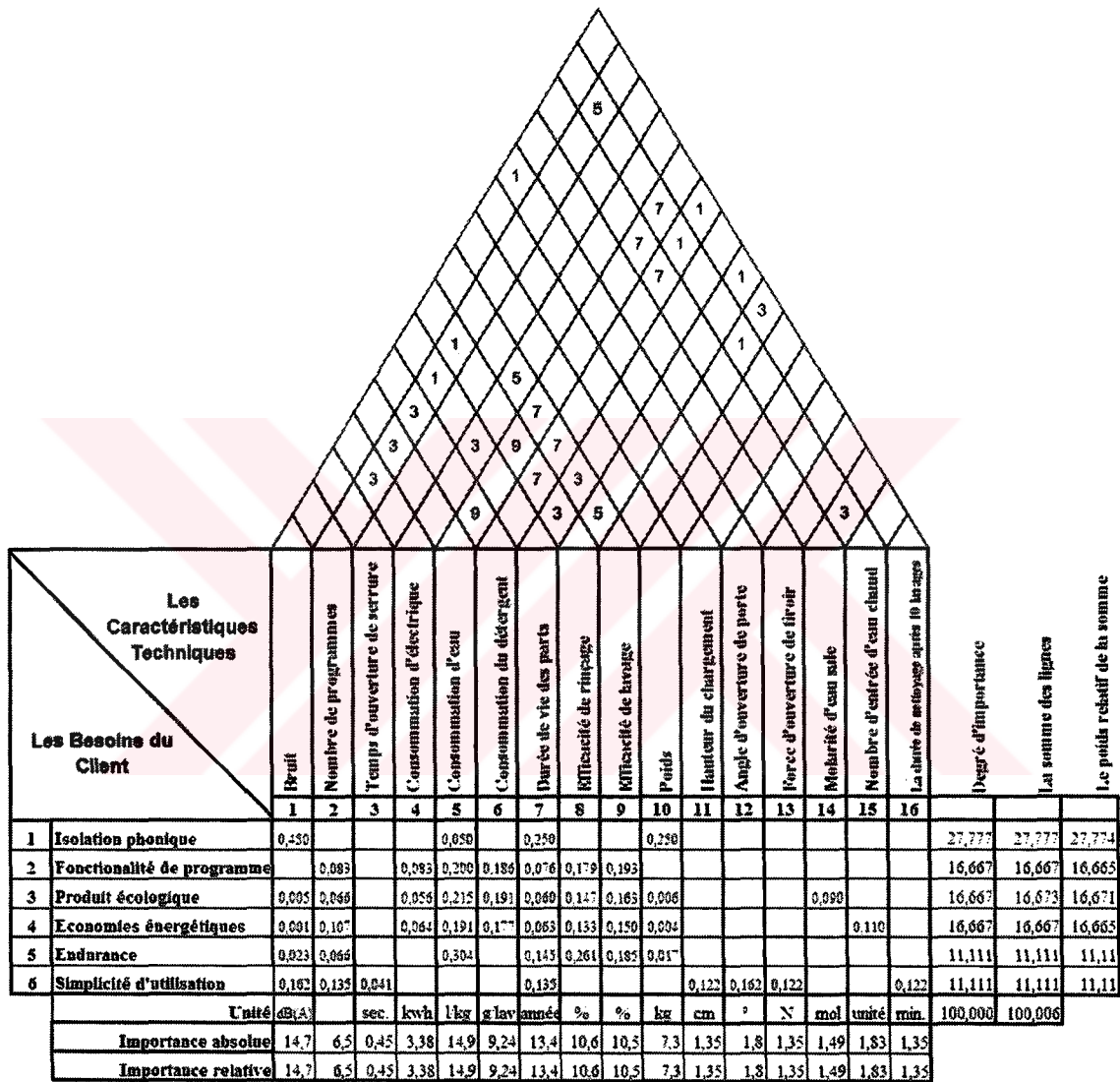


Figure 6.3 La maison de la qualité du lave-linge révisée avec les données normalisées.

## **7. Conclusion**

L'existence de déploiement de la fonction qualité continue plus de 30 années, pourtant il n'existe pas de standards pour son usage. Plusieurs compagnies ont déjà utilisé le QFD dans leur procédé de conception et continue à utiliser cette méthode de qualité pour pouvoir conquérir dans le marché de nos jours. Les cadres supérieurs et les autres cadres croient la puissance de déploiement de la fonction qualité pour la planification stratégique et technique pour leur organisation.

Le développement d'une stratégie de fabrication technique en utilisant QFD n'est pas une tâche facile. Cette tâche est compliquée et prend un temps considérable d'apprendre et d'utiliser pour accomplir une fabrication complète. Quand on apprend le processus de QFD, c'est le temps de l'implémentation.

Dans ce mémoire, on a d'abord donné une idée générale de déploiement de la fonction qualité, après on a détaillé la recherche en définissant le QFD une des méthodes considérée dans le concept de la gestion de la qualité totale et on a expliqué la théorie de QFD. L'histoire de QFD est racontée dès le moment de la pousse au Japon, les premières études exercées par les scientifiques, les articles publiés sont cités. L'histoire du développement aux Etats-Unis est expliquée, les premières compagnies qui ont utilisé cette approche nouvelle en ce temps-là sont nommées. L'élargissement de l'usage de QFD dans les autres pays est présenté. Le modèle de quatre phases conceptualisé par Clausing est expliqué, il est formé des étapes de la conception d'un produit, la matrice de planification de développement de produit traduit les besoins de client aux caractéristiques techniques du produit; la matrice de planification des pièces traduit les conditions importantes de création aux caractéristiques de produit/pièces; la matrice de planification de processus traduit les caractéristiques importantes de produit/



pièces aux opérations de fabrication; la matrice de planification de production traduit les opérations de fabrication importantes aux opérations quotidiennes et contrôles.

L'implémentation de QFD pour la conception d'un produit ou d'un service exige un investissement initial de ressources, les principales sont le temps, l'argent et le personnel. Le QFD est une clé importante à la réduction du temps de cycle du développement. Il aide les équipes techniques de prendre des décisions au début du processus du développement au moment où le coût du projet est relativement bas. L'amélioration du processus et la réduction de la reprise et la perte donne l'organisation la possibilité de réduire les coûts. En assurant les besoins, les produits ou les services deviennent plus attractives aux clients. Cela augmente la vente des produits ou services et en même temps les revenus de l'organisation. La communication devient facile entre les différents départements.

La matrice principale de QFD appelé la maison de la qualité est expliquée étape par étape. La voix du client formée des besoins, des désires, des attentes et les attributs du client de ce produit ou service est fournie des enquêtes faites aux consommateurs sur le produit ou le service. La matrice de planification est la matrice qui contient certaines propriétés de la voix du client. Les caractéristiques techniques traduites de la voix du client sont la troisième partie de cette matrice. Les autres parties sont les extensions de la voix du client et les caractéristiques techniques.

Une approche modifiée d'une des études faites dans la littérature est présentée comme modèle pour traiter les données réelles de la conception d'un lave-linge en tenant compte les corrélations entre les caractéristiques techniques. D'abord, l'importance de chaque caractéristique technique est calculée, les données sont normalisées pour avoir des résultats plus précis et proches pendant la conception réelle. Ces données sont utilisées dans la formation du modèle proposé pendant l'explication de la méthodologie. Le logiciel de Lindo est utilisé pour résoudre le programme linéaire sous la contrainte de budget limité, déterminé par l'équipe technique travaillée dans l'entreprise de la production du lave-linge. Le résultat montre que presque toutes les caractéristiques techniques pourraient être utilisées dans la conception et la production du lave-linge

pour maximiser la satisfaction du client sous la contrainte du budget déterminé. Les études et les approches avancées pourraient être développées pour réduire le coût, le temps de la durée de la conception et des étapes de production pour augmenter la vente du lave-linge et les revenus de la compagnie, pour avoir des lave-linge plus électroniques, moins chers, plus sophistiqués, c'est-à-dire un lave-linge qui est facile à utiliser, plus résistants aux facteurs explicites, plus écologiques, moins phoniques, plus fonctionnels qu'auparavant, et aussi pour avoir des linges plus claires, mieux nettoyés ayant une vie longue comparant aux linges des autres lave-linge moins avancés.



## **Bibliographie**

- [1] <http://perso.wanadoo.fr/masscom/Pqfd.htm>, (2004).
- [2] Huberac, J.-P., *Guide des Méthodes de la Qualité*, Maxima, Paris, (1998).
- [3] <http://www.qualiteonline.com/glossaire/def.php?id=76&clic=yes&choix=D>, (2004).
- [4] Chan, L-K., Wu, M-L., "Quality function deployment: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 143, 463-497, (2002).
- [5] Akao, Y., *Quality Function Deployment-Integrating Customer Requirements into Product Design*, Productivity Press, Portland, Oregon, (1990).
- [6] Cohen, L., *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, (1998).
- [7] Shillito, M.L., *Advanced QFD-Linking Technology to Market and Company Needs*, John Wiley & Sons, Rochester, New York (1994).
- [8] <http://www.qfdi.org/transact.htm>, (2004).
- [9] [http://www.iqi.fr/pdf/46\\_511.pdf](http://www.iqi.fr/pdf/46_511.pdf), (2004).
- [10] Terninko, J., *Step-by-Step QFD Customer Driven Product Design*, St.Lucie Press, Boca Raton, Florida, (1997).

- [11] Wang, H., Xie, M., Goh, T.N., "A comparative study of the prioritization matrix method and the analytic hierarchy process technique in quality function deployment", *Total Quality Management*, 9 (6), 421-430, (1998).
- [12] Karsak, E.E., Sozer, S., Alptekin, S.E., "Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach", *Computers & Industrial Engineering*, 44, 171-190, (2002).
- [13] Wasserman, G.S., "On how to prioritize design requirements during the qfd planning process", *IIE Transactions*, 25 (3), 59-65, (1993).
- [14] Halog, A., Schultmann, F., Rentz, O., "Using quality function deployment for technique selection for optimum environmental performance improvement", *Journal of Cleaner Production*, 9, 387-394, (2001).
- [15] Bode, J., Fung, R.Y.K., "Cost engineering with quality function deployment" *Computers & Industrial Engineering*, 35 (3-4), 587-590, (1998).
- [16] Chen, L-H., Weng, M-C., "A fuzzy model for exploiting quality function deployment", *Mathematical and Computer Modelling*, 38, 559-570, (2003).
- [17] Wang, J., "Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment", *International Journal of Production Research*, 37 (4), 899-916, (1999).
- [18] Kim, K-J., Moskowitz, H., Dhingra, A., Evans, G., "Fuzzy multicriteria models for quality function deployment", *European Journal of Operational Research*, 121, 504-518, (2000).
- [19] Karsak, E.E., "Fuzzy multiple objective programming framework to prioritize design requirements in quality function deployment", *Computers & Industrial Engineering*, 47, 149-163, (2004).

[20] Shin, J-S., Kim, k-J., Chandra M.J., “Consistency check of a house of quality chart”, *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 19 (4), 471-484, (2002).

[21] Franceschini, F., Rossetto, S., “Quality function deployment: How to improve its use”, *Total Quality Management*, 9 (6), 491-500, (1998).

[22] Vairaktarakis, G.L., “Optimization tools for design and marketing of new / improved products using the house of quality”, *Journal of Operations Management*, 17, 645-663, (1999).

[23] <http://www.milliyet.com.tr/2004/05/04/business/bus19.html>, (2004).

[24] <http://www.ntv.com.tr/101527.asp?cp1=1>, (2004).

## **Appendice** Le logiciel de LINDO utilisé pour résoudre le modèle linéaire

### **Le modèle**

MAX  $14.7 X_1 + 6.5 X_2 + 0.45 X_3 + 3.38 X_4 + 14.9 X_5 + 9.24 X_6 + 13.4 X_7 + 10.6 X_8$   
 $+ 10.5 X_9 + 7.3 X_{10} + 1.35 X_{11} + 1.8 X_{12} + 1.35 X_{13} + 1.49 X_{14} + 1.83 X_{15} + 1.35$   
 $X_{16}$

### **SUBJECT TO**

$27 X_1 + 5 X_2 + 6 X_3 + 23 X_4 + 6 X_5 + 5 X_6 + 32 X_7 + 50 X_8 + 50 X_9 + 29 X_{10} + 27$   
 $X_{11} + 5 X_{12} + 5 X_{13} + 5 X_{14} + 5 X_{15} + 20 X_{16} \leq 250$

$X_1 \leq 1$

$X_2 \leq 1$

$X_3 \leq 1$

$X_4 \leq 1$

$X_5 \leq 1$

$X_6 \leq 1$

$X_7 \leq 1$

$X_8 \leq 1$

$X_9 \leq 1$

$X_{10} \leq 1$

$X_{11} \leq 1$

$X_{12} \leq 1$

$X_{13} \leq 1$

$X_{14} \leq 1$

$X_{15} \leq 1$

$X_{16} \leq 1$

END

**Le résultat**

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5

## OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 97.21500

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	0.000000
X2	1.000000	0.000000
X3	0.500000	0.000000
X4	1.000000	0.000000
X5	1.000000	0.000000
X6	1.000000	0.000000
X7	1.000000	0.000000
X8	1.000000	0.000000
X9	1.000000	0.000000
X10	1.000000	0.000000
X11	0.000000	0.675000
X12	1.000000	0.000000
X13	1.000000	0.000000
X14	1.000000	0.000000
X15	1.000000	0.000000
X16	0.000000	0.150000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.075000
3)	0.000000	12.675000
4)	0.000000	6.125000
5)	0.500000	0.000000
6)	0.000000	1.655000

7)	0.000000	14.450000
8)	0.000000	8.865000
9)	0.000000	11.000000
10)	0.000000	6.850000
11)	0.000000	6.750000
12)	0.000000	5.125000
13)	1.000000	0.000000
14)	0.000000	1.425000
15)	0.000000	0.975000
16)	0.000000	1.115000
17)	0.000000	1.455000
18)	1.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 5

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	14.700000	INFINITY	12.675000
X2	6.500000	INFINITY	6.125000
X3	0.450000	0.431739	0.045000
X4	3.380000	INFINITY	1.655000
X5	14.900000	INFINITY	14.450000
X6	9.240000	INFINITY	8.865000
X7	13.400000	INFINITY	11.000000
X8	10.600000	INFINITY	6.850000
X9	10.500000	INFINITY	6.750000
X10	7.300000	INFINITY	5.125000
X11	1.350000	0.675000	INFINITY
X12	1.800000	INFINITY	1.425000
X13	1.350000	INFINITY	0.975000



X14	1.490000	INFINITY	1.115000
X15	1.830000	INFINITY	1.455000
X16	1.350000	0.150000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	250.000000	3.000000	3.000000
3	1.000000	0.111111	0.111111
4	1.000000	0.600000	0.600000
5	1.000000	INFINITY	0.500000
6	1.000000	0.130435	0.130435
7	1.000000	0.500000	0.500000
8	1.000000	0.600000	0.600000
9	1.000000	0.093750	0.093750
10	1.000000	0.060000	0.060000
11	1.000000	0.060000	0.060000
12	1.000000	0.103448	0.103448
13	1.000000	INFINITY	1.000000
14	1.000000	0.600000	0.600000
15	1.000000	0.600000	0.600000
16	1.000000	0.600000	0.600000
17	1.000000	0.600000	0.600000
18	1.000000	INFINITY	1.000000

## **Biographie**

Burçak Özbayraktar est née le 4 Juin 1978 à İstanbul. En 1989, elle a commencé ses études secondaires au lycée Saint Joseph et a été diplômé de cette école à 1997.

Entre 1997-1998, elle a étudié la langue anglaise comme préparatoire à l'université Technique d'Istanbul (ITU) et continué ses études universitaires à l'ingénierie de chimie. Elle a fait ses stages aux laboratoires de Dr. Pakize İ. Tarzi, à EVYAP et à Colgate - Palmolive Türkiye. Pendant la dernière année de l'université, elle a commencé à travailler à Colgate - Palmolive comme la responsable technique dans le département technique de l'entreprise. Après être diplômée de l'université, elle a commencé ses études de mastère en génie industriel à l'université de Galatasaray. Elle a préparé son mémoire de mastère sur le déploiement de la fonction qualité appliqué à l'industrie des appareils électroménager sous la direction de Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK.