

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK ÖDEME ALTERNATİFLERİNİN BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ
KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
(L'EVALUATION DES ALTERNATIVES DE PAIEMENT ELECTRONIQUE
AVEC DES METHODES FLOUES D'AIDE A LA DECISION)

140021

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilg.Müh. Gülfem IŞIKLAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Mayıs 2003

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2003

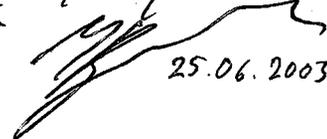
Tez Danışmanı : Doç. Dr. H. Ziya ULUKAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ethem TOLGA

Prof. Dr. Mehmet BOLAK

 25/6/2003

 25/6/2003

 25.06.2003

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KURUM BAŞKANLIĞI

HAZİRAN 2003

Préface

Ce travail concerne l'étude des différents systèmes de paiement électronique et quelques méthodes d'aide à la décision multicritères. L'évaluation des systèmes de paiement est réalisée à l'aide de ces méthodes. Puisque l'imprécision et la subjectivité sont apparues en décidant lequel système est préférable pour effectuer le paiement électronique, la théorie de l'ensemble flou a été utilisée.

Comme les systèmes de paiement électronique sont une partie essentielle de commerce et des affaires électroniques et sont considérablement importants pour leurs développements, il était nécessaire de choisir le système de paiement électronique le plus approprié pour la Turquie, qui est un candidat pour l'Union Européenne.

Je voudrais remercier tous ceux qui ont contribué à mon projet. Spécialement à M. Doç Dr. H. Ziya ULUKAN qui était mon conseiller, à S. Emre ALPTEKİN et à Pınar KAYMAZ pour leur contribution et courage qu'ils m'ont donné, aux experts de Garanti Teknoloji et à tous les enquêteurs.

23 Mai 2003

Gülfem IŞIKLAR

Table des matières

	Page
Préface	ii
Table des matières	iii
Liste des notations	vii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	x
Résumé	xiii
Özet	xv
1. Introduction	1
2. Le commerce électronique	5
2.1. La définition.....	5
2.2. Petite histoire du commerce électronique.....	6
2.3. Le commerce électronique en chiffres.....	6
2.4. Les transactions commerciales.....	8
2.5. Le commerce électronique en Turquie.....	10
3. Les systèmes de paiement électroniques	12
3.1. Introduction.....	12
3.2. La carte de crédit.....	14
3.3. La carte de crédit virtuelle.....	16
3.4. Les instruments de débit.....	17
3.4.1. Le débit direct (Le paiement automatisé).....	17
3.4.2. La carte de débit.....	18
3.4.3. Le chèque électronique.....	19
3.5. L'argent électronique.....	21
3.6. Le transfert de crédit.....	22
3.7. Le paiement mobile (M-Paiement).....	23
4. L'Intégration des systèmes de paiement dans le commerce d'Internet de B2C (Business to Consumer)	26

4.1. Le problème d'intégration.....	26
4.1.1. La définition du problème.....	26
4.2. Modeler le processus de transaction.....	27
4.2.1. Un modèle simple.....	27
4.2.2. Un modèle plus développé.....	29
4.3. L'intégration dans l'environnement informatique local.....	30
4.4. Les groupes principaux dans un système de paiement.....	31
5. La sécurité dans le paiement électronique.....	34
5.1. Les exigences de sécurité.....	34
5.2. Les risques du paiement en ligne.....	34
5.3. Introduction aux technologies de sécurité.....	36
5.3.1. Les concepts de base.....	36
5.3.2. La cryptographie à clé publique (Public key cryptography).....	38
5.3.3. L'infrastructure de clé publique (Public Key Infrastructure).....	38
5.4. L'utilisation de l'infrastructure de clé publique dans les applications.....	39
5.4.1. SSL (Secure Socket Layer).....	39
5.4.2. SET (Secure Electronic Transaction).....	40
5.4.3. 3D SET (Three Domain Model SET).....	41
6. Aide multicritère à la décision.....	43
6.1. Prendre une décision.....	43
6.1.1. Comment prendre une décision ?.....	43
6.1.2. Comment structurer un problème de décision ?.....	43
6.1.3. La prise de décision dans un environnement flou.....	46
6.2. Différentes techniques d'aide multicritères à la décision	47
6.2.1. Le processus analytique de hiérarchie (Analytic Hierarchy Process).....	47
a. Les comparaisons paires.....	48
b. La méthode de vecteur propre.....	50
c. Les priorités locales.....	53

6.2.2. TOPSIS (Technic for Order Preference by Similarity to Ideal Solution).....	54
7. La notion de floue (Fuzziness) et les ensembles flous.....	58
7.1. La notion de floue (Fuzziness) et la décision.....	58
7.2. Les concepts de base des ensembles flous et la logique floue.....	59
7.2.1. Le modèle mathématique.....	60
7.2.2. Les définitions pour les ensembles flous.....	61
7.2.3. Les termes utilisés pour les ensembles flous.....	62
7.2.4. Les opérations fondamentales et leurs propriétés.....	65
7.3. Quelques méthodes de classement des nombres flous.....	68
7.3.1. La méthode de classement intuitive.....	69
7.3.2. La méthode de α -coupe.....	69
7.3.3. La méthode d'ensemble maximisant et minimisant.....	70
a. Ensemble maximisant et l'utilité droite.....	70
b. Ensemble minimisant et l'utilité gauche.....	71
8. Méthodes d'aide multicritères à la décision utilisées.....	72
8.1. Le modèle du problème.....	72
8.1.1. La comparaison des performances avec le maximum flou et le minimum flou.....	76
a. La distance de Hamming.....	80
b. La distance euclidienne.....	80
8.1.2. La méthode de Cheng.....	80
8.1.3. La méthode de α -coupes.....	81
9. Application.....	85
9.1. La définition des alternatives, des critères et des sous-critères.....	86
9.2. La normalisation des matrices de décision.....	93
9.3. Les vecteurs de poids.....	93
9.4. La matrice de décision floue.....	96
9.5. La matrice de performances floue.....	96
9.6. Le flou maximum et le flou minimum	96
9.6.1. Les matrices de performance floues singletons.....	96
9.6.2. Les solutions idéales et anti-idéales.....	97

9.6.3. La distance de Hamming et la distance euclidienne.....	98
9.6.4. Les indices de performances.....	98
9.7. La matrice de performance de Cheng.....	101
9.8. La matrice d'intervalles par la méthode des α -coupes.....	103
9.8.1. Les indices de performances.....	106
10. Conclusion.....	109
Bibliographie.....	112
Biographie.....	114



Liste des notations

OCDE	Organisation de Coopération et de Développements Economiques
EFT	Electronic Fund Transfer
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
EDI	Electronic Data Interchange
UE	Union Européenne
FBI	Federal Bureau of Investigation
SET	Secure Electronic Transactions
SSL	Secure Socket Layer
3D SET	Three Domain Model Secure Electronic Transactions
POS	Point of Sale
SMS	Short Message Service
SIM	Subscriber Identity Module
CRM	Customer Relationship Management
ERP	Enterprise Resource Planning
PSP	Payment Service Provider
PKC	Public Key Cryptography
PKI	Public Key Infrastructure
CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
ACI	Average Consistency Index
AHP	Analytic Hierarchy Process
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

Liste des figures

	Page
2. Le commerce électronique	
Figure 2.1. Les clients en ligne 2001/2002.....	7
Figure 2.2. Les Internautes dans le monde 2001/2002.....	8
Figure 2.3. Les transactions dans les marchés électroniques.....	9
Figure 2.4. Intermédiaires entre le vendeur et l'acheteur.....	10
3. Les systèmes de paiement électronique	
Figure 3.1. La transaction de carte de crédit.....	15
Figure 3.2. La transaction du débit direct.....	18
Figure 3.3. La transaction de carte de débit.....	19
Figure 3.4. La transaction de chèque électronique.....	20
Figure 3.5. Les nombres d'abonnés du téléphone mobile 1992-2002.....	24
Figure 3.6. Les abonnés de téléphone cellulaire dans le monde-Juin 2002.....	25
4. L'intégration des systèmes de paiement dans le commerce d'Internet	
Figure 4.1. L'environnement du marchand et du client.....	30
6. Différents techniques d'aide à la décision multicritères	
Figure 6.1. Le processus d'analyse de décision à multicritères.....	45
Figure 6.2. Une hiérarchie à 3 niveaux.....	48
Figure 6.3. La matrice de décision.....	49
7. La notion de floue (Fuzziness) et les ensembles flous	
Figure 7.1. Un ensemble flou comme une famille de ces α -coupes.....	63
Figure 7.2. Ensemble convexe.....	64
Figure 7.3. Ensemble non convexe.....	64
Figure 7.4. Un nombre flou triangulaire.....	67
Figure 7.5. Méthode de classement de α -coupes.....	69
8. Méthodes d'aide à la décision multicritères utilisées	
Figure 8.1. La matrice de décision.....	72
Figure 8.2. La représentation graphique des termes linguistiques.....	74

Figure 8.3. La matrice plus basse.....	74
Figure 8.4. La matrice de performance floue.....	79
Figure 8.5. La matrice de décision floue de Cheng.....	80
Figure 8.6. La matrice de performance floue	82
Figure 8.7. La matrice de performance floue de α -coupe.....	82
Figure 8.8. La matrice de performance finale.....	83
Figure 8.9. La matrice de performance normalisée.....	83
9. Application	
Figure 9.1. Les étapes du problème d'évaluation des systèmes de paiement.....	86
Figure 9.2. La structure en hiérarchie du problème de décision.....	87
Figure 9.3. Les indices de performances des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda=1$	99
Figure 9.4. Les indices de performances des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda=0.5$	100
Figure 9.5. Les indices de performances des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda=0$	101
Figure 9.6. Les indices de performances des alternatives selon les valeurs de α ..	103
Figure 9.7. Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda=1$	107
Figure 9.8. Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda=0.5$	107
Figure 9.9. Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda=0$	108

Liste des tableaux

	Page
3. Les systèmes de paiement électronique	
Tableau 3.1. Utilisation de carte de crédit pour les achats en ligne dans différentes régions.....	16
4. L'intégration des systèmes de paiement dans le commerce d'Internet	
Tableau 4.1. Les étapes du modèle du processus de transaction.....	29
5. La sécurité dans le paiement électronique	
Tableau 5.1. Les fonctions des technologies de sécurité.....	42
6. Aide multicritères à la décision	
Tableau 6.1. L'échelle fondamentale de 1 à 9.....	49
Tableau 6.2. Les comparaisons de poids.....	50
Tableau 6.3. Les évaluations des critères	51
Tableau 6.4. Les évaluations des critères inconsistantes.....	52
Tableau 6.5. Les valeurs de ACI.....	52
Tableau 6.6. Les évaluations des critères de A, B et C.....	54
Tableau 6.7. Les moyens géométriques.....	54
Tableau 6.8. Les poids normalisés.....	54
7. La notion de floue (Fuzziness) et les ensembles flous	
Tableau 7.1. Les connections logiques.....	66
8. Méthodes d'aide à la décision multicritères utilisées	
Tableau 8.1. Les nombres flous.....	73
Tableau 8.2. Termes linguistiques utilisées en créant la matrice d'évaluation de critères.....	73
Tableau 8.3. Termes linguistiques utilisées en créant la matrice de décision.....	74
9. Application	
Tableau 9.1. Les critères et les sous-critères	87
Tableau 9.2. Les alternatives.....	88

Tableau 9.3. Les jugements linguistiques des critères techniques.....	88
Tableau 9.4. Les jugements qualitatifs des critères techniques.....	89
Tableau 9.5. Les jugements linguistiques des critères économiques.....	90
Tableau 9.6. Les jugements qualitatifs des critères économiques.....	90
Tableau 9.7. Les jugements linguistiques des critères sociaux.....	91
Tableau 9.8. Les jugements qualitatifs des critères sociaux.....	92
Tableau 9.9. Les jugements normalisés des critères techniques	93
Tableau 9.10. Les jugements normalisés des critères économiques.....	93
Tableau 9.11. Les jugements normalisés des critères sociaux.....	93
Tableau 9.12. Les vecteurs des évaluations des facteurs techniques.....	94
Tableau 9.13. Les vecteurs des évaluations des facteurs économiques.....	94
Tableau 9.14. Les vecteurs des évaluations des facteurs sociaux.....	95
Tableau 9.15. Les vecteurs des évaluations	95
Tableau 9.16. Les vecteurs de poids.....	95
Tableau 9.17. La matrice de décision finale.....	96
Tableau 9.18. La matrice de performance floue.....	96
Tableau 9.19. Les performances relatives.....	97
Tableau 9.20. Les matrices de performances floues singletons.....	97
Tableau 9.21. Les tables de distances pour $\lambda = 1$	98
Tableau 9.22. Les tables de distances pour $\lambda = 0.5$	98
Tableau 9.23. Les tables de distances pour $\lambda = 0$	98
Tableau 9.24. Les indices de performances.....	99
Tableau 9.25. Le classement des alternatives	99
Tableau 9.26. La matrice de performance de Cheng.....	101
Tableau 9.27. La classification des nombres flous avec $\alpha = 0.750$	102
Tableau 9.28. Les performances des alternatives.....	102
Tableau 9.29. La classification des alternatives avec $\alpha = 0.750$	102
Tableau 9.30. La matrice d'intervalle avec $\alpha = 0.750$	103
Tableau 9.31. La matrice de performance finale pour $\lambda = 1$	104

Tableau 9.32. La matrice de performance finale pour $\lambda = 0.5$	104
Tableau 9.33. La matrice de performance finale pour $\lambda = 0$	104
Tableau 9.34. Matrice de performance normalisée pour $\lambda = 1$	104
Tableau 9.35. Matrice de performance normalisée pour $\lambda = 0.5$	105
Tableau 9.36. Matrice de performance normalisée pour $\lambda = 0$	105
Tableau 9.37. Les degrés de similarités pour $\lambda = 1$	105
Tableau 9.38. Les degrés de similarités pour $\lambda = 0.5$	105
Tableau 9.39. Les degrés de similarités pour $\lambda = 0$	106
Tableau 9.40. Les indices de performances des alternatives.....	106
Tableau 9.41. Le classement de performances.....	106



Résumé

La compétition globale est récemment devenue le plus grand intérêt de la fabrication et des compagnies de services. En outre la prolifération mondiale de l'Internet a mené à la naissance du commerce électronique; un environnement d'affaires qui permet le transfert d'information électronique transactionnelle. Le commerce électronique permet aux sociétés d'atteindre tous les consommateurs potentiels de partout dans le monde. Le deuxième chapitre du travail inclut les définitions générales du commerce électronique avec son histoire et les chiffres à propos de ce genre de commerce dans le monde.

A cet égard, un problème important, est le manque d'un système de transaction financière intégré dans un marché électronique ouvert tel que l'Internet. Respectivement, le paiement et l'encaissement sécurisé de la part du consommateur et du fournisseur sont les aspects les plus importants du commerce d'Internet. Pour surmonter ces obstacles, beaucoup d'individus et d'organismes ont développé des systèmes de transaction financière pour Internet dont nous appelons aujourd'hui "systèmes de paiement d'Internet".

Dans le troisième chapitre du projet, une analyse des systèmes de paiement généralement utilisés parmi les systèmes utilisés dans les pays européens est présentée. Ce sont: La carte de crédit, la carte de crédit virtuelle, l'argent électronique, le paiement mobile, le transfert de crédit et les instruments de débit dont les propriétés se trouvent dans le quatrième chapitre.

Comme les réseaux de transmission d'Internet sont peu sûrs et le nombre d'infractions de sécurité continue à augmenter de plus en plus, plusieurs technologies de sécurité ont été créées dont les plus importantes sont SSL, SET et 3D SET ce qui sont discutés dans le cinquième chapitre.

Le but de ce travail est de choisir le système de paiement électronique le plus approprié pour la Turquie, qui est un candidat pour l'Union Européenne. Pour réaliser ainsi, trois méthodes différentes sont utilisées. Toutes les méthodes se servent des poids des critères qui sont calculés à l'aide des comparaisons systématiques du processus analytique de hiérarchie. Mais nous savons qu'il existe en générale des imprécisions dans les définitions de la structure schématique des problèmes ou des événements dans les situations réelles ce qui sont expliqués par la *notion de floue*. Puisqu'il y a des incertitudes dans notre problème comme la majorité des problèmes d'aide à la décision multicritères, la théorie de l'ensemble flou est appliquée. Toutes les évaluations et tous les calculs dans le travail sont faits avec l'aide des nombres flous triangulaires.

Les méthodes utilisées se différencient à l'étape de la classification des alternatives. La première utilise la théorie d'utilité et calcule l'utilité droite et l'utilité gauche de chaque alternative. En suite, elle les compare avec le flou maximum et minimum pour trouver les distances à la solution idéale et à la solution anti-idéale de chaque alternative. Le classement des alternatives se fait par TOPSIS, qui est une autre méthode d'aide à la décision. Dans la deuxième méthode, les α -coupes des alternatives sont trouvés, puis le classement des systèmes de paiement est fait juste en observant leurs α -coupes. Dans la troisième et la dernière méthode, après les calculs des α -coupes, la méthode de TOPSIS est appliquée pour ranger les alternatives.

Ce n'est pas seulement un travail qui compare les systèmes de paiement électroniques en respect plusieurs critères, mais aussi un travail qui compare les résultats obtenus de trois méthodes différentes d'aide à la décision multicritères. Les résultats ont montré que l'optimisme ou le pessimisme du décideur peut faire changer l'ordre de préférences des alternatives, mais les classements obtenus à la fin de ces trois méthodes sont assez semblables ce qui nous prouve que ces méthodes d'aide à la décision sont efficaces.

Özet

Bilindiği gibi, “ticaret” ifadesi “mal veya hizmetin satın alınması ve satılması” işlemlerini kapsamaktadır. Bu sürecin elektronik ortamda, İnternet üzerinde yapılması e-ticaret kavramını ortaya çıkarmıştır. E-ticaretin tanımı konusunda farklı ülkelerin kuruluşları tarafından farklı tanımlar ortaya konmaktadır. Ancak e-ticaret konusunda en yaygın genel kabul görmüş tanım OECD tarafından 1997’de yapılan tanımdır. Bu çerçevede e-ticaret aşağıdaki eylemleri kapsayan bir süreç olarak tanımlanmaktadır:

- Ticaret öncesi firmaların elektronik ortamda bilgilenmesi ve araştırma yürütmesi,
- Firmaların elektronik ortamda buluşması,
- Ödeme sürecinin yerine getirilmesi,
- Taahhüdün yerine getirilmesi, mal veya hizmetin müşteriye teslimi,
- Satış sonrası bakım, destek, vb. hizmetlerin temin edilmesi.

E-ticaret genel olarak iki ayrı başlık altında incelenmektedir: B2C (Business to Consumer) ve B2B (Business to Business). WWW teknolojisindeki hızlı gelişmeler sonucunda ortaya çıkan sanal mağaza uygulamaları ile İnternet’te firmalar elektronik ortamda; bilgisayardan otomobile, kitaptan pizzaya birçok ürünün doğrudan tüketiciye satışını yapmaya başlamışlardır. B2C diye adlandırılan bu tarz ticaret dışında, firmaların elektronik ortamda tedarikçiye sipariş vermesi, faturalarını temin etmesi ve bedellerini ödemesini kapsayan işlemler ise B2B başlığı altında değerlendirilmektedir.

Aslında İnternet, uzun zamandır üzerinde konuşulan global ekonominin hayata geçirilmesi için gereken altyapının ta kendisidir. Ülke sınırlarının olmadığı ve yöresel/bölgesel kuralların yerine standartların konulduğu yapısıyla yeni ekonomik düzenin uygulama alanıdır. Global bilgi ağı üzerinde yapılan ticaretin son yıllarda katlanarak artması, uygun ekonomik konjonktürün yanı sıra İnternet kullanımının yaygınlaşması, iletişim altyapısının güçlenmesi ve güvenlik konusundaki endişelerin büyük oranda ortadan

kalkmasını sağlayan teknolojilerinin gelişmesi gibi teknolojik faktörler ile bir araya gelmesiyle açıklanabilir.

Elektronik ticaret için alıcı ve satıcıların güvenli, güvenilir ve kolay değer transferi sağlamalarına olanak sağlayacak araçların sağlanması hayati önem taşımaktadır. İnternet üzerinden ticari işlem yapan partilerin (alıcı, satıcı ve aracılar) fiziksel olarak birbirlerinden uzak ve çoğu zaman farklı ülkelerde olmalarının yol açtığı güvensizlik, geleneksel ticarete bile henüz tam anlamıyla çözülmeyen bir çok sorunun elektronik ticaret için çözülmesi talebini ciddi hale getirmektedir. Elektronik ticaretle ilgili yapılan araştırmalar e-ticarette en büyük sorunun tarafların birbirlerinin kimlikleri ve yetkilerini kontrol etmekte yaşadıkları zorluk olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tarafların iddia ettikleri kişiler olduklarını kanıtlamalarının dışında aynı zamanda kendi yetkilerine uygun davranıp davranmadıklarının kontrolü de gereklidir. Alıcı, satıcı ve aracılardan iddia ettikleri kişiler olduklarını kanıtlamaları gerçek hayatta karşılıklı kimlik ibrazıyla elektronik ortamda ise dijital sertifikalar yardımıyla yapılmaktadır. Ancak dijital sertifikaların kullanımı dağıtım ve bakım ile ilgili zorlukların dışında sertifikaların mobilite-lerinin henüz sağlanamaması sebebiyle yaygınlaşmamıştır.

Kredi kartları yaygın kullanımı, olgunlaşmış standartları ve “online” işleme olanak tanıyan altyapısı sayesinde işletmeden tüketiciye elektronik ticaret için var olan ödeme yöntemleri arasında en uygun çözümlerden biridir. Alıcının yetkisine uygun (limitleri dahilinde) işlem yapıp yapmadığının gerçek zamanlı kontrolü “online” provizyon talebiyle yapılmakta ve ödeme güvenilir bir parti (banka) tarafından garanti edilmektedir. İnternet üzerinden yapılan alışverişlerin güvenliği ile ilgili kaygılar finansal bilginin (kredi kartı numarası gibi) açık bir ağ olan İnternet üzerinde transfer edilirken istenmeyen kişilerce ele geçirilmesi ve tarafların birbirlerinin kimliklerini kontrol edememeleri nedeniyle oluşan problemlerden kaynaklanmaktadır.

Bilginin İnternet üzerinde iki nokta arasında transfer edilirken çalınması riski telefonda iletilmesi sırasında telefonu dinleyen biri tarafından çalınması riskinden fazla değildir. Ayrıca bu risk bilginin İnternet üzerinden şifrelenmiş olarak transfer edilmesini sağlayan şifreleme teknolojileri kullanılarak çözülmüş, sorun olmaktan çıkmıştır.

Müşterilerin sanal mağazalara güvenli erişimi için, SSL standardı kullanılmaktadır. Satıcı firma, bir onay kurumundan aldığı elektronik web sitesi kimliği ile mağazasının sanal dünyadaki kaydını gerçekleştirmektedir. Müşteri ile satıcı firma arasındaki iletişimde güvenliği sağlayan SSL; Internet'te ulaşılan adresin gerçekten aranan mağaza olup olmadığını kontrol etmekte ve bilgilerin şifrelenerek gönderilmesini sağlamaktadır.

Satıcı firma ile banka arasındaki iletişimin güvenliği ise SET protokolü ile gerçekleştirilmektedir. Müşteriden SSL ile alınan ödeme bilgileri (kredi kartı bilgileri gibi), satıcı firma tarafından bankaya SET protokolü ile şifrelenerek gönderilmektedir. Banka, müşterinin hesabının uygun olması durumunda, alışverişini onaylamakta ve provizyon bilgisini satıcı firmaya göndermektedir. Satıcı firma, müşterisine siparişin tamamlandığını bildirdikten sonra bankaya bağlanarak alışveriş tutarını hesabına aktarmaktadır.

Asıl risk kart sahibinin kimliğinin kontrolünün yapılamamasının kaynaklanmaktadır. Aslında fiziki olarak kredi kartının POS cihazından geçmesini gerektirmeyen işlemler (telefon/mail order ve Internet işlemleri), kart sahibinden başkalarının da bir kaç bilgiye sahip olmaları durumunda alışveriş yapabilmelerine olanak tanıdığından risk içermektedir. Sadece kredi kartı numarası ve son kullanma tarihi bilgileri alışveriş için yeterlidir. Örneğin bir gazeteye ilan vermek istendiğinde telefonda kart numarası ve son kullanma tarihi bilgilerinin vererek ödeme yapılabilmektedir. Bu nedenle bir çok kart sahibi tedirgin olmakta ve haklı olarak ihtiyaçları olduğu halde bu tür işlemlere soğuk bakmaktadırlar.

Internet üzerinden güvenli bir şekilde ödeme yapılabilmesi için pek çok araç geliştirilmiştir. Kredi kartının tüm dünyada standart bir ödeme altyapısına sahip olması ve kullanıcı kitlesinin genişliği Internet üzerinden yapılan alışverişlerde en çok kullanılan ödeme yöntemi olmasını sağlamıştır. Daha önce bahsettiğimiz gibi, alışveriş sırasında kredi kartı bilgilerinin üçüncü şahıslarca ele geçirilmesinin önlenmesi amacıyla bu bilgilerin şifrelenmesi esasına dayanan SSL ve SET protokolleri kullanılmakta, böylece alışveriş güvenliği kolaylıkla sağlanmaktadır.

Son yıllarda kredi kartının barındırdığı güvenlik sorununu bir derece çözümlenmek amaçlı, mevcut kredi kartı işleyişini bozmadan kart sahibinin kontrolü dışında kredi kartı ile işlem yapılmasının önüne geçmenin en kolay yolunun, kredi kartının kullanılabilir

limitinin kontrol altına alınmasıyla sağlanabileceği düşüncesiyle, sanal kredi kartları geliştirilmiştir. Bu şekilde, kredi kartının aksine yıllık kart ücreti ödmeden, birçok sanal mağazada alışveriş yapılabilir. Alışveriş yapılmadan önce, sanal kartın kullanılabilir limitini alışveriş miktarına yükseltip, alışveriş işleminin sona ermesinden sonra kullanılabilir limitini tekrar “1 TL”na indirmek suretiyle, kartın kullanıcı haricinde kullanılması önlenmiştir.

Bir diğer elektronik ödeme yöntemi elektronik paradır. Türkiye’de şu an kullanım alanı sadece “hediye para” tabir edilen, üye mağazalardan alışveriş yapmak suretiyle alışveriş tutarının belli bir oranının kredi kartınızda birikmesi yöntemiyle elde edilen haliyle sınırlıdır. Bu oran mağaza tarafından belirlenmektedir. Kartta biriken bu elektronik paralar diğer alışverişlerde harcanabilmektedirler.

Başka bir ödeme yöntemi ise, cep telefonu kullanarak ödeme yapılmasını mümkün kılan mobil ödeme yöntemidir. Bu sistem, dilenilen yerden alışveriş yapıp ödemenin kart kullanmadan cep telefonundan yapılabilmesini sağlamaktadır. Kredi kartı numarasına ihtiyaç duyulmadığı için Internet’te alışveriş için güvenli bir yöntem olarak görülse de, kullanımı daha yeni olduğu için yaygınlaşmamıştır.

“Debit” yöntemleri adıyla geçen sistemleri başlıca 3 başlık altında inceleyebiliriz:

- Otomatik ödemeler: Sürekli yenilenen ödemeler için (kira ödemeleri, faturalar,vb), aracı kuruma verilen talimatla başlatılan ve faturaların ödemelerinin son gününde kullanıcının banka hesabından gerekli miktar çekilip, doğrudan gerekli hesaba yatırılmasıyla gerçekleşen bir yöntemdir.
- “Debit” kart: Ödeme esnasında miktar doğrudan kullanıcının hesabından çekilmektedir. Kullanıcının bilgileri kart üzerindeki manyetik bantta yazılıdır. Bu bilgilerin okunabilmesi için bir okuyucu gerekmektedir. Okuyucu, kartın üzerinde müşteriye ait bilgileri okumakla birlikte, karta bağlı banka hesabında alışveriş tutarını karşılayacak kadar para olup olmadığını da kontrol eder. Bu yöntemin kredi kartından daha güvenli sayılmasının nedeni, kullanıcının kart okuyucuya sokulduktan sonra, işlemlerin sürebilmesi için kartın şifresini girmesi gerekesidir.

- Elektronik çek: Elektronik çek, elektronik ticaret gerçekleştiren sitelerin ödemeleri çek olarak kabul etmelerini ve işleyebilmelerini sağlayan bir ödeme sistemidir. Düzenli ödemelerde başvuru kurallara tabidir. Elektronik çeklerde, yapılan işlemde, ne miktarda işlem yapıldığına bakılmaksızın belirli ve sabit bir ücret alınırken, kredi kartında alınan ücret, ödeme yapılan miktarın belirli bir yüzdesidir. Yani, büyük miktarlarda ödeme yapan kullanıcılar için kredi kartı kullanmak, oldukça masraflı olabilmektedir.

Son olarak inceleyeceğimiz ödeme yöntemi ise kredi transferidir. Bu yöntemle, kullanıcının bankasına verdiği talimatla, ödeme tutarı, istenilen banka hesabına iletilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın amacı, Avrupa Birliği'ne girme sürecinde bulunan Türkiye için en uygun elektronik ödeme yönteminin bulunmasıdır. Bu sebepten dolayı, bahsedilen bu 6 ödeme sistemi, Avrupa Birliği ülkeleri tarafından yaygın olarak kullanılan sistemler arasından seçilmiştir. Bu seçimi doğruya en yakın şekilde yapabilmek için, her ödeme yöntemini birçok ölçüte göre değerlendirmek gerekmektedir. İşte bu yüzden, çok ölçütlü karar verme tekniklerinden yararlanılmıştır.

Çok ölçütlü karar verme problemleriyle, gerek günlük yaşamda, gerek iş yaşamında sıklıkla karşılaşılmaktadır. Günümüzde kullanılan yöntemler birbirlerinden farklı olmalarına rağmen, temel anlamda benzerlik göstermektedirler.

Bir karar verme probleminde, çözüme başlamadan önce yapılması gereken işlem, problemdeki tüm alternatiflerin, kriterlerin ve bu kriterlerin eğer varsa alt kriterlerinin belirlenmesidir. Bu belirlemeler yapılırken genelde konunun uzmanı olan kişilere danışılır. Bir sonraki adım, kriterlerin önem derecelerinin saptanmasıdır. Bu aşamada da, yine uzman kişilere başvurulabilir; ancak unutulmamalıdır ki, her iki adımda da, kişilerden alınan bilgiler öznel dirler. Bundan dolayıdır ki, verecekleri puanlar farklılık gösterecektir. Önemli olan adayların kriterleri ne ölçüde sağladıklarının bulunmasıdır. Genelde bu adımda geçmişte yapılmış olan istatistiksel bilgilerden faydalanılır. Yapılan çalışmada, adayların kriterleri ne ölçüde sağladıkları, Garanti Teknoloji uzmanlarıyla birlikte belirlenmiştir. Seçilen kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin saptanması ise, 17 kişiye uygulanan aynı anketten elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması olarak yapılmıştır. Buradaki amaç, çeşitli kullanıcı bakış açılarını göz önüne almak,

yani genel bir sonuç bulmak istenmesidir. Adayların kapasiteleri belirlendikten sonra, kriterlerin önem dereceleri de göz önüne alınarak en uygun veya en uyguna en yakın seçim yapılır.

Çalışmada kullanılan kriterler teknik, ekonomik ve sosyal faktörler olmak üzere genel olarak 3'e ayrılmışlardır. Teknik faktörler kendi arasında:

1. Kimliğin aslıyla aynılığının kanıtlanması
2. Evrensellik
3. Uzaktan erişim
4. İzlenebilirlik
5. Güvenlik

olarak alt kriterlere ayrılmıştır.

Aynı şekilde ekonomik faktörler kendi arasında:

1. Kabul görme
2. Düşük sabit ücretler
3. Düşük işlem ücretleri
4. Geri ödeme

olarak 4 alt kriterlere ayrılmıştır. Son olarak sosyal faktörler de 4 alt ölçüde bölünmüştür:

1. Kimliğin gizliliği
2. Kullanım kolaylığı
3. Kişisel gizlilik
4. Günlük hayata entegre edilebilme

Kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemleri son adımda farklılık gösterebilir. Bazı veriler hiyerarşik bir biçimde yapılandırıldıktan sonra, ikili karşılaştırmalar yapılarak (AHP); bazıları da en iyi ve en kötü kriter değerlerini belirleyip, en iyi kriter değerlerine yakın ve aynı zamanda en kötü değerlere uzak olan alternatifi belirleyerek en iyi sonuca ulaşırlar. “En doğru seçime ulaşmak” çoğu zaman mümkün olmamaktadır; çoğu zaman uygun seçime en yakın kararı almak durumunda kalırız.

Yukarıda belirtilen adımlarda, ölçütlerin uzman kişiler tarafından belirtildiği için öznel olduklarını belirtmiştik. Değerlendirmeler çoğunlukla 5'li, 7'li veya 9'lu ölçeklerde, sözel terimler kullanılarak (önemli, daha önemli,vb.) yapılmaktadır. Bu gibi sözel terimleri klasik sayılarla ifade etmek güçtür. Buna bir çözüm bulmak amacıyla, Lotfi Zadeh, 1965 yılında bulanık küme kavramını ortaya çıkarmıştır.

Bu teori sayesinde, sözel değerler, bulanık sayılar yardımıyla ifade edilebilmektedirler. Bu değerlerle yapılacak tüm işlemler de, yine aynı şekilde, bulanık sayılarla yapılabilmektedirler. Bulanık sayılar 0 ile 1 arasında değişen tüyelik dereceleriyle belirlenmektedirler.

Çalışmada aday sistemlerin arasından en uygun olanı seçmek için 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilkinde; kriterlerin ağırlıkları ve aday sistemlerin kapasitelerinin birbirleriyle çarpılması sonucu elde edilen bulanık performans matrisinin oluşturulmasından sonra, “ençoklayan” ve “enazlayan” kümeler belirlenir. Bu kümeler, kriterlerin en iyi ve en kötü bulanık değerlerini göstermektedirler. Bulanık performans matrisinin, yine bulanık olan bu kümelerle kesişimleri bulunur. Bu değerler 3 tip kullanıcı bakış açısına göre değerlendirilir ve 3 adet “bulanık tekil performans matrisi” bulunur. Bu matrislerden yararlanılarak her bir kriteri sağlayan en iyi ve en kötü değerler belirlenir. Her aday sistemin bu yolla performans indeksi belirlendikten sonra, en büyük indekse sahip olan sistem en tercih edilen sistem olmak kaydıyla sıralama yapılır.

Uyguladığımız 2. yöntemde ise, Cheng'in önerdiği şekilde bulanık performans matrisinin oluşturulmasından sonra, seçilen α değerine göre, sayıların α -kesitleri alınır. Sıralama doğrudan doğruya bu sayıların en büyük değerlerinin büyükten küçüğe dizilmesi şeklinde yapılır.

Son yöntemde ise, bulanık performans matrisi belirlendikten sonra, seçilen α değerine göre, bulanık sayıların α -kesitleri alınır. Bu değerler 3 tip kullanıcı bakış açısına göre değerlendirilir ve 3 adet “bulanık tekil performans matrisi” bulunur. Bu aşamadan sonra ise TOPSIS adımları uygulanır; her alternatifin ideal çözüme ve anti-ideal çözüme olan uzaklığı hesaplanır. En iyi olan alternatif, ideal çözüme en yakın ve anti-ideal çözüme en uzak olandır.

Yukarıda bahsedilen metotlar kullanılarak bulunan alternatiflerin iyiden kötüye sıralanması, çeşitli müşteri bakış açılarına göre değişiklik göstermesine rağmen, varılan genel sonuç şu şekildedir:

1. “Debit” yöntemleri
2. Kredi kartı
3. Sanal kredi kartı
4. Elektronik para
5. Kredi transferi
6. Mobil ödeme

Elde edilen sonuç mantıklıdır; kredi kartı her ne kadar çok yaygın ve kolay kullanılan bir elektronik ödeme çeşidi olsa da, güvenlik açısından olumsuzlukları olduğundan dolayı, bu açıdan çok daha kuvvetli olduğuna inanılan “debit” yöntemleri daha çok tercih edilir çıkmıştır. Burada güvenlik kriterinin, kullanıcı açısından önem derecesinin yüksek olmasının sonucu nasıl etkilediği görülmektedir. Mobil ödeme ise, daha yeni hayata geçtiğinden ve kullanım alanının dar olmasından dolayı alt sırada kalmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, kullanılan ilk yöntemin, karar vericinin iyimser, normal ve kötümser bakış açısından çok etkilendiği görülmüştür. Yukarıda verilen sıralama iyimser ve normal bakış açılı karar vericiler için geçerliken, kötümser bakış açılı karar vericiler için tam olarak ters biçimdedir. 2. yöntemde karar vericinin bakış açısı göz önüne alınmadan, yukarıdaki sonucun aynısı elde edilmiştir. Son olarak 3. yöntemde ise, elde edilen sonuç 3 bakış açısı için aynı ve yukarıdaki gibidir.

Kullanılan metotlar temel işlemleri gerektirmekte ve başlangıçta karmaşık gözükken problemi basit ve anlaşılır işlemler aracılığıyla kısa zamanda çözüme ulaştırmaktadırlar. Ayrıca elde edilen sonuçların genelde benzerlik göstermesi, özellikle 2. ve 3. yöntemin güvenilir sonuçlar verdiğini ispat etmektedir.

1. Introduction

Le commerce électronique se définit comme des échanges de données, de produits et des achats de services faits sur Internet. Les entreprises voulant avoir une place dans ce nouvel marché du commerce électronique, exposent leurs produits et leurs services sur leurs sites et exécutent des demandes.

L'échange des biens qui a été conduit vis-à-vis de deux parties a ses origines bien avant le début de l'histoire enregistrée. Par la suite, comme le commerce devenait plus compliqué et incommode, les humains ont inventé les représentations abstraites de la valeur. Pendant que le temps passait, les représentations de la valeur sont devenues de plus en plus abstraites, progressant du troc aux billets de banques, aux ordres de paiement, aux chèques, aux cartes de crédit, et maintenant aux systèmes de paiement électroniques.

Nous pouvons dire que les systèmes électroniques de paiement constituent une part essentielle du commerce et des affaires électroniques et sont cruciaux pour leurs développements. Parallèle aux modes de paiement traditionnels, les modes de paiement électroniques représentent les mêmes inconvénients et quelques risques additionnels. L'authenticité physique des instruments de paiement tels que des billets de banques et des pièces de monnaie peut être vérifié. Mais sur les marchés électroniques, les acteurs principaux non seulement se trouvent dans différents endroits, mais se connaissent rarement. Par conséquent, l'authenticité du marchand et du client joue un rôle fondamental dans une transaction de paiement. Ainsi sans nouvelles mesures de sécurité, la propagation du commerce électronique ne semble pas être viable.

Ce travail est formé de huit chapitres. Dans le deuxième chapitre les bases du commerce électronique sont données. Le chapitre suivante inclut les propriétés des types de système de paiement que j'ai choisis parmi les systèmes fréquemment utilisés dans l'Union Européenne.

Ces systèmes sont:

1. La carte de crédit
2. La carte de crédit virtuelle
3. L'argent électronique
4. Les instruments de débit
5. Le transfert de crédit
6. Le paiement mobile

L'intégration des étapes de transaction en ligne avec des étapes de transaction déconnectée et l'intégration des différents types ou générations de technologie de l'information sont les problèmes essentiels des systèmes de paiement électronique. Le quatrième chapitre décrit les groupes principaux dans une transaction de paiement, le modèle de la transaction de paiement et les problèmes d'intégrité des systèmes de paiement électronique dans l'environnement informatique.

Prenant en compte les exigences d'utilisateurs; la confidentialité, l'intégrité d'information échangée, l'authentification des parties, aucune répudiation de la transaction et les limites de responsabilité, sont généralement convenues d'être les composantes clés, dans l'établissement de la sécurité et de la confiance sur Internet entre deux parties de transaction. Plusieurs standards ont été développées et des initiatives ont été lancées ces dernières années pour permettre une transmission et un encaissement d'information de paiement électronique plus sécurisé. Celles-ci incluent SSL (Secure Socket Layer), SET (Secure Electronic Transaction) et 3D SET. Nous pouvons voir plus en détail ces technologies et les concepts de base de la cryptographie dans le cinquième chapitre.

Il y a eu des grands efforts significatifs pour développer des différents modèles d'analyse à multicritères. En dépit de ceci, il n'y a aucune meilleure approche pour le problème général d'analyse à multicritères, et l'évaluation des résultats de décision reste généralement une issue ouverte. Souvent les résultats dépendent des choix des décideurs et les approche utilisées. Le sixième chapitre inclut 'Le processus analytique

de hiérarchie' et 'TOPSIS' qui sont deux techniques principales d'aide à la décision que j'utilise pour résoudre mon problème de décision.

Comme toutes les idées humaines, les jugements des experts sont subjectifs. Afin de mieux présenter les termes linguistiques d'importance et de capacité qui concernent l'imprécision, je me sers de la théorie de l'ensemble flou. Toutes les évaluations et tous les calculs dans le travail sont faits en transformant ces termes linguistiques en nombres flous triangulaires.

Ce projet vise à accentuer quels systèmes de paiement sont préférables du point de vue des acteurs de la transaction, particulièrement pour les utilisateurs. A cet égard, 17 enquêteurs parmi lesquelles il existe des ingénieurs d'informatique, des ingénieurs industriels, des ingénieurs de chimie, des économistes, des avocats et des étudiants ont rempli une enquête. Les résultats de ces enquêtes sont été utilisés pour trouver les poids des critères et leurs sous-critères à l'aide d'AHP. Afin de trouver les capacités de chaque système de paiement, je me suis servie des recherches d'EPSO et des informations des experts de Garanti Teknoloji.

Les méthodes utilisées se différencient à l'étape de la classification des alternatives. La première utilise la théorie d'utilité et calcule l'utilité droite et l'utilité gauche de chaque alternative. En suite, elle les compare avec le flou maximum et minimum pour trouver les distances à la solution idéale et à la solution anti-idéale de chaque alternative. Le classement des alternatives se fait par TOPSIS, qui est une autre méthode d'aide à la décision. Dans la deuxième méthode, je trouve les α -coupes des alternatives puis je classifie les systèmes de paiement juste en observant leur α -coupes. La troisième et la dernière méthode, après les calculs des α -coupes, j'utilise TOPSIS pour ranger les alternatives.

Je n'ai pas seulement comparé les systèmes de paiement électroniques en respect plusieurs critères, aussi j'ai comparé trois méthodes d'aide multicritères à la décision. Les résultats ont montré que, l'optimisme ou le pessimisme du décideur peut faire changer l'ordre de préférences des alternatives, mais les classements obtenus à la fin de

ces trois méthodes sont assez semblables ce qui nous prouve que ces méthodes d'aide à la décision sont efficaces.



2. Le commerce électronique

2.1. La définition

Selon l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), le commerce électronique est “ Une transaction issue de la vente ou l'achat des produits ou des services, entre les entreprises, les familles, les individus, les gouvernements, et d'autres organismes publics ou privés via des réseaux informatiques. Les produits et les services sont commandés à l'aide de ces réseaux, mais le paiement et la livraison finale du produit ou du service peuvent être conduits en ligne ou déconnecté. ”

Le commerce électronique peut être défini comme l'ensemble des échanges numérisés, liés à des activités commerciales entre les entreprises, entre une entreprise et un individu ou entre les entreprises et les administrations. Il recouvre notamment les échanges d'informations, les transactions concernant des produits, des équipements, des biens de consommation courante, etc. [1]

Le commerce électronique crée un nouveau mode pour livrer de nouveaux types de produits sur un marché global dans lequel les frontières et les locations géographiques perdent leur signification. Trop souvent réduit au paiement en ligne, le e-commerce ou commerce électronique débute bien avant. En effet, le commerce électronique est l'ensemble des relations qui sont formées entre l'internaute et le site web.

En générale, il y a deux grands sous-ensembles du commerce électronique: Business to Consumer (B2C) et Business to Business (B2B). Dans les transactions de B2C, les transactions en ligne sont effectuées entre les entreprises et les différents consommateurs (e.g. vente de billets par des compagnies aériennes aux individus sur Internet). Dans les transactions de B2B, les entreprises font les transactions en ligne avec d'autres entreprises (e.g. achat des pièces, du carburant ou des services en ligne par des entreprises).

2.2. Petite histoire du commerce électronique

Des applications du e-commerce ont été développées la première fois au début des années 1970 avec des innovations telles que les télé-virements (EFT). Cependant, l'ampleur des applications a été limitée à des grandes sociétés, aux institutions financières et à quelques petites entreprises audacieuses. Puis le concept de l'échange de données électroniques, connu sous le nom d'EDI, s'est répandu. Puisque l'Internet est devenu de plus en plus commercialisé et que le nombre des internautes a augmenté au début des années 90, le terme 'commerce électronique' a été inventé et les applications du commerce électronique se sont étendues. Cette expansion rapide se doit d'une part au développement de nouveaux réseaux, protocoles et logiciels et d'autre part à l'intensification de la concurrence. Depuis 1995, les utilisateurs d'Internet ont été témoin du développement de beaucoup d'applications innovatrices. Finalement aujourd'hui presque chaque organisation au monde, moyenne ou grande, a un site sur le Web dont beaucoup contiennent des dizaines de milliers de pages et de liens.

2.3. Le commerce électronique en chiffres

TNS Interactive du groupe Taylor Nelson Sofres est la 4^{ème} plus grande compagnie sur le marché mondial de l'information. Taylor Nelson Sofres étant coté à la bourse des valeurs de Londres (London Stock Exchanges), d'après les résultats de leurs études faites sur 42 238 personnes dans 37 pays [2]:

- Entre 2001 et 2002, la proportion d'internautes ayant fait des achats en ligne n'a pas augmenté. Cependant une augmentation du nombre de personnes en ligne a soutenu le développement du commerce électronique.
- Les produits les plus chers tels que les vacances sont devenus plus populaires en 2002 et ont contribué à la croissance commerciale du commerce électronique.
- La croissance d'utilisation d'Internet est plus forte parmi les adolescents, ce qui présage un futur lumineux pour l'Internet.
- Il n'y a eu aucun changement significatif de la popularité des achats en ligne entre 2001 et 2002.
- 28% de tous les utilisateurs d'Internet ont fait des achats en ligne ou ont prévu de le faire dans six mois suivants.

- La confiance en commerce électronique est restée à un niveau stable.
- Les livres et les CD sont toujours majoritaires parmi les produits achetés en ligne.
- Le plus grand inconvénient qui retarde le développement plus rapide de l'achat en ligne est l'aspect sécurité: 30% des participants ont déclaré qu'ils ne veulent pas donner de détails de leur carte de crédit sur Internet.

Les transactions du commerce électronique faites *via* l'Internet ou les réseaux sans fil se développent rapidement dans l'Union Européenne (UE). Le marché du commerce électronique en Europe était de 14 milliards d'euros en 1999 et de 95 milliards en 2000, ce qui équivaut une croissance de 680%. De plus, une croissance continue est également prévue pour les années à venir. L'utilisation des nouvelles technologies de communication et le besoin des mécanismes spécifiques de paiement pour le commerce électronique ont donné lieu à la naissance de nouveaux intermédiaires. Parallèlement, les banques ont également développé des nouveaux moyens pour accéder aux comptes des clients et pour permettre la réalisation des paiements. [3]

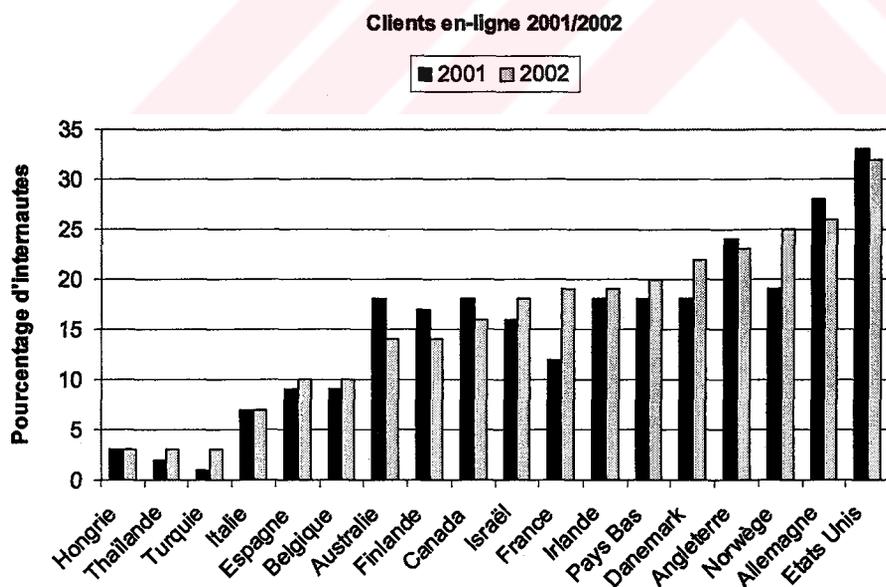


Figure 2.1. Les clients en ligne 2001/2002

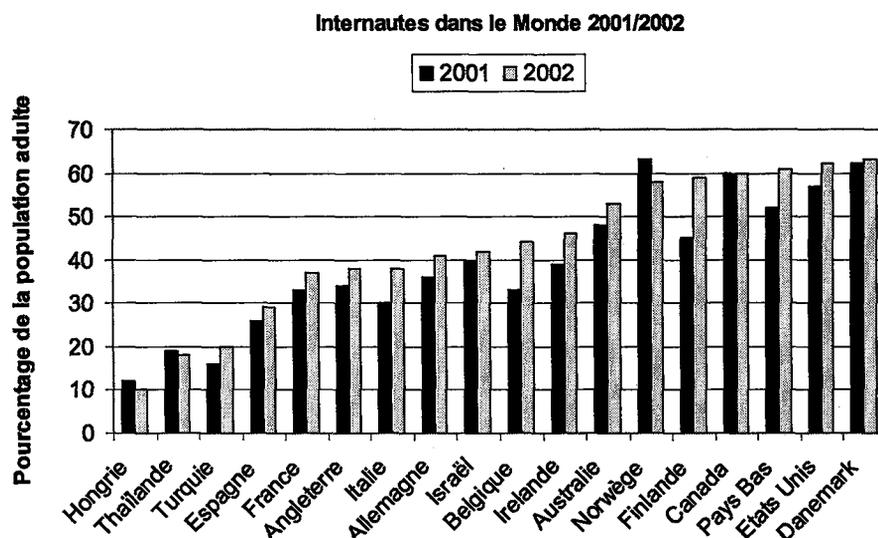


Figure 2.2. Les Internaute dans le monde 2001/2002

Les deux graphiques ci-dessus, nous permettent d'observer les principales statistiques dans différents pays.

2.4. Les transactions commerciales

Les marchés électroniques, aussi désignés sous le nom des *e-marchés* ou des *marketspaces*, émergent rapidement comme un véhicule pour conduire des affaires en ligne. Un marché est un réseau d'interactions et de rapports où l'information, les produits, les services et les paiements sont échangés entre eux. Si le marché est électronique, le centre d'affaires n'est plus un bâtiment physique mais une 'base de réseaux'. Comme représenté dans la figure 2.1, les acheteurs et les vendeurs se réunissent sur les marchés électroniques, et le marché manipule toutes les transactions nécessaires qui se produisent, y compris le transfert de l'argent entre les banques. Sur les marchés électroniques, les principaux participants non seulement se trouvent dans différents endroits, mais se connaissent rarement. Dans ce travail, essentiellement le commerce B2C va être observé.

L'aspect le plus essentiel de tous les processus de transaction commerciale est l'échange de la valeur. Tous les processus commerciaux impliquent des transactions entre les acheteurs et les vendeurs dans lesquelles la valeur est échangée. La figure 2.2 montre

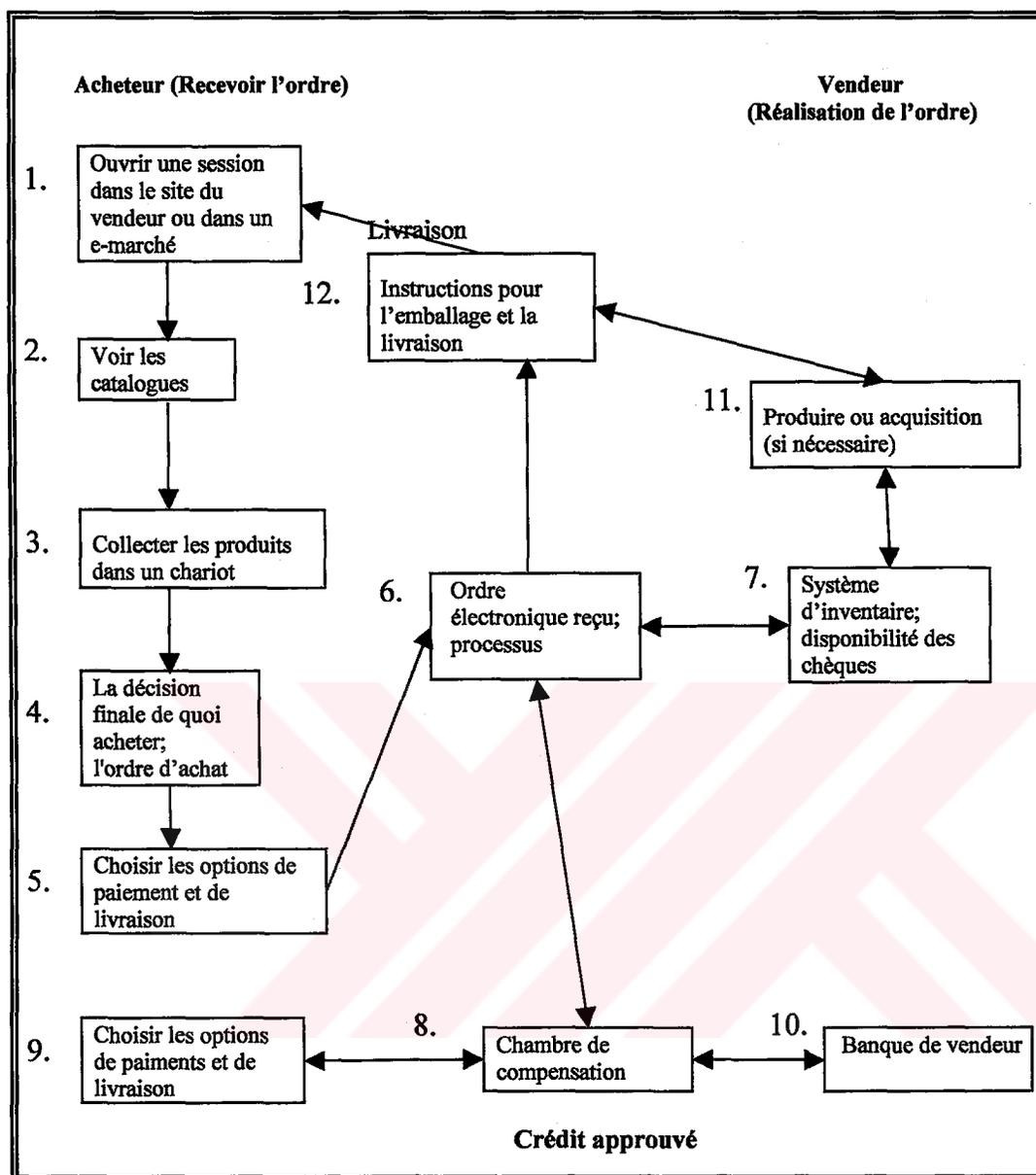


Figure 2.3. Les transactions dans les marchés électroniques

que le nombre d'intermédiaires entre l'acheteur et le vendeur est relativement considérable.

Les transactions se produisent en structures dont la forme et la fonction sont déterminées par le type du produit ou du service (par exemple les produits homogènes ou différenciés, le produit numérique ou physique) et par la relation des acheteurs et des vendeurs (par exemple les clients fréquents, la marque connue, l'achat spontané). Une transaction est définie ici comme un échange quelconque entre les acteurs sur un

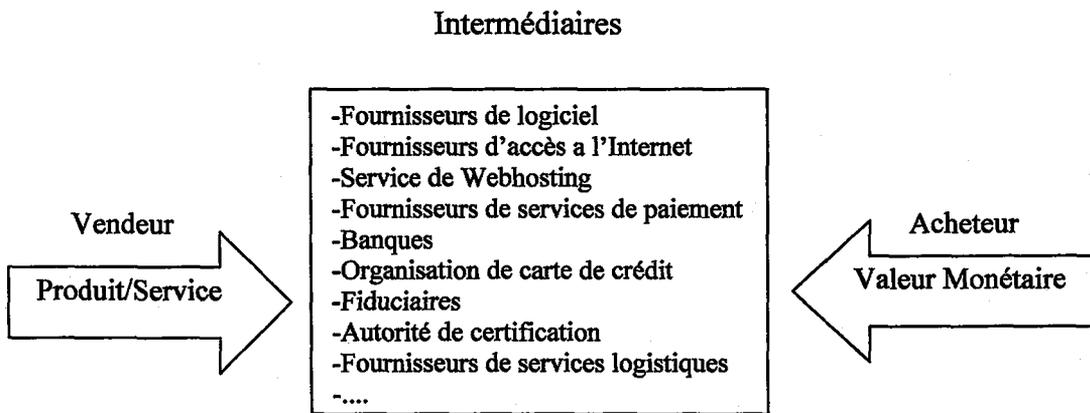


Figure 2.4. Intermédiaires entre le vendeur et l'acheteur

marché qui est lié directement ou indirectement à l'acquisition des produits et des services, la transaction en étant indépendante.

2.5. Le commerce électronique en Turquie

Les turcs ont connu l'Internet il y a quelques dizaines d'années mais l'utilisation d'Internet devient de plus en plus fréquente grâce au développement de la technologie nécessaire. Surtout depuis 1999, l'augmentation très rapide du nombre d'utilisateurs d'Internet a forcé les entreprises à s'orienter vers Internet.

Actuellement les applications du commerce électronique sont essentiellement réalisées sous forme de vente de l'entreprise vers le client (B2C).

Après avoir vu l'accroissement du commerce électronique, plusieurs entreprises, voulant avoir une place dans ce nouveau marché, ont commencé à réaliser des sites sur Internet.

Lorsque de nombreuses sociétés renommées ouvraient de nouveaux magasins virtuels, les ISP (Internet Service Provider) ont commencé à en louer dans les centres d'achats qu'ils ont formés eux-mêmes.

L'Organisation des Publicitaires donne un prix chaque année, appelé 'La Pomme Cristallisée', aux publicités sur Internet depuis 1998. IBM et Microsoft qui sont des

entreprises offrant des services pour l'e-commerce, ont accéléré la vitesse des travaux dans ce domaine en Turquie. Le premier exemple du commerce fait de l'entreprise vers une autre (B2B) est la société Arçelik qui désormais prend des commandes sur Internet.



3. Les systèmes de paiement électroniques

3.1. Introduction

Depuis sa commercialisation, l'Internet s'est répandu à grande vitesse. Ce développement a été poursuivi par la création du World Wide Web, qui a fortement sollicité l'imagination des utilisateurs mondiaux. La prolifération mondiale de l'Internet a mené à la naissance du commerce électronique; un environnement d'affaires qui permet le transfert d'information électronique transactionnelle. En dépit de l'enthousiasme et de la croissance rapide, l'Internet a été identifié comme un espace peu convenable pour aboutir d'importantes affaires. Aujourd'hui, la plupart des compagnies limitent leurs activités économiques à créer les catalogues en ligne, à faire de la publicité pour leurs produits et à communiquer avec leurs clients par des courriers électroniques, si bien qu'il n'est pas difficile d'imaginer le potentiel de l'Internet comme un vrai marché.

Nous pouvons dire que les systèmes de paiement électroniques constituent une part essentielle du commerce et des affaires électroniques et sont cruciaux pour leurs développements. Les facteurs qui influencent directement l'utilisation d'Internet pour usage commercial incluent notamment le manque d'une interface standard et les craintes au sujet de la confidentialité et de la sécurité d'information personnelle. Les modes de paiement traditionnels souffrent de divers problèmes de sécurité bien connus: L'argent peut être contrefait, les signatures peuvent être façonnées, et les chèques peuvent être refusés. Parallèlement, les modes de paiement électroniques représentent les mêmes inconvénients et quelques risques additionnels: A la différence du papier, les "documents" numériques peuvent être copiés parfaitement, souvent des signatures numériques peuvent être produites par quiconque qui sait la clé cryptographique secrète ou le nom d'un acheteur peut être associé à chaque paiement. Ainsi sans nouvelles mesures de sécurité, la propagation du commerce électronique ne semble pas être viable. D'autre part, les systèmes de paiement électroniques correctement formés peuvent fournir une meilleure sécurité par rapport aux modes de paiement traditionnels, ceci en plus de leur flexibilité d'utilisation.

Afin d'illustrer les problèmes rencontrés par les créateurs, on peut donner l'exemple hollandais des systèmes de Chipknip et de Chipper. Il s'agit en effet des systèmes à cartes à puce dont l'utilisation nécessite qu'un client les charge avec de l'argent au préalable. Au départ, ces systèmes ont été inventés avec l'intention de trouver une autre manière de paiement des petits achats qui diminue la nécessité de payer avec de l'argent comptant. Malgré les améliorations de la technologie, les clients acceptent ces systèmes difficilement: seulement un tiers des 15 millions de cartes publiées de Chipknip sont chargés avec de l'argent selon Interpay (l'opérateur du Chipknip), mais cela reste peu significatif. Les efforts significatifs pour favoriser la technologie Chipknip et Chipper, sont restés sans apports; d'où la fermeture de Chipper en 2001.

Par ailleurs, différents problèmes proviennent de l'utilisation des cartes de crédit. Bien qu'elles soient largement utilisées dans de nombreuses applications et qu'elles concurrencent l'argent comptant dans certains pays, les cartes de crédit ne semblent pouvoir effacer leur réputation d'être un moyen de paiement peu fiable. Ceci est dû aux délits fréquents de fraude et aux contrefaçons des cartes de crédit dont la conséquence est une perte d'argent aussi bien pour les propriétaires de la carte que pour les banques ou fournisseurs.

A cet égard, un problème important, est le manque d'un système de transaction financière intégré dans un marché électronique ouvert tel que l'Internet. Respectivement, le paiement et l'encaissement sécurisé de la part du consommateur et du fournisseur sont les aspects les plus importants du commerce d'Internet. Pour surmonter ces obstacles, beaucoup d'individus et organismes ont développé des systèmes de transaction financière pour Internet dont nous appelons aujourd'hui "systèmes de paiement d'Internet". Les systèmes de paiement d'Internet sont un sous-ensemble des systèmes de paiement électroniques que nous analyserons dans ce travail. Parmi les travaux scientifiques, notons clairement un intérêt considérable pour le concept du système de paiement d'Internet. Chacune des propositions comporte des dispositifs uniques même s'il existe un certain nombre de similarités. La plupart de ces systèmes garantit déjà la sécurité des transactions en appliquant de diverses technologies à la transmission des messages financiers. Cependant la sécurité et la confidentialité représentent-elles les seuls prob-

lèmes qui doivent être résolus concernant un système de paiement? Quelle efficacité des systèmes de paiement électroniques actuellement disponibles? Y a-t-il d'autres facteurs qui doivent être considérés qui rendent un système de paiement réellement efficace?

Cette partie du travail présente les classifications et les caractéristiques des systèmes de paiement les plus fréquemment utilisés dans l'Union Européenne, dans le but de mieux comprendre les problèmes et de trouver des voies possibles pour leurs développements dans le futur. Dans la deuxième partie du travail, nous proposerons des techniques d'aide à la décision à multicritères pour choisir la meilleure alternative du système de paiement parmi les systèmes présentés.

3.2. La carte de crédit

Sans aucun doute, la carte de crédit est la méthode de paiement la plus répandue et la plus importante pour des achats en ligne aujourd'hui, malgré sa vulnérabilité face aux attaques de sécurité lors de l'utilisation en ligne. La carte de crédit est une méthode de paiement différé. La figure 3.1 propose une brève représentation de la réalisation d'une transaction de carte de crédit sur Internet.

Avant tout, le client doit ouvrir un compte créditeur dans une banque alors que le fournisseur procède de son côté un compte bancaire. Avec la commande du client, le marchand envoie au fournisseur de service de paiement électronique l'information concernant cet ordre. Le fournisseur utilise une passerelle ('gateway') qui est un équipement d'interconnexion reliant des réseaux pour leur donner la permission de communiquer entre eux, entre le réseau de la banque et Internet. Cette passerelle demande si la banque accepte la carte de crédit en question après avoir trouvé le compte correspondant dans la banque d'après le numéro de carte envoyé. L'acceptation passe par la passerelle et vient au fournisseur de service de paiement. Le fournisseur transmet simultanément cette autorisation au marchand et au client. Toutes ces opérations se réalisent de façon interactive lorsque le client utilise son navigateur du Web. Le paiement peut se réaliser, est effectué à la fin de la journée de travail, en transportant la valeur de la banque du client à la banque du marchand.

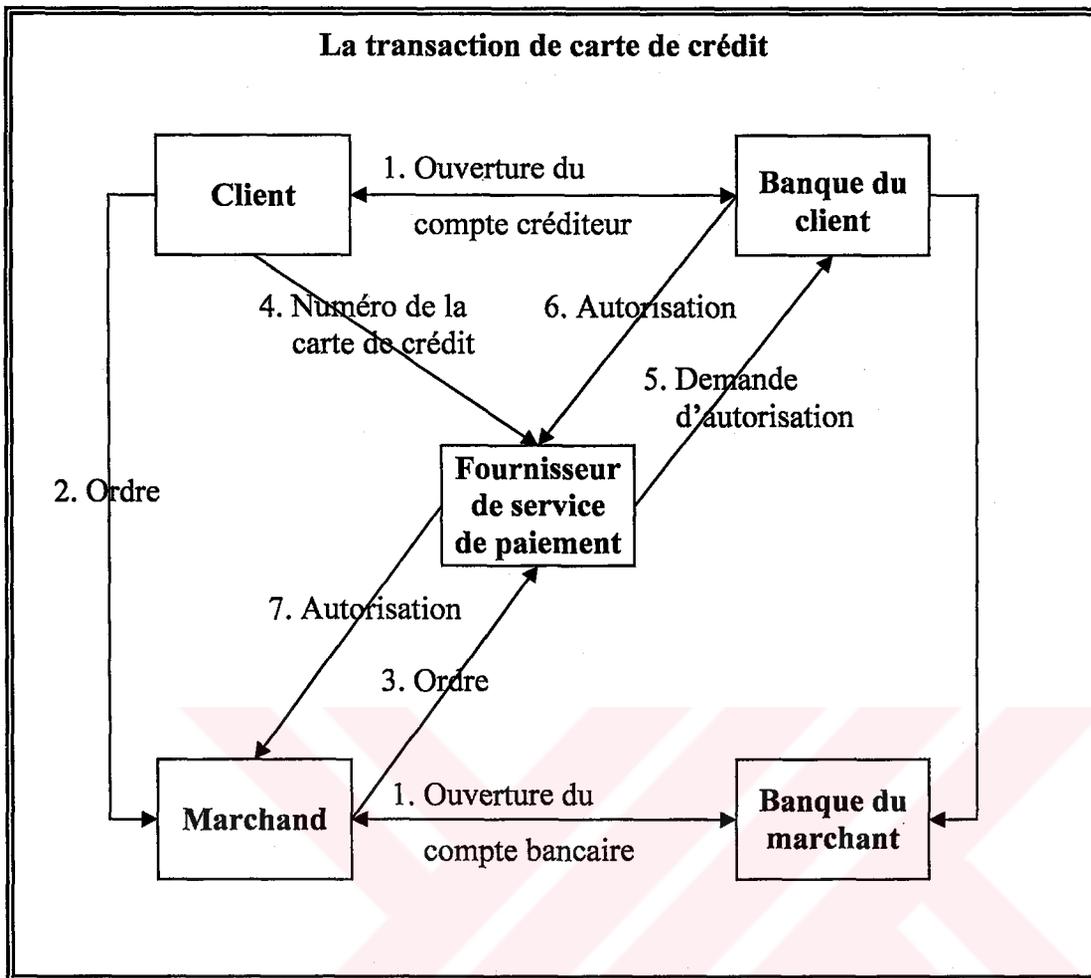


Figure 3.1. La transaction de carte de crédit

Les cartes de crédit sont utilisées dans l'Union Européenne environ 5-6% de toutes les opérations de paiement, la Grèce et le Luxembourg étant les pays où elles sont le plus employées. Les pourcentages des internautes dans le monde utilisant la carte de crédit en ligne sont donnés à travers le tableau 3.2. Les cartes de crédit sont largement répandues pour effectuer des paiements sur Internet parce qu'elles ont actuellement des avantages supplémentaires par rapport aux autres instruments de paiement. Les cartes de crédit sont internationalement connues aux clients et acceptées par les marchands. Il est également facile de les employer sur Internet, car seulement les détails de carte de crédit doivent être envoyés au bénéficiaire afin d'effectuer un paiement. Par conséquent, le coût des paiements par carte de crédit n'est généralement pas très élevé pour le consommateur comparé aux autres modes de paiement, tels que les transferts de crédit ou les chèques. Cependant, l'augmentation de la fraude sur Internet a fait augmenter des

inquiétudes de sécurité pour les entreprises, les marchands et les utilisateurs de carte de crédit.

Tableau 3.1: Utilisation de carte de crédit pour les achats en ligne dans différentes régions

1999	Etats-Unis	Ibérie&Amérique Latine	Europe de l'Ouest	Anglo-Saxons sauf Etats-Unis	Tigres de l'Asie de l'Est	Reste du Monde
Carte de crédit / Achat en ligne	78%	47%	42%	75%	48%	37%

Il existe, naturellement, certains risques en envoyant de tels détails *via* un canal non sécurisé comme Internet. Premièrement, d'autres individus peuvent "pirater" le message et copier les détails de carte de crédit afin de les utiliser à des fins criminelles. Pour surmonter ce problème, en février 1996 MasterCard et Visa ont coopéré pour faire développer un standard technique de sauvegarde des paiements par carte de crédit. Ces nouvelles spécifications s'appellent les transactions électroniques sécurisées (SET) et assurent la sécurité et l'intimité d'information personnelle et financière. Le sujet de sécurité sera discuté plus en détail dans le chapitre suivant.

3.3. La carte de crédit virtuelle

Cette technique est mise à jour pour éviter l'utilisation de la carte de crédit sans le contrôle de sa propriétaire. La limite de la carte peut être définie avant l'achat et la limite peut être située à '1 lire turc' après l'achat. Ainsi, personne ne peut utiliser la carte de crédit sauf son propriétaire. Comme cette carte n'est pas imprimée sur une carte plastique, il n'existe pas de risque de vol. La carte de crédit virtuelle est seulement utilisable dans les transactions faites *via* Internet et le téléphone. Les utilisateurs ont le droit d'effectuer des paiements dans tous les pays et ils ne doivent pas payer un frais de carte chaque année.

Le titulaire de la carte peut définir le nombre maximum de transactions possibles ainsi que les intervalles journalières et horaires pendant lesquelles la carte sera valide. Avoir

une carte de crédit virtuelle signifie avoir un numéro de carte de crédit à seize chiffres, une date d'expiration et un numéro de sécurité à trois chiffres.

3.4. Les instruments de débit

Les instruments de débit permettent au payeur de faire des achats directement chargés (débités) des fonds sur son compte. Une distinction est faite entre trois types d'instruments de débit: Le débit direct (Le paiement automatisé), la carte de débit, l'e-chèque.

3.4.1. Le débit direct (Le paiement automatisé)

Les débits directs sont des débits pré-autorisés sur le compte bancaire du payeur et sont lancés par le bénéficiaire. Les débits directs actuellement sont souvent employés pour des paiements répétitifs, tels que les paiements de service de facturation (par exemple pour l'eau, l'électricité et l'utilisation de téléphone), ou pour les paiements à usage unique où il n'existe aucun contact direct entre le payeur et le bénéficiaire. De tous les paiements électroniques dans l'Union Européenne, 25% sont des débits directs. Les débits directs sont utilisés en Espagne, en Allemagne et en Autriche.

Lors d'un paiement de débit direct, la transaction peut se réaliser de deux manières:

- a. Le bénéficiaire (par exemple Turkcell) envoie l'ordre (la facture) au débiteur (payeur). Le débiteur remplit le formulaire de paiement (c'est-à-dire, reconnaît la réclamation du bénéficiaire) et le renvoie au bénéficiaire. Ce dernier vérifie l'exactitude des mentions et retourne le formulaire au fournisseur de service de paiement (par exemple une banque), qui collecte le débit direct du compte du débiteur.
- b. Le bénéficiaire envoie l'ordre au débiteur. Le débiteur complète le formulaire de paiement du fournisseur de service de paiement et l'envoie au fournisseur directement. Après que le fournisseur vérifie les informations fournies, il le renvoie au bénéficiaire. Enfin, les transactions de paiements sont réalisées entre le fournisseur de service de paiement et le bénéficiaire de façon périodique.

Un débit direct est lancé de manière semblable à un paiement par carte de crédit. La différence est que le nombre de compte bancaire (et toute information de routage)

remplace le numéro de carte de crédit et que les fonds sont débités du compte maximum dans les quelques jours suivants.

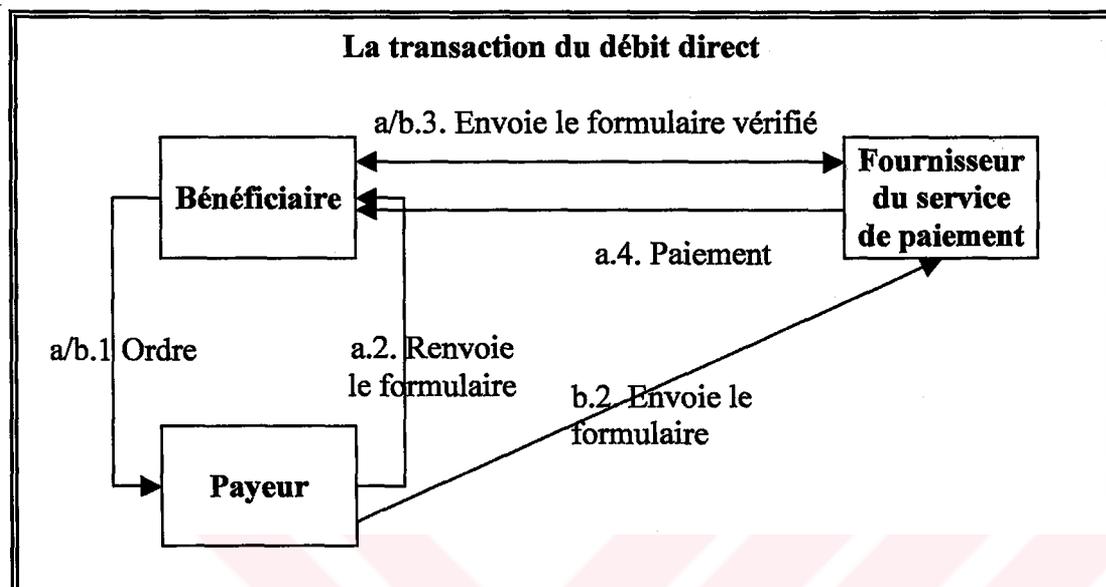


Figure 3.2. La transaction du débit direct

Le plan du débit direct représente la même difficulté que dans l'authentification d'utilisateur des cartes de crédit sur Internet. Elles sont également limitées; on peut les utiliser dans un pays spécifique, qui rend le débit direct moins convenable dans le commerce électronique international.

3.4.2 La carte de débit

L'utilisation des cartes de débit est une autre façon d'effectuer le paiement mais en l'occurrence, la valeur est débitée directement du compte bancaire du titulaire de la carte. L'information du titulaire de la carte est incluse dans la piste magnétique (ou la puce) en arrière de la carte. Une terminale spécialisée est exigée pour lire l'information sur la carte de débit et pour vérifier si celle-ci est encore valide et si la transaction excéderait les limites d'utilisation définies pour la carte. L'utilisateur doit entrer son mot de passe sur le lecteur au moment de l'achat ce qui rend plus sûr les transactions de paiements. Les cartes de débit sont employées dans 19-20% de tous les paiements électroniques dans l'Union Européenne et sont les plus fréquentes au Danemark, en Belgique et au Pays-Bas.

Dans certains pays européens, les cartes de débit peuvent être utilisées dans les magasins d'Internet, auquel cas le titulaire de la carte authentifie son identité à l'aide d'un lecteur de cartes relié au PC. Souvent, les lecteurs de cartes sont fournis par la banque qui émet la carte. L'utilisation des cartes de débit pour des achats sur Internet est encore relativement limitée.

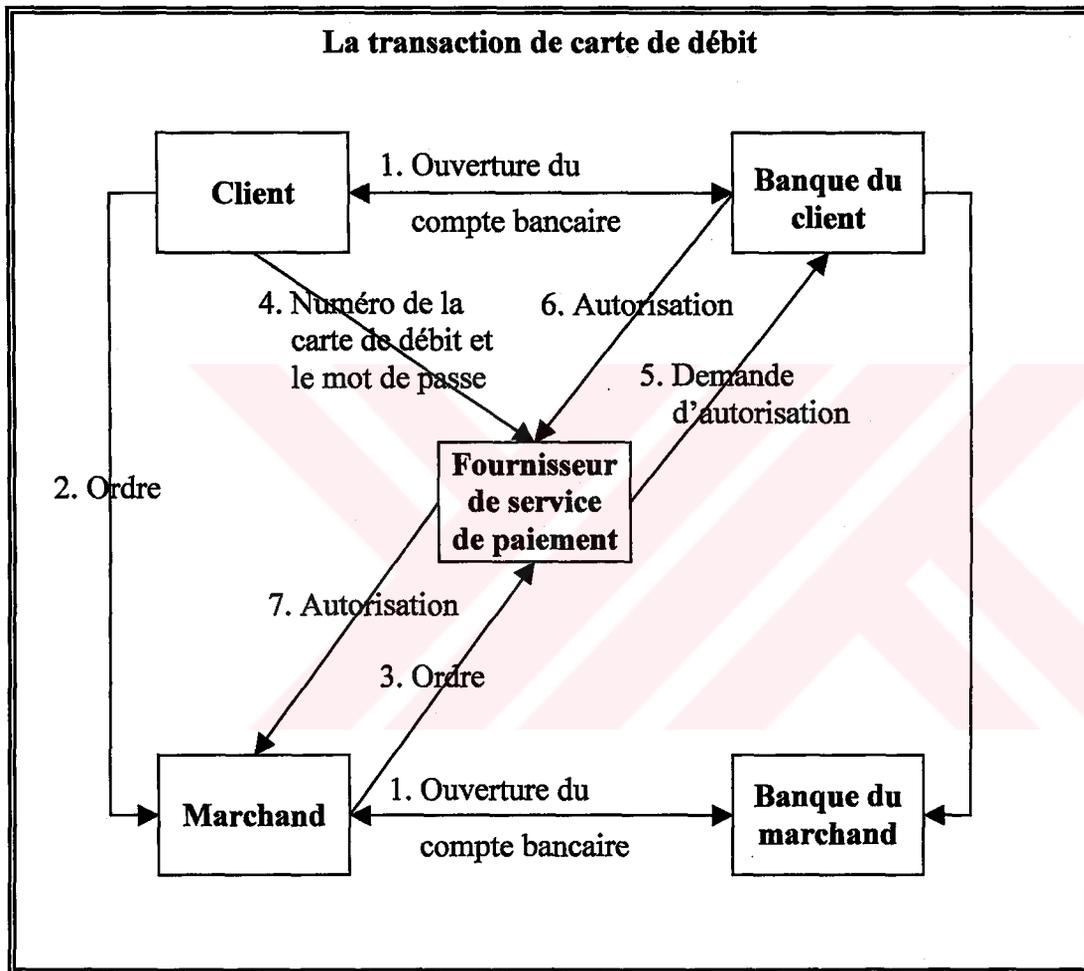


Figure 3.3. La transaction de carte de débit

3.4.3. Le chèque électronique

Un chèque électronique obéit au même principe qu'un chèque en papier, sauf que l'ordre est rempli sous format électronique plutôt que par l'écrit. Particulièrement les fournisseurs de paiement aux Etats-Unis ont commencé à offrir les chèques électroniques (e-chèques) pour permettre à des clients de payer leurs achats en ligne. Le système fonctionne comme expliqué sur la figure suivante:

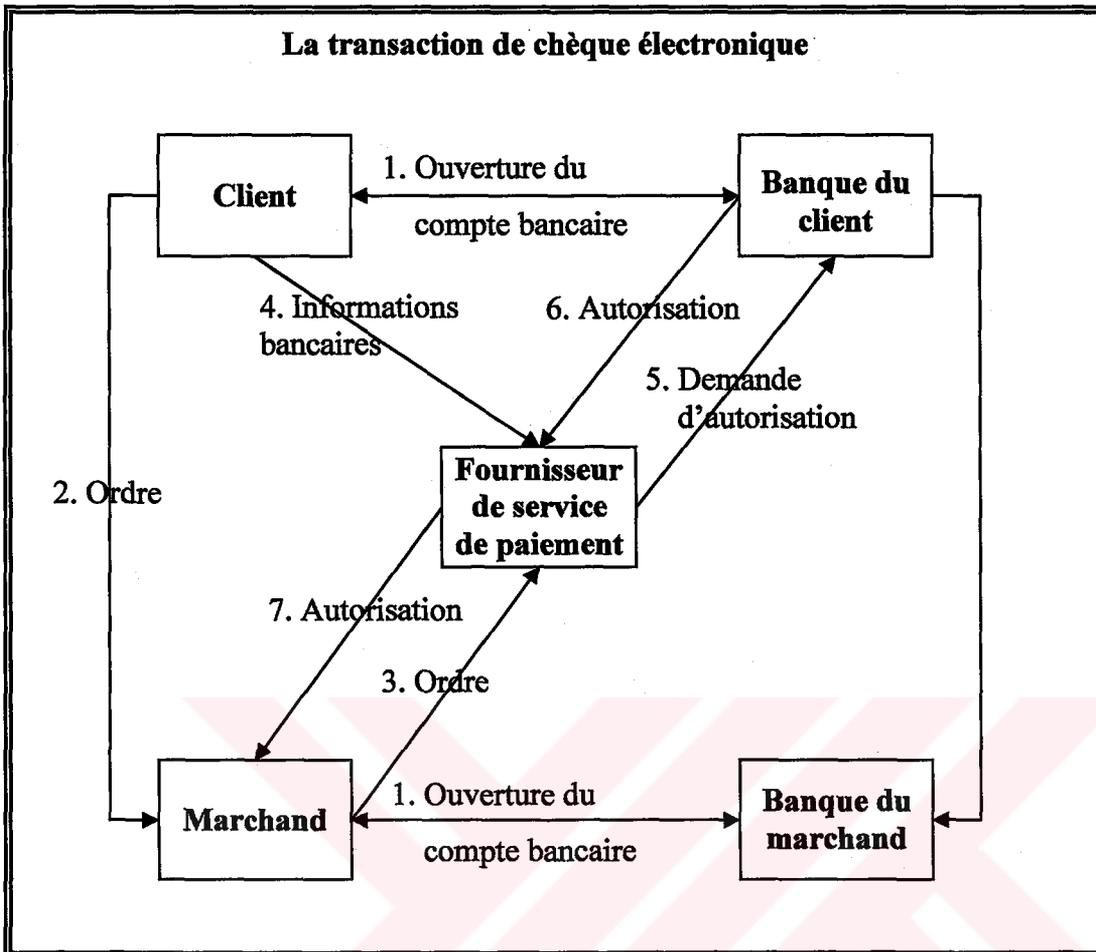


Figure 3.4. La transaction de chèque électronique

Avant tout, le client et le marchand doivent ouvrir un compte bancaire dans une banque. Le client visite le site du marchand sur le Web, et après avoir rentré son nom et son adresse, il est orienté au fournisseur de service d'e-chèque. Le marchand envoie au fournisseur le montant du paiement avec le nom et l'adresse du client. Le fournisseur présente le client avec une interface semblable à celui d'un chèque à papier sur lequel le nom et l'adresse du consommateur ainsi que le montant du paiement sont préalablement remplis. Le client ajoute les informations écrites au pied d'un chèque à papier, notamment le code succursale de la banque et le numéro de son compte bancaire. Afin d'authentifier le consommateur, le fournisseur peut demander une pièce d'identité comme le numéro du permis de conduire. Puis, le fournisseur authentifie le client et certifie le chèque en accédant à la banque du client et vérifiant la disponibilité des fonds et s'ils sont réservés pour ce paiement. C'est une étape qui n'existe pas lors du contrôle de chèque à papier régulier. Elle permet au fournisseur de service d'e-chèque

de garantir au marchand que le paiement sera réellement effectué. Cette procédure se déroule dans les mêmes délais (quelques jours) qu'un chèque à papier. Bien que le contrôle soit certifié à l'heure de la transaction en ligne, les fonds ne sont pas retirés du compte bancaire du client pendant quelques jours de sorte que le compte de celui-ci ne soit créditeur sur lorsque les fonds sont en transit.

Les chèques ont un avantage important étant donné qu'ils peuvent également être employés pour des transferts de fonds entre individus. Il est cependant invraisemblable que l'Europe verra les mêmes développements que les Etats-Unis. Dans la plupart des pays européens, les chèques ne jouent pas un rôle éminent, et dans les pays où ils sont utilisés plus couramment (la France, l'Irlande et le Portugal), leur part de marché a régulièrement diminué et d'autres modes de paiement ont été développés pour le commerce électronique.

De tous les paiements électroniques dans l'Union Européenne, presque 18% sont encore effectués par chèque. La part des paiements par chèque dans tous les paiements électroniques est la plus élevée en France, en Irlande et au Portugal.

Dans l'application, les enquêteurs ont surtout considéré le débit direct et la carte de crédit qui sont plus fréquents en Turquie.

3.5. L'argent électronique

Il y a plusieurs types de monnaie électronique qui circulent sur Internet et qui peuvent être utilisées dans les achats quotidiens. Parfois, ils sont appelés 'monnaie en cadeau'. Lorsque l'utilisateur fait un achat dans un magasin membre, une part de l'achat est convertie en monnaie en cadeau et ces monnaies s'accumulent pour être utilisées lors des achats futures. La proportion de cette part est définie par le magasin membre qui se trouve dans différents pays. En dépensant de l'argent électronique, l'individu peut ainsi bénéficier des gains supplémentaires.

A titre illustratif, considérons l'achat d'un appareil photo de 300 millions TL dans un magasin qui rembourse 10% de l'argent électronique en cas du paiement en une fois et 5% en cas du paiement par versements. Alors, le gain est de 30 millions TL et de 10 millions

TL respectivement sous forme d'argent électronique. Ces montants peuvent être dépensés dans un des magasins rattachés.

Il existe différents types d'argent électronique mais en Turquie, comme plusieurs d'entre eux ne sont pas encore légaux, nous allons uniquement considérer celui expliqué *supra*.

3.6. Le transfert de crédit

Un transfert bancaire est un ordre du débiteur adressé à sa banque, pour transférer sur demande, des dépôts d'une certaine valeur, vers le compte du bénéficiaire. Le transfert de crédit est le mode de paiement le plus largement répandu dans l'Union Européenne (32% de tous les paiements électroniques) et représente l'instrument de paiement le plus commun en Suède, en Finlande et en Autriche. Progressivement les transferts bancaires deviennent également un instrument de paiement pour le commerce électronique. La majorité des banques en Europe fournissent déjà à leurs clients des applications d'opérations bancaires électroniques avec lesquels des transferts bancaires en ligne peuvent être lancés.

Certaines banques encouragent leurs clients à employer des transferts bancaires pour les achats dans les magasins en ligne en fournissant des équipements additionnels du commerce électronique. Par exemple, les clients peuvent lancer un paiement en temps réel directement du site Web du marchand en choisissant le transfert bancaire comme mode de paiement (par exemple en cliquant sur le logo de la banque) et acceptant la facture qui apparaît sur l'écran de l'ordinateur. Le client est alors dirigé vers le site Web de la banque pour exécuter le paiement. Après l'achèvement successif du transfert, il retourne au site du marchand pour les détails de l'ordre. De tels services sont offerts, par exemple, dans les pays nordiques et en Autriche. Certains fournisseurs de service de paiement offrent également à leurs clients, les courriers électroniques en ligne avec des systèmes de paiement électroniques administrés par les banques. Ces systèmes de paiement exigent l'accord en amont entre le marchand et la banque et entre le client et la banque (c'est-à-dire, le marchand doit accepter la solution du paiement de la banque et le client doit avoir accès aux équipements électroniques de celle-ci). Notons tout de même qu'à l'heure actuelle, la plupart des accords sont strictement nationaux.

3.7. Le paiement mobile (M-Paiement)

Le commerce mobile se rapporte à la conduite du commerce électronique par l'intermédiaire des terminales sans fil. Le cas des m-paiements paraît bien plus prometteur lorsque nous considérons que les nouveaux réseaux et les applications de la troisième génération (3G) donnent la possibilité de vendre des produits complètement nouveaux tels que les messages multimédia. Une forte hausse du commerce mobile est attendue grâce à ces nouveaux services.

Le paiement mobile devient de plus en plus important dans le secteur de vente au détail; ce qui rend le m-paiement intéressant est le fait que ce type de service de paiement peut être fourni par des *telcos* (opérateurs de télécommunication) et non pas par le système bancaire établi. M-paiements sont définis comme des paiements qui sont effectués par l'intermédiaire du téléphone mobile. En principe, le téléphone mobile peut être utilisé au point de vente (POS) réelle, dans le commerce électronique et dans le commerce mobile. Aujourd'hui les téléphones mobiles approchent déjà des taux de pénétration de près de 80% dans certaines zones au monde alors que dans d'autres, la pénétration est très basse mais le taux de croissance est élevé. La pénétration élevée au marché et un certain nombre de dispositifs techniques rendent les téléphones mobiles très intéressants en tant que dispositifs pour effectuer des paiements.

La plupart des téléphones mobiles ont une puce incorporée laquelle peut être utilisée pour stocker la valeur ou pour fournir l'authentification et l'identification sécurisée. De plus, le téléphone mobile contient des services de communication.

Les opérateurs de téléphone mobile sont normalement candidats pour fournir les services de paiement mobiles: Ils ont le client dans leur base, font déjà la facturation et possèdent suffisamment d'expertise technique. Ils recherchent également des modèles d'affaires qui leur permettent de rentabiliser les investissements dans les réseaux coûteux 3G. Par conséquent, les opérateurs mobiles souhaitent accéder au marché, mais ils ne sont pas les seuls: Les banques, en particulier, sont également intéressées pour étendre leurs services de paiements aux m-paiements.

Deux développements qui sont particulièrement importants pour le futur des m-paiements sont la diffusion continue de la téléphonie mobile et l'expansion du commerce mobile. Dans le graphique suivant, nous observons l'augmentation du nombre d'abonnés du téléphone mobile entre les années 1992 et 2002 ce qui se traduit par un taux de croissance élevé:

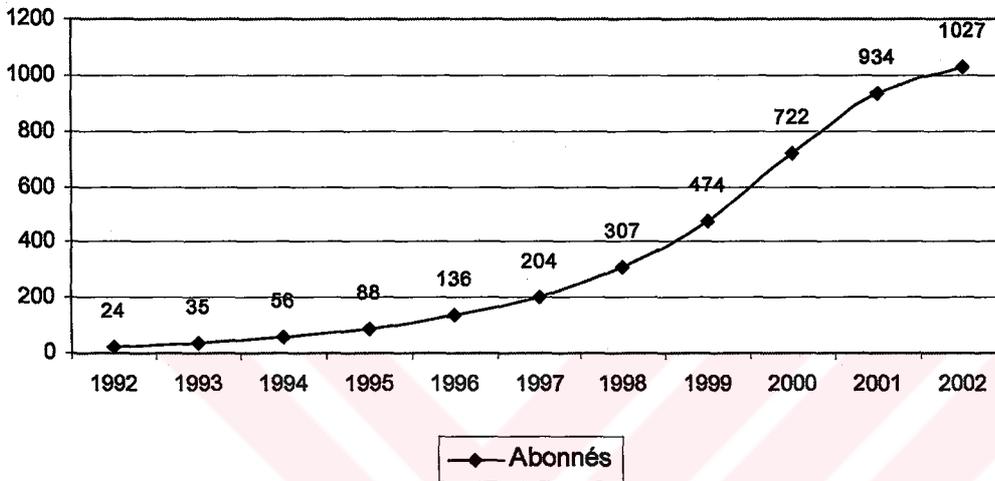


Figure 3.5. Les nombres d'abonnés du téléphone mobile de 1992 à 2002

Selon les experts, le téléphone mobile a le potentiel d'être le dispositif de paiement du futur, puisqu'il existe deux arguments solides en faveur des m-paiements:

1. Le nombre d'utilisateurs des téléphones mobiles est déjà non-négligeable et augmente de plus en plus.
2. En principe, les paiements mobiles peuvent être utilisés pour tous les types de paiements :
 - au point de vente automatique (unmanned POS) (par exemple aux distributeurs automatiques, aux parcomètres, etc.)
 - au point de position non automatique (manned POS) (par exemple; dans un supermarché quelconque, aux agences de voyage, etc.)
 - pour le commerce électronique par l'intermédiaire d'un téléphone mobile.

Le graphique ci-dessous représente la classification des proportions des abonnés de téléphone mobile à l'échelle mondiale:

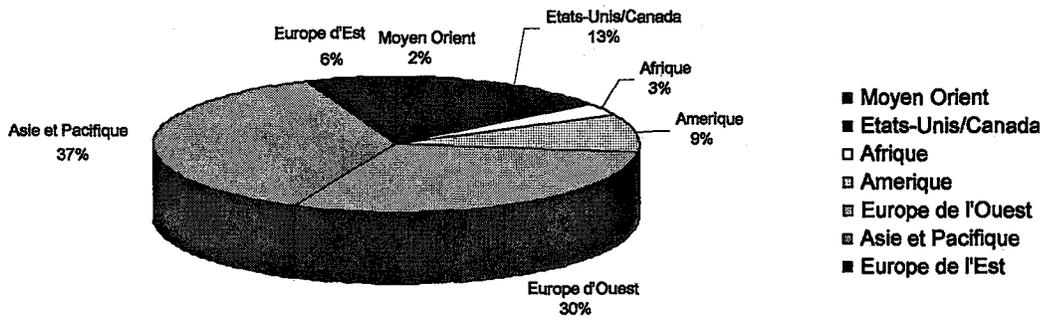


Figure 3.6: Les abonnés de téléphone cellulaire dans le monde – Juin 2002 [4]

Principalement, les m-paiements peuvent être utilisés pour le commerce mobile, et le commerce électronique. En Turquie, à partir d'avril 2003, l'utilisation du service du paiement mobile a démarré avec la collaboration d'une banque et d'un opérateur de télécommunication. Pour accéder à ce service, il faut devenir membre du site d'Internet de la banque. Pendant ce processus, il convient d'obtenir un mot de passe au choix. Ici, les achats effectués depuis les entreprises incluses dans le système sont payés *via* le téléphone mobile. Les quantités payées sont reflétées sur la facture automatiquement. Pour ceci, il est nécessaire de rentrer les codes de la banque, le code du marchand, le code du produit et le mot de passe sur l'écran du téléphone mobile et de cliquer le bouton 'oui' par la suite. Le code de reconnaissance venant de la banque avec un SMS est transmis au client. Le marchand prend une provision pour le code et il livre le produit.

Tous les codes des produits et des services offerts se trouvent sur le site Web de la banque et sur celui de l'opérateur de télécommunication. Après avoir rentré le code de paiement mobile sur le téléphone, personne ne peut faire d'achats même si le téléphone est allumé. De plus, au cas où le téléphone mobile est trouvé par un tiers par hasard, il lui est impossible d'apprendre le mot de passe puisque les numéros rentrés dans le téléphone pendant la transaction ne sont pas enregistrés. Par ailleurs, si le mot de passe est appris par quelqu'un d'autre, ce dernier doit avoir la carte de SIM (Subscriber Identity Module) pour effectuer un paiement à partir du compte bancaire correspondant. La valeur du paiement ne figure pas sur la facture du téléphone mais sur la facture de la carte de crédit. Ce service est rémunéré pour le coût d'un SMS ou deux compteurs de téléphone.

4. L'intégration des systèmes de paiement dans le commerce d'Internet de B2C (Business to Consumer)

4.1. Le problème d'intégration

4.1.1. La définition du problème

Le problème est basé sur le concept d'*intégration*. Il peut être défini que quand tout fonctionne très bien et est perçu, le but de l'intégration est réalisé. Dans les affaires sociales comme le commerce électronique, on peut être bien plus précis et dire que quand tout est perçu en tant que fonctionner très bien, le but de l'intégration est atteint. La capacité d'annuler les ordres, de retirer les paiements, de se tourner aux actions judiciaires sont tous les éléments de l'intégration.

L'intégration des étapes de transaction en ligne avec des étapes de transaction déconnectée se forme un type de problème. L'intégration des différents types ou générations de technologie de l'information (par exemple génération des langages de programmation, des protocoles de transmission) constitue l'autre type de problème.

Le concept de l'intégration considère que; plus d'étapes d'un processus de transaction en ligne sont faites, plus le niveau de l'intégration est élevé. L'intégration complète, dans ce sens, nécessite que toutes les fonctions aient lieu sur le Web.

Dans la pratique, ceci sera limité par les produits numériques et les services. Souvent, mais pas toujours, ces transactions impliquent un mécanisme de paiement en ligne. D'après un point de vue, le paiement initié en ligne est considéré comme plus intégré qu'un paiement purement déconnecté (par exemple paiement à la livraison, le transfert de fonds après la réception d'une facture).

4.2. Modeler le processus de transaction

4.2.1. Un modèle simple

Il y a différentes manières pour modeler un processus de transaction complet et de le partager en étapes afin de résoudre le problème d'intégration. Une façon est de le distinguer en; une phase de préparation, un contrat de vente, et une phase de réalisation ou d'accomplissement. Il est mieux d'ajouter une quatrième catégorie à la résolution des problèmes d'adressage, qui peuvent apparaître même après l'accomplissement du processus de transaction.

Du point de vue du client, la phase de préparation peut inclure la collection de l'information à propos du marché, des compagnies, des prix, des convenances des produits, ou à propos des services de livraison et des services de ventes. Une fois qu'une compagnie convenable est identifiée, on veut plus d'informations sur le produit offert (des références d'autres clients, rapports des essais, fiches techniques etc...) et peut-être une analyse du produit ou du service. La négociation à propos du délai et des conditions, bien que ce ne soit pas très fréquent dans le commerce de B2C, peut être la prochaine étape. Du point de vue du marchand, l'offre, la publicité, la vente, et la négociation peuvent être les activités liées à la phase de préparation.

Le contrat de la vente, implique souvent un contrat définissant les délais, les conditions et l'ordre donné par le client. Cet acte nécessite la reconnaissance des délais et des conditions de l'ordre par toutes les deux parties. Le marchand doit accepter de livrer les produits et les services sous le contrat défini et le consommateur doit accepter de fournir le paiement sous les conditions de livraison définies.

La phase d'accomplissement ou de réalisation inclut le transfert des produits et des services à partir des vendeurs aux acheteurs et le transfert de l'argent à partir de l'acheteur au vendeur. La phase de réalisation commence par la terminaison du contrat de vente et elle est au sujet de la réalisation des obligations de toutes les deux parties admises dans le contrat de vente. Le marchand doit livrer les produits et fournir les services, alors que le consommateur doit fournir le paiement, puisque

l'accomplissement comprend la livraison et aussi le processus de paiement. Le choix des méthodes de paiement appartient à cette phase. Dans la figure 4.1, les étapes du modèle sont représentées.

Pour le client, la phase de la réalisation commence souvent par appuyer sur le bouton de paiement. Le consommateur accepte les conditions du contrat de vente et il peut débiter le processus de paiement en présentant les données de sa carte ou les détails de son compte bancaire puisqu'il accepte son engagement de paiement. Dans les cas du paiement par anticipation, la pression sur le bouton de paiement désigne en effet un acte de paiement.

Le paiement et la livraison sont fournis par des différentes méthodes:

1. *Paiement par anticipation*: Le marchand livre le produit après avoir reçu tout le paiement.
2. *Paiement différée*: Le consommateur transfère les fonds après que les produits aient été livrés ou les services ont été fournis.
3. *Paiement en livraison*: Une troisième personne de confiance (par exemple le facteur) reçoit le paiement et délivre les produits.
4. *Paiement partiel*: Le consommateur paie une partie avant la livraison et l'autre partie après.
5. *Paiement découpés en tranches*: Le paiement et la livraison se font en forme des tranches, selon le modèle de paiement par anticipation ou différée.

Il peut être ajouter ici une phase finale qui vise à résoudre les problèmes de la livraison ou de paiement liés à l'achat. Un autre terme pour ce sujet est "manipulation d'exception". Le problème à résoudre peut être émergé du côté du consommateur ou du côté marchand. Dans la plupart des cas les clients sont les créateurs des demandes et des plaintes. Le service à la clientèle après ventes, l'information d'aide bureau, et en général tous les types de résolution de conflit sont des manières pour surmonter ces problèmes. Des échecs de paiement (partiels ou complets) peuvent être provoqués par des problèmes techniques ou par la non réalisation de l'engagement de paiement par le

consommateur. Pour un traitement facile des échecs de la livraison, le système de paiement peut soutenir des inversions de paiement, des opérations de crédit et des rejets de débit.

Tableau 4.1. Les étapes du modèle du processus de transaction [5].

Vendeur	Acheteur
<p>Offrir: Le vendeur offre des produits et des services spécifiques</p> <p>Publicité: Le vendeur présente un catalogue des produits et des services</p> <p>Vendre: Le vendeur se contente sur un d'un ordre spécifique</p> <p>Facturation: Le vendeur présente une facture</p> <p>Livraison: Le vendeur livre à l'acheteur</p> <p>Résoudre: Le vendeur et l'acheteur essaient de résoudre les problèmes qui sont reliés à l'achat</p>	<p>Collection de l'information: L'acheteur collecte les informations sur les produits et les services offerts</p> <p>contrat avec l'acheteur pour le contenu</p> <p>Payer: L'acheteur fait le paiement au vendeur en lui donnant une instruction de paiement ou de l'argent.</p>

4.2.2. Un modèle plus développé

En ce qui concerne le processus de transaction en ligne, ce modèle simple peut se développer. Pendant un processus de transaction, des quantités de données énormes sont produites, enregistrées et traitées. Les processus d'acquisition de cette information et les processus d'organiser et de l'appliquer, sont cruciaux pour l'intégration du processus de transaction en ligne. Tracer les équipements doit être tenu compte, car ceux-ci réduisent des insécurités pendant la phase de réalisation. L'échange de données devrait également récupérer; c'est à dire le vendeur devrait pouvoir récupérer l'information de paiement et l'information d'ordre et puis mettre le résultat dans l'arrière-guichet. Ces informations capturées peuvent être utilisées pour les différents types de travail tel que l'analyse du marché, la gestion de relation de client (CRM), la publicité et le développement de nouveaux produits et de services.

La prochaine partie importante du modèle pour des processus de transaction en ligne doit ajouter la dimension de la sécurité, particulièrement de l'authentification. Pour chaque étape de transaction, l'authentification des partenaires commerciaux et l'intégrité des données échangées doivent être garanties. Ceci est fourni par des nouveaux types et

des messages - objets souvent cryptographiques (signatures numériques, certificats digitaux etc.).

4.3. L'intégration dans l'environnement informatique local

A ce stade il faut ajouter un autre point de vue sur le problème d'intégration des transactions en ligne considérant l'environnement technique des marchands et des clients étant des partenaires commerciaux. Pour le client, le "logiciel de navigateur" est le logiciel permettant des transactions sur le World Wide Web et pour le marchand, c'est le serveur du marchand. Le client a l'intérêt d'intégrer ses activités commerciales dans d'autres applications telles qu'un logiciel de gestion financière ou un logiciel bancaire à domicile et parfois il veut intégrer un logiciel spécial pour la consommation des produits achetés (par exemple un joueur de musique pour jouer les dossiers téléchargés). D'autre part, le marchand a envie d'intégrer le logiciel d'achats dans son environnement informatique et ajouter des fonctions de paiement en ligne. Il peut faire l'externalisation (outsourcing) de ces fonctions. Le point crucial pour le marchand est probablement l'effort d'intégrer des flux d'information créés par l'achat en ligne avec le système existant (ERP (Planification de Ressource d'Entreprise), CRM (Gestion de Relation de Client)). En d'autres termes, le marchand a besoin que l'information est intégrée dans tous les chemins de la livraison (Internet, m-commerce, commerce), et il a besoin de l'intégration en arrière-guichet pour la relation avec d'autres entreprises. Dans la figure, on voit la représentation graphique de ce qu'on a expliqué dans cette partie.

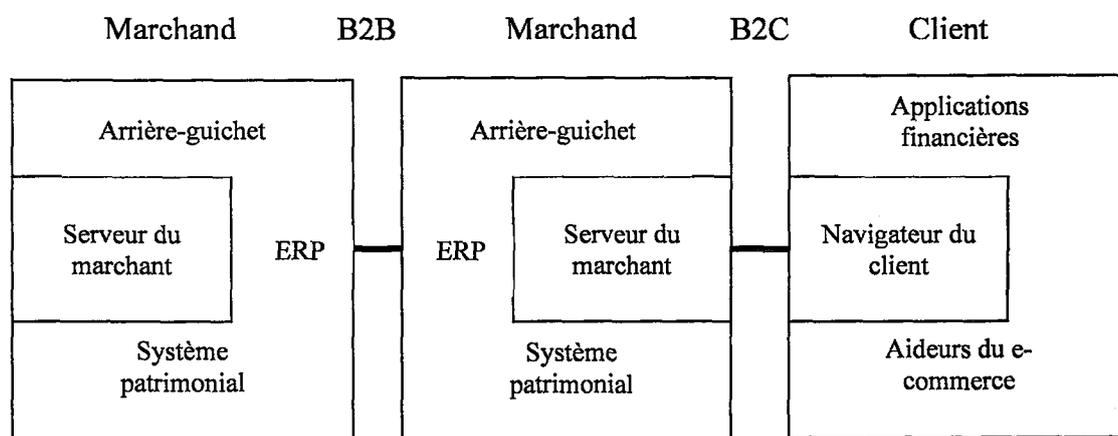


Figure 4.1. L'environnement du marchand et du client

Pour résumer, il est important pour les marchands d'observer les développements de technologie en arrière-guichet et les changements nécessaires en arrière-guichet pour intégrer les processus du commerce électronique d'aujourd'hui. Suivre les développements de navigateur est un autre point considérable car le navigateur est l'outil d'intégration des consommateurs.

4.4. Les groupes principaux dans un système de paiement

Il existe six parties principales qui sont directement en jeu dans un système de paiement:

- *Institutions financières comprenant les banques et les institutions financières non bancaires:* Ce sont des parties qui peuvent être regardées comme des corps externes d'Internet qui tiennent la valeur monétaire réelle initiale. Les institutions financières (y compris les banques, les unions de crédit et les organisations financières) doivent normalement avoir une licence pour effectuer le trafic bancaire. Elles sont les acteurs principaux, bien que quelques systèmes de paiement électronique fournissent des services sans participation directe des institutions financiers. Les institutions financières, en général, ont le monopole sur la confiance des consommateurs concernant leur argent. Pour maintenir leur position dans le centre des paiements, les institutions financières profitent de l'occasion d'avoir une collaboration entre les développeurs des systèmes de paiement et les compagnies qui utilisent l'Internet pour leurs affaires.
- *Fournisseurs ou fabricants des systèmes de paiements:* Ce sont les parties qui fonctionnent et ménagent le système de paiement électronique et peuvent être varier du fournisseur d'un logiciel simple à une grande organisation. En général, ils sont responsables de fournir le logiciel et les interfaces des systèmes de paiements. Bien que quelques institutions financières fournissent le service de système de paiement directement (par exemple SET de la MasterCard et du Visa International), les fournisseurs des systèmes de paiement électroniques sont généralement les tiers qui établissent des transactions entre les institutions financières (les banques et les institutions financières non-bancaires) et les

utilisateurs (les marchands et les clients). A ce stade, les fournisseurs de ce type de systèmes doivent toujours coopérer avec les institutions financières sur une grande échelle à gagner leur pénétration au marché et l'acceptation chez le consommateur.

- *Les Marchands (Fournisseurs)*: Ce sont les parties vendant des produits et des services (conventionnel et basé d'information) directement aux consommateurs sur l'Internet, en utilisant un système de paiement électronique pour contrôler les paiements. Le besoin principal des marchands est un système de paiement fiable et peu coûteux, puisque les fournisseurs d'Internet sont souvent des petites compagnies avec des petites marges bénéficiaires. Leur participation courante avec le système de paiement dépend beaucoup de la demande du client. A ce stade, la majorité des marchands d'Internet adoptent le concept du système de paiement sur une petite échelle à un niveau expérimental, plutôt qu'un système entièrement adopté.
- *Consommateurs*: Ce sont les utilisateurs du cycle commercial qui veulent utiliser le système de paiement pour payer les produits et les services qu'elles achètent sur Internet. Les consommateurs peuvent être encore classés comme les utilisateurs finaux, les utilisateurs commerciaux et les utilisateurs de gouvernement. Les consommateurs sont le groupe le plus important en n'importe quel système de paiement. En fait, c'est le peuple qui doit vraiment être convaincu de voir les vrais avantages d'employer un système de paiement électronique, parce que les affaires n'ont aucune signification sans consommateur. Bien qu'une grande partie des systèmes de paiement puisse réaliser des transactions sécurisées, une majeure partie de population des consommateurs croient toujours qu'effectuer des paiements sur Internet est une activité dangereuse. En plus d'assurer la sécurité de leurs paiements, les consommateurs recherchent aussi des systèmes de paiement qui sont fiables, bon marché et largement admis par un grand nombre de marchands. Ils ne veulent pas employer dix systèmes différents pour obtenir différents types de produits et services sur Internet.

- *Régulateurs*: Ce groupe comprend les régulateurs nationaux (tels que les corps de gouvernement, des agences d'application de loi et des organismes de contrôle bancaire).
- *Fournisseurs de réseau*: Ces parties fournissent l'infrastructure physique de soutien pour les systèmes de paiement d'Internet, y compris le logiciel du système de paiement, le matériel et les équipements de télécommunications.



5. La sécurité dans le paiement électronique

5.1. Les exigences de sécurité

Tout d'abord, la fraude d'Internet devrait être définie. Le FBI définit la fraude d'Internet comme:

“Tout arrangement frauduleux dans lequel un ou plusieurs composants de l'Internet, tels que des sites de Web, des bavardoirs et le courrier électronique, jouent un rôle significatif en offrant les produits ou les services non existantes aux consommateurs et en communiquant les représentations fausses ou frauduleuses.”

Afin de comprendre à quel point la cryptographie à clé publique (PKC), l'infrastructure à clé publique (PKI) et les signatures numériques peuvent agir en tant que des mesures préventives des fraudes de paiement électronique sur Internet, nous commençons par identifier les risques dans l'environnement d'Internet et les exigences de sécurité de paiement, pour des consommateurs et des marchands, dans le marché électronique.

5.2. Les risques du paiement en ligne

Les réseaux de transmission d'Internet sont peu sûrs, et le nombre d'infractions de sécurité continue à augmenter de plus en plus. Les exemples des infractions de sécurité sont:

- a) L'interception des communications afin de copier ou modifier les données,
- b) L'accès non autorisé à un ordinateur ou à un réseau des ordinateurs avec l'intention criminelle pour copier, modifier ou détruire les données,
- c) L'exécution de code malveillant pour les mêmes buts et,
- d) Fausse interprétation malveillante.

Par conséquent, les consommateurs et les fournisseurs font face à un certain nombre de risques, en faisant des opérations par ces réseaux ouverts peu sûrs. D'une perspective de

paiement, et sans viser à être approfondi:

Consommateurs:

- font face au risque de traiter avec un faux marchand qui peut facturer la transaction de paiement mais jamais livrer le produit,
- peuvent recevoir des débits récurrents ou non autorisés pour un abonnement de service qu'ils ne sont jamais convenus ou
- peuvent faire face au risque d'avoir la carte ou les données de compte volées et réutilisées pour un autre but.

Marchands:

- peuvent traiter avec un faux utilisateur qui a une identité fausse, volée ou plein d'informations de paiement fausses ou
- peuvent faire face à des consommateurs niant leur commande après avoir donné l'ordre d'un achat particulier.

Les statistiques des systèmes de paiement prouvent que la fraude d'Internet avec des cartes de crédit a lieu principalement aux sites transactionnels qui rassemblent des données de paiement et puis disparaissent après avoir chargé le détenteur de carte (par exemple dans les sites d'adultes), ou par l'accès non autorisé aux données de paiement insuffisamment protégées, stockées aux serveurs des fournisseurs.

Les exigences de sécurité de paiement du consommateur dérivent du besoin à:

- Traiter avec les marchands dignes de confiance,
- Recevoir des offres et des livraisons comme convenu,
- Avoir un service à la clientèle ou un autre mécanisme pour réparer les situations conflictuelles et,
- Protéger les données personnelles contre l'accès et l'utilisation non autorisés.

Les exigences de sécurité de paiement des marchands, cependant, dérivent du besoin à la garantie de paiement et à la protection des données commerciales contre l'accès non autorisé.

Prenant en compte ces exigences d'utilisateurs, les conditions suivantes de sécurité sont généralement convenues d'être les composantes principales, dans l'établissement de la sécurité et de la confiance sur Internet entre deux acteurs de transaction. Ce sont: La confidentialité, l'intégrité d'information échangée, d'authentification des parties, aucun répudiation de la transaction et des limites de responsabilité.

5.3.Introduction aux technologies de sécurité

Après l'analyse des exigences de sécurité pour des paiements électroniques, nous analyserons les technologies de PKC (Public Key Cryptography), de PKI (Public Key Infrastructure) et de signatures numériques.

5.3.1. Les concepts de base

La cryptographie à clé symétrique (ou à clé secrète) pour les encryptions est basé sur l'idée d'un secret partagé. Deux parties qui veulent communiquer en sécurité d'abord conviennent sur "une clé secrète", laquelle permet chaque partie à encrypter et à décrypter des messages, en se servant du même algorithme convenu, qui peut être publiquement connu.

Des inconvénients de la cryptographie symétrique sont principalement liés aux aspects principaux de distribution et de gestion de clé:

- Echanger des clés secrètes est trop complexes dans les grands réseaux,
- Le partage des clés secrètes exige des expéditeurs et des destinataires de faire confiance et donc être familier avec chaque personne qu'ils communiquent en sécurité,
- Il exige d'un canal sécurisé pour distribuer "les clés secrètes".

La cryptographie à clé asymétrique (ou à clé publique/privée) est basé sur l'idée d'une paire cryptographique convenable, qui est formée des deux types de clés: La privé et la publique. Un participant voulant recevoir des communications encryptés d'abord produira une paire cryptographique, gardera la clé privée comme secret et publiera la clé publique à toutes les parties qui voudraient encrypter des données pour lui. Les

encryptions des données exigent seulement l'accès à la clé publique alors que les décryptions des données exigent l'accès à la clé privée. En outre, le même participant peut encrypter les données avec sa clé privée, et les récepteurs peuvent les décrypter en employant la clé publique.

Ce type de cryptographie résout le problème principal de la gestion et de la distribution.

Des inconvénients de la cryptographie publique sont liés aux ressources informatiques nécessaires, qui peuvent rendre impraticables d'encrypter et de décrypter de grandes quantités des données.

Une signature numérique est une fonction cryptographique sécurisée qui crée un message synthétisé, disons un sommaire, qui est encrypté en utilisant la clé privée de l'expéditeur. Le message original avec le sommaire encrypté, constitue un message numériquement signé. A la réception, le récepteur décrypte le sommaire en utilisant la clé publique de l'expéditeur et le compare au résultat d'un calcul indépendant du sommaire, en utilisant le même algorithme de brouillage. Si les deux valeurs sont identiques, le message est correct. N'importe quelle modification du message pendant la transmission mènerait à une valeur différente de sommaire. Les signatures numériques n'impliquent pas l'encryption du message lui-même.

Le certificat numérique est un dossier électronique qui identifie uniquement une entité (et permet des communications sécurisées et confidentielles). Un certificat numérique lie une clé publique à une entité dans un système cryptographique tiers de confiance ou par un autorité de certification (Certification Authority-CA). Il contient la clé publique, l'information d'identification du propriétaire de la clé, l'information de l'émetteur principal de certificat et toutes les données sont rassemblées en se servant d'une signature avec la clé privée de CA.

Quand une partie veut s'identifier, elle envoie son certificat numérique à l'autre partie. L'autre partie peut, soit valider la signature numérique du certificat en se servant de la

clé publique de CA, soit valider l'identification du CA et valider l'identification de l'expéditeur en se servant de l'information fournie par le certificat de l'expéditeur.

Après que ce processus d'authentification soit réalisé, la clé publique de l'expéditeur peut être employée pour échanger l'information encryptée avec lui, ou pour vérifier les signatures numériques. Différents classes ou niveaux des certificats peut exister pour différentes objectives, lié au degré de confiance qui existe dans un certificat.

5.3.2. La cryptographie à clé publique (Public key cryptography)

Un avantage principal de PKC est qu'elle permet aux individus d'utiliser deux différentes mais relatives *clés* pour s'authentifier et pour maintenir la confidentialité et l'intégrité de leurs communications. Il leur permet également de signer numériquement un document ou une transaction. Une clé, la clé privée, est maintenue secrète par son propriétaire, alors que l'autre, la clé publique, peut être largement distribuée. Les deux clés sont mathématiquement reliées, mais un dispositif important est qu'il est informatiquement impossible de dériver une clé grâce à la connaissance de l'autre.

Quand deux parties interactives ne se connaissent pas, PKC fournit un mécanisme facile pour l'encryption de données et l'intégrité (par exemple la technologie de SSL). L'authentification de ces parties, cependant, exige un tiers de confiance ou une chaîne de confiance.

5.3.3. L'infrastructure de clé publique (Public Key Infrastructure)

Afin de créer la confiance suffisante dans les transactions commerciales, autrement dit, pour rendre l'authentification et les signatures numériques légalement obligatoires, un tiers de confiance est exigé. Cette entité doit certifier la validité des certificats délivrés pour l'authentification et la signature, pour contrôler ces certificats (leur création, distribution, publication, révocation et renouvellement), pour établir les termes contractuels et les responsabilités parmi les parties et en fin pour agir en tant que partie neutre en cas de conflits.

L'utilisation répandue des certificats, le besoin à l'interopérabilité, la complexité de la technologie et les processus sécurisés renforcent le besoin d'un tiers de confiance commun pour contrôler cette infrastructure de support - l'infrastructure de clé publique. Ceci englobe le matériel et le logiciel sécurisé, les mécanismes de sécurité, les règles opérationnelles, les pratiques d'organisation, les termes contractuels et les responsabilités.

5.4. L'utilisation de l'infrastructure de clé publique dans les applications

Plusieurs standards ont été développées et des initiatives ont été lancées ces dernières années pour permettre une transmission et un stockage d'information de carte de crédit plus sécurisé. Celles-ci incluent SSL (Secure Socket Layer), SET (Secure Electronic Transaction), 3D SET. [6]

5.4.1. SSL (Secure Sockets Layer)

Développé par Netscape, SSL est créé pour fournir la confidentialité et l'intégrité des données échangées entre deux entités communicantes. SSL établit une voie de transmission sécurisée entre deux ordinateurs. Les parties communicantes utilisent ce canal pour échanger des données d'une façon confidentielle. Il est simple, bon marché et vite à mettre en application et est le système de paiement le plus largement répandu sur Internet. SSL a été créé pour être un protocole de communication sécurisé, pas pour être un protocole de paiement.

D'encrypter les informations sensibles de paiement à vérifier l'authenticité d'un site Web, SSL fournit la sécurité suffisante pour le commerce électronique. Dans le contexte des paiements électroniques, SSL permet au titulaire de carte de transmettre son détail de paiement au serveur du marchand d'une façon sécurisée. Le paiement électronique basé sur SSL souffre les problèmes suivants:

- Il n'existe aucun mécanisme pour fournir l'authentification forte du titulaire de carte ou du marchand,
- Il n'existe aucuns contrôles de ce que fait le fournisseur fait avec les informations du paiement du titulaire de carte.

- Il y a du manque de cadre politique et juridique pour permettre à un client de faire confiance à un marchand.

En dépit de ces issues, SSL est maintenant une norme dans l'industrie de paiements. SSL ne prévoit pas assurer la protection complète aux paiements par carte de crédit en ligne, puisqu'il encrypte seulement le lien entre le titulaire de carte et le marchand, des mécanismes additionnels sont nécessaire pour transmettre l'information de carte de crédit et l'autorisation du marchand vers les banques. D'ailleurs, une fois que l'information de carte de crédit est reçue par le marchand, elle sera décryptée en texte.

Dans ce cas-ci, l'information de carte est vulnérable à la révélation et à l'abus. Comme les marchands, en générale, n'ont pas l'expertise à établir l'infrastructure de sécurité pour leur site de Web, bases de données contenant de nombreuses informations des cartes des clients sont toujours ouverte aux pirates. De plus, certains marchands malveillants ont la possibilité d'employer l'information de la carte de crédit du client qui forme les éléments principaux pour contrefaire des cartes et/ou pour lancer des transactions frauduleuses.

Faire des transactions d'encryptions ou de décryptions en ligne avec SSL ne satisfait pas entièrement soucis sur la protection de la confidentialité des clients. Bien que le SSL ait été un protocole de sécurité largement admise, ce n'est toujours pas le meilleur choix de la protection de la confidentialité pour des titulaires de carte.

5.4.2. SET (Secure Electronic Transaction)

SET, est développé par la collaboration de Visa, MasterCard, IBM, GTE, Microsoft, Netscape etc. C'est un protocole de sécurité pour des paiements par carte de crédit en ligne. Une passerelle de paiement, un dispositif généralement opéré par un acquéreur qui traite des messages de paiement pour le marchand, est définie dans les spécifications de SET. On ne distingue pas la passerelle de paiement et l'acquéreur ici. SET utilise la technologie de l'encryption/décryption avec la clé publique pour fournir la confidentialité et l'intégrité d'information de paiement. SET emploie la signature numérique pour authentifier les parties concernées dans la transaction de paiement, y

compris le titulaire de carte, le marchand, et l'acquéreur pour assurer la légitimité complète avant la transaction. Pour protéger la confidentialité du titulaire de carte, l'information de paiement y compris le numéro de la carte de crédit, est protégée contre le marchand et l'information d'ordre est protégé contre les banques.

SET exige le logiciel du titulaire de carte, de marchand et d'acquéreur, et quelques composants de l'infrastructure de clé publique (PKI) pour soutenir l'architecture de confiance. SET permet au détenteur de carte et au marchand de s'authentifier avec les certificats numériques avant la transaction. Le titulaire de la carte est sûr qu'il fait une affaire avec un marchand légitime, et le marchand a la preuve que le titulaire de la carte est autorisé à employer la carte choisie. Une fois cette confiance est établie, les deux parties peuvent échanger l'information de transaction. SET utilise 'une grosse porte-monnaie' qui est une grande application installée sur le PC du client pour tenir les détails de paiement et pour effectuer la transaction SET.

Au niveau technique, la promotion de SET et "les cartes de crédit virtuelles" (ou la pseudo numéros de carte de crédit) est une étape évidente vers réduire les risques de fraude, de répudiation et du rejet de débit. Dans quelques pays, SET a été favorisé plus que dans d'autres.

5.4.3. 3D SET (Three Domain Model SET)

SET n'a pas réussi à atteindre une masse critique d'utilisateurs. Pour adresser ce manque de succès et pour favoriser SET de plus, Visa a présenté '3D SET' en 2000. 3D SET a été présenté pour conduire l'utilisation des paiements par carte de crédit en ligne, diminuant les complexités du protocole original de SET et simplifier les mécanismes de rejet de débit (chargeback).

Les deux des objectifs principales étaient :

- réduire l'effort d'exécuter le paiement avec la technologie SET au nom du client, et
- permettre au client d'employer son certificat à partir de toutes sortes de dispositifs ayant l'accès à Internet.

Avec 3D SET, la porte-monnaie du client est déplacé à un serveur central et maintenu par l'émetteur ou la banque de carte. Ceci énormément simplifie le processus d'abonnement des clients et exige seulement une petite application sur le PC du client.

3D SET incorpore le protocole SET dans le domaine à trois modèles :

1. *La domaine d'Acquéreur*: Les parties qui acquièrent des transactions, telles que les marchands et les services de transaction.
2. *La domaine de l'émetteur*: Les parties qui publient les instruments de paiement qui sont utilisés dans le domaine d'acquéreur.
3. *Domaine d'interopérabilité*: Le secteur entre les domaines d'émetteur et d'acquéreur qui gouverne comment un paiement est effectué et comment ils fonctionnent l'un avec l'autre.

Le modèle 3D SET fournit un cadre flexible qui laisse les banques et les acquéreurs à employer leurs propres méthodes de l'authentification des clients et les marchands dans une transaction de paiement. Chaque partie utilise le protocole sécurisé et à complexe l'interopérabilité pour pouvoir communiquer avec les autres.

La table suivante donne un résumé des technologies de sécurité et leurs applications:

Table 5.1. Les fonctions des technologies de sécurité [7]

Instrument de paiement	Fonction de sécurité fournie par PKI
Débit direct	Remplacer la signature manuscrite courante pour l'authentification et la non répudiation du client
E-chèque	
Transfert de crédit	
Carte de crédit	- Confidentialité et intégrité des données - Remplacer la signature manuscrite courante pour l'authentification et la non répudiation du client
Carte de débit	

6. Aide multicritère à la décision

6.1. Prendre une décision

6.1.1. Comment prendre une décision?

La forme la plus simple utilisée pour structurer un problème de décision est une hiérarchie composant de trois niveaux: L'objectif de la décision au niveau supérieur, suivi d'un deuxième niveau comprenant les critères et enfin les alternatives, situées dans le troisième niveau. La décomposition hiérarchique des systèmes complexes semble être un dispositif simple à utiliser par l'esprit humain pour tenir tête à la diversité. Nous organisons les facteurs ayant un effet sur la décision dans les étapes progressives qui vient du général, autrement dit des niveaux supérieurs, qui va vers le particulier, les niveaux plus bas. Le but de la structure est de permettre à juger l'importance des éléments dans un niveau donné en ce qui concerne certains ou tous les éléments au niveau adjacent ci-dessus.

6.1.2. Comment structurer un problème de décision?

En prenant une décision, la partie plus créatrice est décider aux quels facteurs vont inclure dans le problème pour l'exprimer complètement avec assez de détail. Vu l'environnement entourant le problème, en construisant une hiérarchie, l'étape le plus importante est l'identifier des issues et des participants liés au problème. Arranger les objectives, les attributs et les issues dans une hiérarchie est utile à deux objectifs: Elle fournit une vue globale des rapports complexes inhérents dans la processus de situation et de jugement, et elle permet au décideur d'évaluer les attributs s'il compare des attributs du même ordre de grandeur.

L'élément étant comparé doit être homogène. La hiérarchie n'a pas besoin d'être complète; c'est-à-dire, un élément à un niveau donné ne doit pas fonctionner comme critère pour **tous les éléments** au niveau ci-dessous. Ainsi une hiérarchie peut être divisée en sous-hiérarchies partageant en commun seulement un élément, qui se trouve

au plus élevé. De plus, un décideur peut insérer ou éliminer des niveaux et des éléments selon les besoins. Des éléments qui sont de moins d'intérêt peuvent être représentés d'une façon générale au niveau plus élevé de la hiérarchie et des éléments de l'importance critique pour le problème peuvent être développés plus en détail et la spécificité. L'établissement des priorités exige que les critères, les sous-critères, les propriétés ou les alternatives soient comparés parmi eux-mêmes par rapport aux éléments du prochain niveau plus élevé.

En conclusion, après que les jugements aient été faits sur l'impact de tous les éléments, et des priorités aient été calculés dans l'ensemble pour la hiérarchie, parfois, et avec soin, les éléments moins importants peuvent être disparaître en raison de leur relativement petit impact sur l'objectif global.

La figure 6.1 montre les étapes principales du processus de l'identification d'un problème ou d'une issue, vers la construction du modèle (e.g. linéaire, non linéaire, stochastique), puis vers l'utilisation du modèle pour avoir des informations, et finalement vers un plan d'action. Nous pouvons classer ces derniers dans trois expressions principales: Identification du problème et le structurer; construire le modèle et l'utiliser et le développement des plans d'action.

Il y a eu des grands efforts significatifs pour développer des différents modèles d'analyse à multicritères à résoudre différents types de problèmes de décision. En dépit de ceci, il n'y a aucune meilleure approche pour le problème général d'analyse à multicritères, et l'évaluation des résultats de décision reste généralement une issue ouverte. En générale, il faut décider sur trois sujets en utilisant des méthodes d'aide multicritères à la décision:

1. La méthode de normalisation des matrices des décisions,
2. La méthode du calcul de la distance entre les alternatives et les solutions idéales et anti-idéales. (La distance euclidienne, la distance de Hamming, la distance de Tchebycheff, etc.)

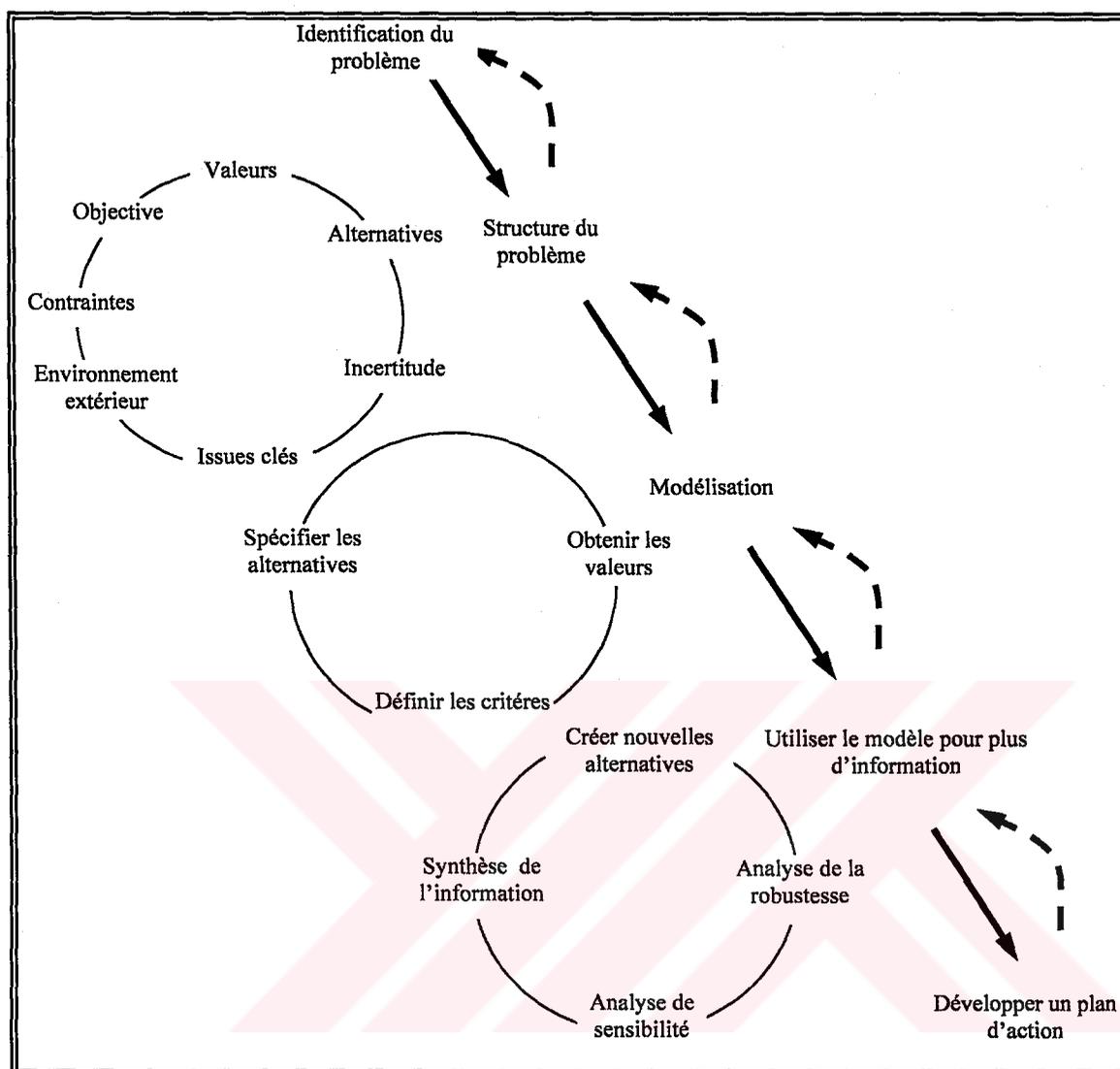


Figure 6.1. Le processus d'analyse de décision à multicritères [8]

3. Le choix de prendre soit la proximité à la solution idéale, soit la distance de la solution anti-idéale, en obtenant l'ordre de performance des alternatives.

Souvent les résultats dépendent des choix et les approches utilisées. Il est évident que le développement des approches simples, compréhensibles, et fiables soit nécessaire pour résoudre des problèmes pratiques de décision à multicritères. De telles approches peuvent produire des résultats compatibles, aider le décideur à mieux comprendre les implications de ses comportements de décision, et encourager le décideur en prenant des décisions efficaces.

L'analyse à multicritères a été largement répandue pour traiter des problèmes de décision impliquant plusieurs critères. L'analyse à multicritères exige souvent du décideur de fournir des évaluations qualitatives pour déterminer (a) la performance de chaque alternative en ce qui concerne chaque critère et (b) l'importance locale des critères d'évaluation en ce qui concerne l'objectif global du problème. En conséquence, les données incertaines, imprécises et subjectives sont habituellement présentes qui rendent le processus décisionnel complexe et ennuyant. [9]

6.1.3. La prise de décision dans un environnement flou

La prise de décision dans un environnement flou signifie un processus de décision dans lequel les objectives et/ou les contraintes, mais pas nécessairement le système contrôlé, sont de nature flous. Ceci signifie que les objectives et/ou les contraintes constituent des classes des alternatives dont les frontières ne sont pas nettement définies. Les objectives et les contraintes floues peuvent être définies précisément comme les ensembles flous dans l'espace des alternatives. Une décision floue, alors peut être définie comme l'intersection des objectives et des contraintes données.

Les travaux de manipuler les incertitudes, les imprécisions et les subjectivités sont faites fondamentalement à l'aide de théorie des probabilités et/ou théorie des ensembles flous. La première se concentre sur la nature stochastique du processus décisionnel tandis que le dernier concerne la subjectivité et l'imprécision du comportement humain. La probabilité reflète la réalisation ou la non réalisation de l'événement. Elle peut s'expliquer par la notion de possibilité, qui n'exige pas d'observations. Pour traiter l'imprécision quantitativement, on utilise habituellement les concepts et les techniques de la théorie des probabilités et plus en particulier, les outils fournis par la théorie de décision, théorie de contrôle et théorie de l'information. A ce niveau là, il faut bien distinguer le concept d'être aléatoire et d'être flou. En fait, la plupart des classes dans le monde réel n'ont pas de frontières crisper qui séparent les objets qui appartiennent à une classe de ceux qui n'appartiennent pas. Essentiellement, le concept d'être aléatoire est relié à l'incertitude au sujet d'appartenance ou de non appartenance d'un objet dans un ensemble non flou. La notion de floue, d'autre part, est reliée à des classes dans lequel

il peut y être des degrés d'appartenance entre l'appartenance complète et non appartenance. Nous allons voir plus en détail la notion de floue dans le chapitre suivant.

6.2. Différentes techniques d'aide multicritères à la décision

Comme la prise de décision est un cas très souvent rencontré, plusieurs méthodes sont été développées pour résoudre les problèmes ayant plus d'un critère. Dans cette partie, deux méthodes principales de décision à multicritères seront représentées.

6.2.1. Le processus analytique de hiérarchie (Analytic Hierarchy Process)

Un modèle largement utilisé pour résoudre le problème d'évaluation des performances avec des nombreux critères et données qualitatives est le processus analytique de hiérarchie (AHP) de Thomas L. Saaty (1994). C'est une méthodologie qui construit un cadre en forme d'une hiérarchie qui aide le décideur à organiser le problème d'une manière systématique et logique. Il est utilisé typiquement pour les situations où nous devons choisir une ou plusieurs alternatives de décision parmi plusieurs alternatives sur la base de la décision à multicritères. [8]

Quelques avantages de AHP sont les suivantes:

1. AHP permet la considération et l'évaluation systématiques des critères multiples de décision. Ces critères peuvent être financiers, non financiers, quantitatifs ou qualitatifs.
2. AHP permet à faire des jugements gestionnaires qui vont être inclus formellement et systématiquement dans le processus décisionnel.
3. Comme un processus, AHP permet à des directeurs de se concentrer sur ces aspects de la décision qui ont besoin d'amélioration ou qui ont de l'incertitude. AHP réussit ceci en utilisant des techniques de matrice pondérée.
4. Enfin l'AHP est bien formé pour soutenir le mouvement grandissant vers la prise de décision par groupe dans la vie des affaires.

Dans ce processus, la première étape est de structurer le problème sous forme hiérarchique [8]. La forme la plus simple utilisée pour former un problème de décision

consiste de trois niveaux. On met l'objectif de la décision au niveau le plus élevé, les critères au deuxième niveau, et les alternatives au dernier niveau. Le problème étant décomposé dans les petits domaines, chaque pièce peut être évaluée par un différent groupe d'experts.

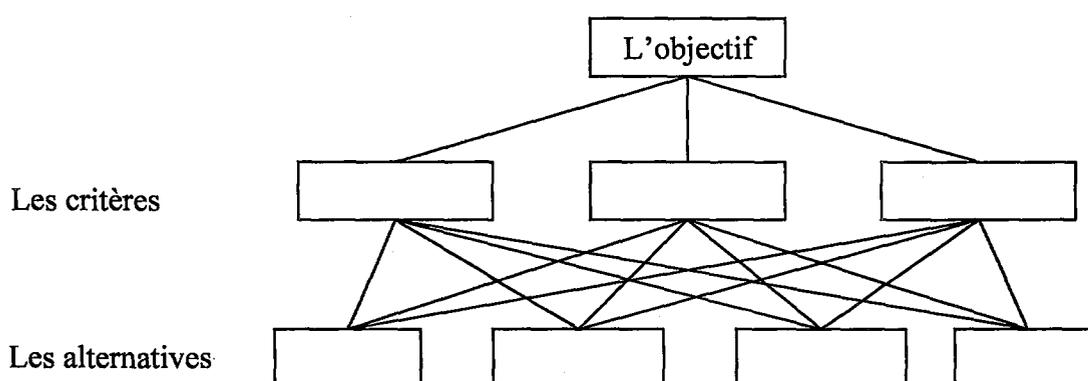


Figure 6.2. Une hiérarchie à 3 niveaux

a. Les comparaisons paires

Ces évaluations réalisées par les groupes d'experts servent à préciser le poids de chaque élément dans la hiérarchie. Au cas où les poids exacts sont inconnus, alors ils doivent être rapprochés. Pour faire ainsi, l'AHP exige des réponses des décideurs (numériques ou verbales) à une suite des questions qui comparent deux critères ou deux alternatives. S'il y a n critères d'évaluation, alors les décideurs doivent réaliser $C(n,2)=n(n-1)/2$ comparaisons. L'avantage de cette technique est que l'information peut être obtenue des manuels ou nous pouvons demander les décideurs/experts de classer les facteurs individuellement. L'inconvénient de la comparaison paire est qu'il faut faire un grand nombre de jugements quand il existe un grand nombre de critères.

Dans la matrice de décision, si l'élément du côté gauche est plus important que l'élément sur le dessus, alors un nombre entier positif (de 1 à 9) seront insérés dans la cellule; s'il est moins important, la valeur inverse du nombre sera écrite. ($a_{ji} = 1/a_{ij}$)

L'importance locale de n'importe quel élément comparé à elle-même est 1. L'échelle fondamentale pour faire les comparaisons paires subjectives est illustrée dans le tableau 6.1. Les réponses numériques sont données en utilisant une échelle fondamentale de

1-9, alors que les réponses verbales sont converties en leurs valeurs numériques équivalentes sur cette échelle de 1-9. Saaty a prouvé que l'échelle de 1-9 est l'échelle qui fonctionne particulièrement bien dans les différents types de problèmes de décision. Une échelle sert à exprimer les jugements sous des ratios communs propres à l'échelle. On ne suppose pas que les gens sont parfaitement consistantes, c'est parce que la consistance n'est pas toujours assurée en AHP.

Tableau 6.1. L'échelle fondamentale de 1 à 9

Poids de l'importance locale	Définition	Explication
1	Importance égale	Deux activités contribuent également à l'objectif.
3	Importance modérée	L'expérience et le jugement favorisent légèrement une activité sur une autre.
5	Importance essentielle ou forte	L'expérience et le jugement favorisent fortement une activité au-dessus d'une autre.
7	Importance très forte	Une activité est fortement favorisée et sa dominance est démontrée dans la pratique.
9	Importance absolue	L'évidence favorisant une activité au-dessus des autres est le plus élevé de l'affirmation.
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre les deux jugements adjacents	Quand le compromis est nécessaire.

La matrice de décision peut être représentée comme la suivante:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

Figure 6.3. La matrice de décision

Dans la figure ci-dessus, chaque jugement qui est appliqué aux couples des éléments homogènes signifie la dominance d'un élément dans la ligne à gauche sur un élément dans la colonne en haut. Encore chaque comparaison implique quel élément est plus important par rapport à un critère dans le niveau plus élevé et quel est le degré de la dominance. La comparaison des poids peut être représentée comme dans le tableau 6.2.

Il est important de voir que les w_i ne sont pas connus à l'avance. Nous exécutons les comparaisons paires sur les éléments en utilisant les jugements subjectives estimés numériquement à partir de l'échelle des nombres et résolvons alors le problème pour trouver les w_i .

Tableau 6.2. Les comparaisons des poids

	A_1	A_2	...	A_n
A_1	w_1/w_1	w_1/w_2	...	w_1/w_n
A_2	w_2/w_1	w_2/w_2	...	w_2/w_n
...
A_n	w_n/w_1	w_n/w_2	...	w_n/w_n

b. La méthode de vecteur propre

L'importance comparative obtenue par des comparaisons permet à un certain degré d'inconsistance. Saaty a utilisé le vecteur propre principal de la matrice de comparaison paire arrangée pour trouver le poids local parmi les critères.

N'importe quelle matrice carrée $n \times n$ a la propriété que la somme de ces valeurs propres est égale à la trace de cette matrice. La trace est la somme des éléments diagonaux d'une matrice carrée. Dans la matrice de comparaison, tous les jugements ont des valeurs positives parce que seulement les valeurs positives fournissent des solutions. Si la matrice est totalement consistante, alors il y aura une seule valeur propre qui va être égale à la trace de la matrice alors que toutes les autres soient égale à zéro. Comme les éléments diagonaux de la matrice représentent les comparaisons des critères avec soi-même, ils vont être toujours égale à 1 qui va donner n comme la trace. Donc, dans une matrice totalement consistante:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \dots = \lambda_{n-1} = \lambda_n = n \quad (6.1)$$

Par exemple, considérons la matrice suivante P où il y a trois facteurs jugés: A, B, et C. C'est une matrice de 3 x 3 avec la trace qui est égale à 3 = n.

Tableau 6.3. Les évaluations des critères

	A	B	C
A	1	5	3
B	1/5	1	3/5
C	1/3	5/3	1

Pour obtenir les valeurs propres, nous résolvons la déterminante de l'équation $|P - \lambda I|$ pour λ où I est la matrice d'identité.

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 5 & 3 \\ 1/5 & 1-\lambda & 3/5 \\ 1/3 & 5/3 & 1-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

En résolvant cette déterminante, nous obtenons:

$$\lambda^2 (\lambda - 3) = 0$$

d'où $\lambda = 0$ ou $\lambda = 3$. Ici, la valeur propre $\lambda = 3$ est égale à la trace de la matrice. La matrice est alors consistante.

Pourtant, quand la matrice est inconsistante, nous obtenons un nombre de la valeur propre qui est égale à la trace mais, la somme de ces valeurs propres positives n'est pas égale à la trace. Dans cette condition, nous choisissons la valeur propre qui a la valeur maximale et qui est plus proche à n, pour calculer les poids locaux.

Pour l'exemple précédent, supposons que les jugements sont comme les suivants qui forment une matrice inconsistante:

Tableau 6.4. Les évaluations des critères inconsistantes

	A	B	C
A	1	5	3
B	1/5	1	1/4
C	1/3	4	1

Pour résoudre les valeurs propres, nous obtenons:

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 5 & 3 \\ 1/5 & 1-\lambda & 1/4 \\ 1/3 & 4 & 1-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$\lambda = 3.25 \text{ ou } \lambda = -0.251$$

Ici, puisque nous ne considérons pas les valeurs négatives, la valeur propre la plus grande 3.25 est choisie. Faisons attention que la trace de la matrice est encore 3. Plus la valeur propre est proche de la trace de la matrice, plus la matrice est consistante.

Cette propriété forme la base de la construction de l'indice d'inconsistance (CI) et le ratio d'inconsistance (CR), où

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \text{ et} \quad (6.2)$$

$$CR = (CI / ACI) * 100 \quad (6.3)$$

ACI est l'indice moyen des poids produits arbitrairement. D'après Saaty (1986), les valeurs de ACI dépendent de l'ordre de la matrice et sont comme les suivantes (la première ligne représente l'ordre de la matrice alors que la deuxième représente la valeur de ACI):

Tableau 6.5. Les valeurs de ACI

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

La valeur de CR qui est 10% ou moins est considérée acceptable selon la méthode AHP. Sinon, il est recommandé de réévaluer A pour résoudre les inconsistances dans les comparaisons paires. Dans l'exercice nous avons $CI = (3.25-3)/2 = 0.125$ et $CR = 0.125 / 0.58 * 100 = 21.5 \%$.

Comme la valeur de CR est plus grande que 10%, la matrice est inconsistante.

c. Les priorités locales

Dans cette étape de la méthode, nous trouvons les poids locaux des éléments. Pour faire ceci, nous devons calculer un ensemble de vecteurs propres pour chaque matrice et puis normaliser à l'unité le résultat pour obtenir les vecteurs des priorités.

Supposons on a n critères P_1, P_2, \dots, P_n et ils ont des poids locaux $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$. Quand A est consistante, alors $PW = nW$ où P est la matrice de décision qu'on obtient par les comparaisons paires. Si la matrice est inconsistante, alors $PW = \lambda_{\max} W$ où, λ_{\max} est la valeur propre maximale.

$PW = nW$ signifie encore $|P - nI||W| = 0$. En plus, quand $n = \lambda_{\max}$, les valeurs des poids sont obtenues par résoudre:

$$|P - \lambda_{\max} I||W| = 0 \quad (6.4)$$

L'étape suivante est calculer les poids ou les priorités locaux pour chaque alternative. Il existe différentes méthodes pour les trouver dans lesquelles nous pouvons compter; calculer leur moyen arithmétique, calculer leur moyen géométrique ou prendre la valeur moyenne.

Dans la suite, nous avons un exemple de trouver les poids locaux en calculant le moyen géométrique.

Soit la matrice A:

Tableau 6.6. Les évaluations des critères de A, B et C

	A	B	C
A	1	1/2	1/4
B	2	1	1/2
C	4	2	1

Premièrement, nous synthétisons les jugements en prenant le moyen géométrique de chaque ligne de la matrice A:

Tableau 6.7. Les moyens géométriques

	A	B	C	
A	1	1/2	1/4	1/2
B	2	1	1/2	1
C	4	2	1	2

En fin, nous faisons la normalisation de la matrice en divisant chaque valeur de la ligne des valeurs géométriques par la somme de ces valeurs:

Tableau 6.8. Les poids normalisés

	A	B	C		Poids normalisés
A	1	1/2	1/4	1/2	1/7
B	2	1	1/2	1	2/7
C	4	2	1	2	4/7
Somme				7/2	1

6.2.2. TOPSIS (Technic for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

TOPSIS est proposé en 1980 par Yoon et Hwan en 1980, étant une alternative à la méthode d'ELECTRE. Le principe est de choisir la solution qui est plus proche de la solution idéale, en même temps plus loin de la solution anti-idéale. TOPSIS suppose que chaque alternative a une utilité monotonement croissante ou décroissante, c'est-à-dire, lorsque la valeur d'une alternative en respect d'un critère augmente ou diminue, l'utilité de cette alternative augmente ou diminue en même temps. Par exemple, le

critère de revenu a l'utilité monotonement croissante car lorsque le revenu augmente, l'utilité augmente aussi. Au contraire, le critère de coût a une utilité monotonement décroissante, parce que l'utilité diminue avec l'augmentation du coût. A l'addition de ceci, il faut définir que les utilités des alternatives continuent à augmenter jusqu'à une valeur constante lorsque les valeurs des alternatives augmentent, mais après avoir atteint cette constante, les utilités peuvent commencer à diminuer. Un exemple de ceci est la température.

TOPSIS n'implique pas ce type des critères; cette méthode prend en considération seulement les critères dont les utilités augmentent quand les valeurs augmentent. Autrement dit, une alternative qui a la plus grande ou la plus petite valeur en respect d'un critère, est la meilleure ou la plus mauvaise alternative. Cette propriété rend facile de définir la solution idéale et anti-idéale: Les valeurs maximum et minimum des alternatives en respect d'un critère seront les solutions idéales et anti-idéales, respectivement.

Il faut faire attention que les formulations ci-dessous, sont données pour un problème à $j=1,2,\dots,n$ alternatives, et $i=1,2,\dots,m$ critères.

Dans cette méthode, en générale, on normalise les valeurs comme:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}, \quad i=1,2,\dots,m \quad \text{et} \quad j=1,2,\dots,n \quad (6.5)$$

où x_{ij} est la valeur de l'alternative j pour le critère i .

Les vecteurs de poids normalisés sont calculés par:

$$v_{ij} = w_i * r_{ij}, \quad i=1,2,\dots,m \quad \text{et} \quad j=1,2,\dots,n \quad (6.6)$$

où w_i est la valeur du critère i .

Une solution idéale est définie comme une collection de situation idéale pour tous les attributs considérés. En général, il est impossible d'atteindre la solution idéale à cause des contraintes technologiques ou économiques. Le but est d'être très proche à la solution idéale, qui est représentée comme:

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \{(\max_j v_{ij} \mid i \in I_1), (\min_j v_{ij} \mid i \in I_2) \mid j = 1, 2, \dots, m\} \quad (6.7)$$

avec I_1 étant l'ensemble des critères de bénéfice et I_2 étant l'ensemble des critères de coût.

De même façon, la solution anti-idéale est notée:

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \{(\min_j v_{ij} \mid i \in I_1), (\max_j v_{ij} \mid i \in I_2) \mid j = 1, 2, \dots, m\} \quad (6.8)$$

avec I_1 étant l'ensemble des critères de bénéfice et I_2 étant l'ensemble des critères de coût.

Afin de classer les alternatives, TOPSIS a défini un indice de similarité à la solution idéale qui donne la distance totale à la solution idéale et anti-idéale. Ainsi l'alternative qui a la plus grande valeur de l'indice de similarité sera choisie.

La distance de chaque alternative A^+ et de A^- peut être mesurée en utilisant la distance euclidienne à dimension m . La distance de la solution idéale est:

$$S_j^+ = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^m (v_{ij} - v_i^+)^2 \right)} \quad (6.9)$$

De la même façon la distance de la solution anti-idéale est:

$$S_j^- = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^m (v_{ij} - v_i^-)^2 \right)} \quad (6.10)$$

Les indices de performance des alternatives peuvent être calculés par deux méthodes:

$$1. C_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-} \quad (6.11)$$

Lorsque la valeur de C_j^+ est défini comme ci-dessus, quand l'alternative j est égale à la solution idéale, $C_j^+ = S_j^- / (0 + S_j^-)$ a la valeur 1, et quand l'alternative j est égale à la solution anti-idéale, $C_j^+ = 0 / (S_j^- + 0)$ a la valeur 0. Autrement dit, l'alternative avec la valeur de C_j^+ qui est maximum, est considérée comme la meilleure, et l'alternative avec la valeur de C_j^+ qui est minimum, est considérée comme la plus mauvaise alternative.

$$2. C_j^+ = \frac{S_j^+}{S_j^+ + S_j^-} \quad (6.12)$$

Lorsque la valeur de C_j^+ est défini comme ci-dessus, quand l'alternative j est égale à la solution idéale, $C_j^+ = 0 / (0 + S_j^-)$ a la valeur 0, et quand l'alternative j est égale à la solution anti-idéale, $C_j^+ = S_j^+ / (S_j^+ + 0)$ a la valeur 1. Autrement dit, l'alternative avec la valeur de C_j^+ qui est minimum, est considérée comme la meilleure, et l'alternative avec la valeur de C_j^+ qui est maximum, est considérée comme la plus mauvaise alternative.

7. La notion de floue (Fuzziness) et les ensembles flous

7.1. La notion de floue (Fuzziness) et la décision

Dans la formation des modèles et de développement des solutions, la majorité des méthodes ont en général une structure déterministique; qui veut dire qu'ils ont une certitude, alors que les situations réelles ont en majorité une imprécision causée par des diverses raisons. Le manque d'information de la situation future ou de comportements futurs d'un système peut être donné comme exemple à cette imprécision. Les cas réels ne peuvent pas toujours être expliqués par la logique duale: Par le "vrai" ou "faux". On a essayé à résoudre ces incertitudes ou le caractère stochastique d'un système à l'aide de la théorie de probabilité ou de la science de statistique. Dans l'approche de la probabilité, il est considéré que les événements se répètent et que finalement les propositions ou les événements soient bien définis. Par contre, il y a une autre imprécision dans la définition de la structure schématique des propositions ou événements dans les situations réelles. Ces genres d'incertitudes sont expliqués par la *notion de floue*.

Dans beaucoup de méthodes d'aide à la décision, un des problèmes les plus cruciaux est encore l'évaluation précise des données. Très souvent dans les applications réelles d'aide à la décision, les données sont imprécises et floues. Un décideur peut rencontrer la difficulté en mesurant et en traitant des rapports linguistiques. Par conséquent, il est nécessaire de développer les méthodes d'aide à la décision qui utilisent des données floues. [9]

Selon Zadeh (1975), comme il est très difficile et complexe d'exprimer ce type de données; la notion d'une variable linguistique est nécessaire dans ces situations. Une variable linguistique est une variable avec une expression linguistique en tant que ses valeurs. Ou encore, des variables dont les valeurs sont des mots ou des phrases dans une langue normale ou artificielle. Par exemple, l'*âge* est une variable linguistique si ses valeurs sont linguistiques plutôt que numériques, autrement dit ses valeurs sont;

jeune, non jeune, très jeune, assez jeune, pas très vieux, pas très jeune, plutôt que 20, 21, 22, 23...

Avant de parler la méthode utilisée, il faut voir les concepts de base des ensembles flous.

7.2. Les concepts de base des ensembles flous et la logique floue

L'ensemble classique est défini comme la réunion des éléments d'après des caractéristiques précises: Les éléments appartenant à un ensemble universel se regroupent en deux; ceux qui appartiennent à un ensemble et ceux qui ne lui appartiennent pas. Il existe une limite précise entre ces deux groupes. Par contre dans la vie courante, plusieurs mots utilisés souvent ont des sens flous. Dans ce groupe, les limites ne sont pas certaines et nettes; le passage de l'appartenance à la non appartenance ne se fait pas brusquement mais par gradation.

La théorie des ensembles, sur laquelle se fondent les mathématiques cause problème lorsqu'on veut l'appliquer au monde réel: La difficulté vient de ce qu'il est parfois impossible de délimiter les frontières d'un "ensemble" qui possède des limites incertaines décrit par le langage usuel. C'est ainsi que la théorie des ensembles flous amène la notion de floue et annule les limites précises entre ceux qui appartiennent et ceux qui n'appartiennent pas.

Zadeh avait donné l'explication de la *logique floue* ci-dessous pendant une interview:

[9]

"J'expliquerai les différences principales entre la logique floue et la logique classique à deux-valeurs. Dans les systèmes classiques à deux-valeurs, nous assumons que toutes les classes ont des frontières brusquement définies. Donc, un objet est le membre d'une classe ou il n'est pas son membre.

Maintenant, c'est correct si on parle de quelque chose comme mortel ou non mortel, les morts ou vivants, mâle ou femelle et ainsi de suite. Ce sont des exemples des classes

qui ont des frontières nettes.

Mais la plupart des classes dans le monde réel, n'ont pas de frontières nettes. Par exemple, si on considère des propriétés comme grand, intelligent, fatigué, malade, et ainsi de suite, nous voyons que toutes ces caractéristiques manquent des frontières nettes. La logique classique à deux-valeurs n'est pas conçue pour traiter les propriétés qui sont une question de degré. C'est le premier point.

Maintenant, il y a, naturellement, une généralisation de la logique à deux-valeurs. Ces systèmes logiques généralisés s'appellent la logique à valeurs multiples. Ainsi dans les systèmes logiques à valeurs multiples, une propriété peut être possédée à un degré. Dans ces systèmes, il existe plus de deux valeurs exactes. Il peut y avoir un nombre fini ou même infini de valeurs exactes, autrement dit, un nombre infini de degrés auxquels une propriété peut être possédée."

7.2.1. Le modèle mathématique

Le modèle mathématique des concepts flous a été présenté par Zadeh en 1965. Sa dispute est que la signification en langage naturel est une question de degré. Si on a une proposition comme "François est jeune", alors il n'est pas toujours possible d'affirmer qu'il est vrai ou faux. Quand nous savons que l'âge de François est x , alors la "vérité", ou plus correctement, la "compatibilité" de x avec "être jeune", est une question de degré. Elle dépend de notre compréhension du concept "jeune". Si la proposition est "François a moins de 22 ans" et nous savons l'âge de François, alors nous pouvons donner oui ou non comme la réponse, que la proposition soit vraie ou pas. Ceci peut être formalisé en considérant l'intervalle des âges possibles $[0, \infty)$, avec A , le sous-ensemble $\{x : x \in [0, \infty) : x < 22\}$ et en déterminant si l'âge de François est dans A . Mais, "jeune" ne peut pas être définis comme un sous-ensemble ordinaire de $[0, 1]$. Zadeh était mené à la notion d'un sous-ensemble flou. Clairement, les âges de 18 et 20 sont des âges jeunes, mais avec différents degrés: 18 est plus jeune que 20. Ceci suggère que l'appartenance dans un sous-ensemble flou ne doit pas être sur la base de 0 ou 1, mais plutôt sur l'échelle 0 à 1, c'est-à-dire, l'appartenance doit être un élément de l'intervalle $[0, 1]$.

7.2.2. Les définitions pour les ensembles flous

Un *ensemble flou*, s'exprime en affectant un degré d'appartenance à chaque élément de l'ensemble X , qui signifie l'appartenance aux sous-ensembles flous.

Un ensemble flou est une classe avec un degré d'appartenance continu. Ainsi, un ensemble (classe) flou F dans un référentiel U est caractérisé par une fonction d'appartenance qui associe à chaque élément u dans U un nombre réel dans l'intervalle $[0,1]$.

$$F : U \rightarrow [0,1] \quad (7.1)$$

La valeur de la fonction d'appartenance à l'élément u représente le "degré d'appartenance" de u dans F . Plus la valeur de la fonction d'appartenance augmente, autrement dit, plus il rapproche à 1, plus le degré d'appartenance augmente. L'appartenance complète est représentée par 1; la non appartenance est représentée par 0.

$$\mu_F : U \rightarrow [0,1] \quad (7.2)$$

C'est pour cette raison que les ensembles classiques peuvent être représentés comme un cas exceptionnel dont le degré d'appartenance peut avoir seulement les valeurs 0 ou 1.

La fonction caractéristique des ensembles classiques différencie les éléments qui appartiennent ou pas aux ensembles classiques, en affectant les valeurs 1 ou 0 aux éléments de l'ensemble universel :

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in F \\ 0 & \text{si } x \notin F \end{cases} \quad (7.3)$$

Une telle fonction s'appelle la *fonction d'appartenance* et l'ensemble où elle est définie s'appelle *ensemble flou*.

Un sous-ensemble flou A est définie comme un ensemble d'une série de couples et noté:

$$A = \{ (x, \mu_A(x) \mid x \in A, \mu_A(x) \in [0,1] \} \quad (7.4)$$

7.2.3. Les termes utilisés pour les ensembles flous

Hauteur: La hauteur d'un sous-ensemble flou A représente la plus grande valeur que la fonction d'appartenance de A peut prendre. Ou encore le degré de vérité le plus fort que peut prendre un élément x appartenant à A . [10]

$$h(A) = \max \mu_A(x) \quad \forall x \in X \quad (7.5)$$

Normalisé: Un ensemble flou est normalisé quand au moins un de ses éléments atteint le degré d'appartenance maximum qui est possible. Un ensemble flou A avec une fonction d'appartenance

$$\mu_A(x) \in [0,1] \text{ est dit normal si} \\ \mu_A(x) = 1, \text{ pour au moins un } x \in A \Rightarrow \sup_x \mu_A = 1 \quad (7.6)$$

Nous pouvons normaliser un ensemble flou en divisant $\mu_A(x)$ par $\sup_x \mu_A(x)$.

α - coupe: Un ensemble flou peut être considéré comme une famille de ces α - coupe. Un α - coupe d'un ensemble flou A est un ensemble crisp A_α qui contient tous les éléments de l'ensemble universel X qui ont un degré d'appartenance dans A , supérieur ou égal à la valeur indiquée de α tels que:

$$A_\alpha = \{ x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \} \quad (7.7)$$

En d'autres termes, A_α se compose des éléments de X identifiés avec A qui ont un degré au moins α . En particulier, le niveau le plus élevé, $\alpha = 1$ détermine un ensemble X appartenant totalement à A . Plus on augmente la valeur de α , moins il existe d'éléments de x satisfaisant la notion d'appartenance.

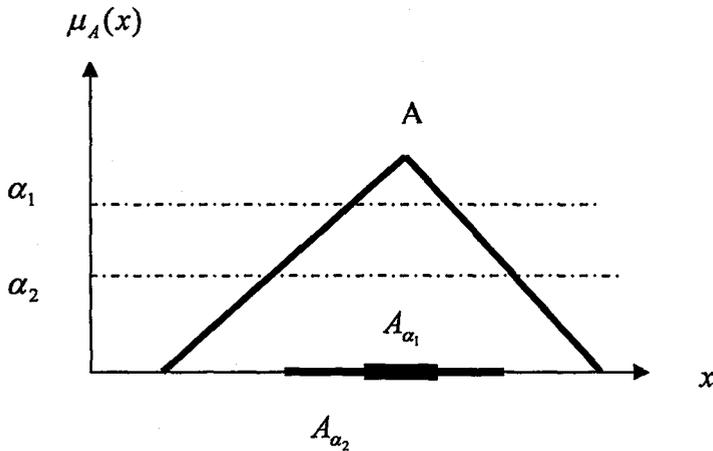


Figure 7.1. Un ensemble flou comme une famille de ces α -coupes. [10]

Evidemment, plus le niveau de α est bas, plus les éléments sont admis à la correspondance de α -coupe, c'est à dire,

si $\alpha_1 > \alpha_2$ alors $A_{\alpha_1} \subset A_{\alpha_2}$.

Quelques autres théorème sur les α -coupes :

1. $A^{\alpha^+} \subseteq A^\alpha$

2. $(A \cap B)^\alpha = A^\alpha \cap B^\alpha \quad (A \cup B)^\alpha = A^\alpha \cup B^\alpha$

3. $\bigcup_{i \in I} A_i^\alpha \subseteq \left(\bigcup_{i \in I} A_i \right)^\alpha \quad \bigcap_{i \in I} A_i^\alpha = \left(\bigcap_{i \in I} A_i \right)^\alpha$

4. $A \subseteq B$ si et seulement si $A^\alpha \subseteq B^\alpha$

5. $A \subseteq B$ si et seulement si $A^{\alpha^+} \subseteq B^{\alpha^+}$

6. $A = B$ si et seulement si $A^\alpha = B^\alpha$

7. $A = B$ si et seulement si $A^{\alpha^+} = B^{\alpha^+}$

8. $A^\alpha = \bigcap_{\beta < \alpha} A^\beta = \bigcap_{\beta < \alpha} A^{\beta^+}$

9. $A^{\alpha^+} = \bigcup_{\alpha < \beta} A^\beta = \bigcup_{\alpha < \beta} A^{\beta^+}$

α - coupe stricte: Pour tout ensemble A sur X , on peut définir ses α -coupes strictes comme:

$$A_{\alpha^+} = \{ x \in X \mid \mu_A(x) > \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \} \quad (7.8)$$

si $\alpha_1, \alpha_2 \in [0,1]$ et $\alpha_1 < \alpha_2$ alors

$$A^{\alpha_1} \supseteq A^{\alpha_2} \quad A^{\alpha_1} \cap A^{\alpha_2} = A^{\alpha_2} \quad A^{\alpha_1} \cup A^{\alpha_2} = A^{\alpha_1}$$

Support: Le support d'un sous-ensemble flou A représente toutes les valeurs de x pour lesquelles la fonction d'appartenance A n'est pas nulle. Le support de A est exactement le même que l' α -coupe stricte de A pour $\alpha = 0$.

$$\text{Supp}(A) = \{ x \in X \mid \mu_A(x) \neq 0 \}, \quad (\sup p(A) \in]0,1]) \quad (7.9)$$

Noyau: Le noyau représente l'ensemble des éléments x , qui ont un degré de vérité 1 à A .

$$\text{Noy}(A) = \{ x \in X \mid \mu_A(x) = 1 \} \quad (7.10)$$

Convexité: Un ensemble flou est dit convexe si et seulement si chaque'un de ses α -coupe est un ensemble convexe.

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min \{ \mu_A(x_1); \mu_A(x_2) \} \quad \lambda \in [0,1] \quad x_1, x_2 \in X \quad (7.11)$$

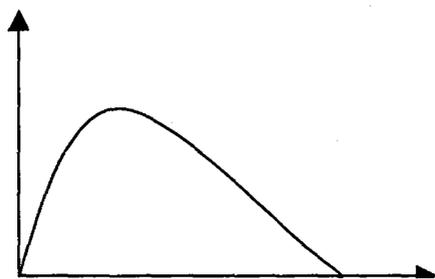


Figure 7.2. Ensemble convexe

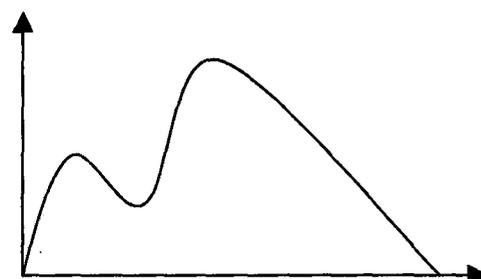


Figure 7.3. Ensemble non convexe

Un ensemble flou convexe normalisé est conçu sur \mathfrak{R} dont la fonction d'appartenance est continue par morceaux s'appelle un *nombre flou*.

Cardinalité: Soit A un ensemble flou dans l'univers infini X , sa cardinalité est défini:

$$\text{Card}(A) = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \quad (7.12)$$

Egalité: Deux ensembles flous, A et B sont dis égaux si et seulement si leurs fonctions d'appartenance sont identiques. Pour tout élément de X :

$$A = B \text{ ssi } \mu_A(x) = \mu_B(x) \quad \forall x \in X \quad (7.13)$$

Inclusion: L'ensemble A est inclus dans B si et seulement si la fonction d'appartenance de A est moins que la fonction d'appartenance de B pour tout x dans X :

$$A \subseteq B \text{ ssi } \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad (7.14)$$

7.2.4. Les opérations fondamentales et leurs propriétés

Les variables linguistiques sont liées entre elles au niveau des inférences par des opérateurs ET ou OU. Il s'agit des opérateurs de la logique floue qui interviennent sur les fonctions d'appartenance représentant les variables linguistiques. De plus, il existe un autre opérateur NON (complément, négation, inverse). Les règles de calcul pour ces opérateurs sont bien connues dans le cas de la logique classique. Puisque les fonctions caractéristiques sont les représentations équivalentes des ensembles, les opérations de base d'intersection, d'union et des opérations de complémentation sont représentées en prenant le minimum, le maximum et le complémentaire à 1 des fonctions caractéristiques correspondantes pour tout le $x \in X$:

$$\text{Intersection : } (A \cap B) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = A \text{ ET } B \quad (7.15)$$

$$\text{Union : } (A \cup B) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = A \text{ OU } B \quad (7.16)$$

$$\text{Complémentation : } \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (7.17)$$

Nous pouvons résumer la correspondance entre les connections logiques et les opérateurs des ensembles dans le tableau suivant:

Tableau 7.1. Les connections logiques

Logique	Expression	Théorie d'ensemble	Expression	Règle Commune
\wedge	ET	\cap	intersection	min
\vee	OU	\cup	union	max
$\bar{\quad}$	NON	$\bar{\quad}$	complément	NON
\rightarrow	Implication	\subseteq	inclusion	si...alors

La fonction d'appartenance $\mu_{\bar{A}}(x)$ est symétrique à $\mu_A(x)$ par rapport à l'axe $\mu=0,5$.

Bien que les dispositifs suivants aient été exprimés en notation standard, ils peuvent également être exprimés en langage des fonctions caractéristiques :

1. Commutativité : $A \cup B = B \cup A$
 $A \cap B = B \cap A$
2. Associativité : $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C = A \cup B \cup C$
 $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C = A \cap B \cap C$
3. Idempotence: $A \cup A = A$
 $A \cap A = A$
4. Distributivité: $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
 $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$
5. Les conditions de limites :
 $A \cup \emptyset = A$ $A \cup X = X$
 $A \cap \emptyset = A$ $A \cap X = X$
6. Involution: $\overline{\overline{A}} = A$
7. Transitivité: $A \subset B$ et $B \subset C$ impliquent $A \subset C$

Le nombre flou triangulaire est un type de nombre flou particulier. Pour évaluer un attribut imprécis, le nombre flou triangulaire avec trois paramètres, chacun qui représente la variable linguistique liée à un degré d'appartenance de 0 ou de 1, est trouvé très commodes et facile à mettre en application.

Un nombre flou est un nombre flou triangulaire si son fonction d'appartenance peut être représentée comme:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < a_1 \\ (x - a_1)/(a_2 - a_1) & , a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2) & , a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & , x > a_3 \end{cases} \quad (7.18)$$

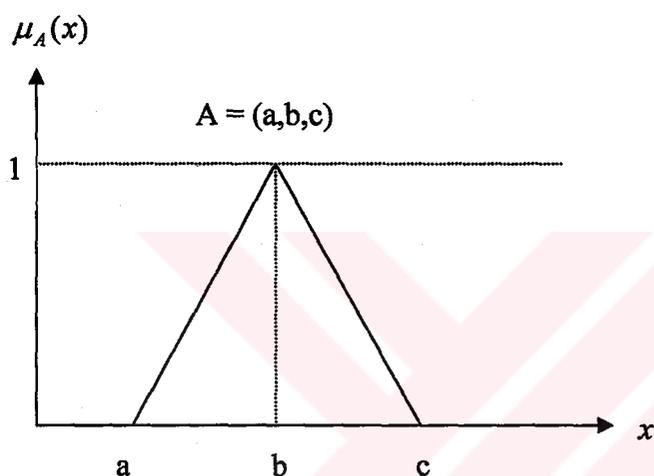


Figure 7.4. Un nombre flou triangulaire

Un nombre flou est appelé positif si:

$$\mu_A(x) = 0 \quad \forall x < 0$$

Un nombre flou est appelé négatif si:

$$\mu_A(x) = 0 \quad \forall x > 0$$

Soit $A = (a_1, a_2, a_3)$ et $B = (b_1, b_2, b_3)$ deux nombres flous triangulaires. Les opérations arithmétiques fondamentales sur ces nombres sont:

(a) Inverse:

$$A^{-1} \cong \left(\frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1} \right)$$

(b) Image:

$$-A = (-a_3, -a_2, -a_1)$$

(c) *Addition:*

$$A + B = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

(d) *Soustraction:*

$$A - B = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)$$

(e) *Multiplication scalaire:*

$$\forall k > 0, k \in R, kA = (ka_1, ka_2, ka_3),$$

$$\forall k < 0, k \in R, kA = (ka_3, ka_2, ka_1).$$

(f) *Multiplication:*

$$AB \cong (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3) \text{ si } a_1 \geq 0, a_2 \geq 0$$

(g) *Division:*

$$\frac{A}{B} = \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right) \text{ si } a_1 \geq 0, a_2 > 0$$

7.3. Quelques méthodes de classement des nombres flous

Dans plusieurs problèmes d'aide à la décision, les résultats finals des alternatives sont représentés à l'aide des nombres flous. Afin de choisir les meilleures alternatives, on a besoin d'une méthode pour établir un classement crisp totale des nombres flous. Beaucoup d'auteurs ont étudié des différentes méthodes pour classer les alternatives sous l'environnement flou pendant les deux dernières décades. Plupart de ces méthodes souffrent au moins l'un de ces inconvénients suivants:

- i. La computation de la méthode est complexe et donc il est difficile de l'appliquer,
- ii. La méthode est unintuitive, qui rend difficile le processus d'exécution,
- iii. Les méthodes peuvent assumer seulement un critère ou un expert ou
- iv. La méthode peut produire un classement crisp à partir des données floues.

Dans les problèmes à multicritères de classement flous, beaucoup de nombres flous triangulaires peuvent être intuitivement classés à l'aide des dessins de leurs courbes. [11] S'ils ne peuvent pas se classer par des figures, nous pouvons employer beaucoup d'autres méthodes de classement des nombres flous. Pour illustrer le classement des

nombre flou, trois méthodes différentes sont présentées. La première et la deuxième méthode expliquées en dessous sont assez simples, or la troisième est connue par tous les gens qui s'intéressent à la théorie d'ensemble flou, et est utilisée très souvent malgré sa complexité par rapport à deux premières.

7.3.1. La méthode de classement intuitive

Beaucoup de nombres flous triangulaires peuvent facilement se classer grâce à leurs courbes de fonction d'appartenance par la méthode de classement intuitive. Il est précisé que l'intuition humaine favoriserait un nombre flou avec les caractéristiques suivantes: La valeur moyenne plus élevée et en même temps la diffusion (spread) moins élevées.

7.3.2. La méthode de α - coupe

En appliquant cette méthode, il faut d'abord choisir une valeur de; $\alpha \in [0,1]$ (souvent α est plus grand que 0.5), puis on calcule $A^\alpha = [a_1, a_2]$ et $B^\alpha = [b_1, b_2]$.

En définissant l'intervalle de la confiance au niveau α , nous pouvons caractériser le nombre flou triangulaire (a, b, c) comme :

$$\forall \alpha \in [0,1], A^\alpha = [a_1, a_2] = [(b-a)\alpha + a, -(c-b)\alpha + c] \quad (7.19)$$

Finalement, on définit: $A \leq B$ si $a_2 \leq b_2$

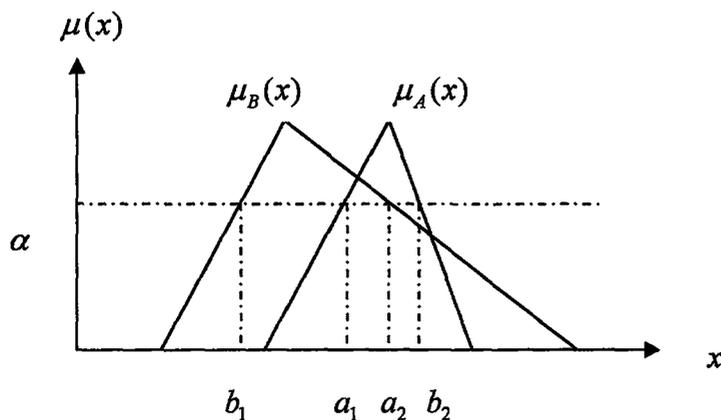


Figure 7.5. Méthode de classement de α - coupe

Ce résultat dépend, bien sûr, de la valeur choisie de α . Des méthodes plus sophistiquées basées sur α - coupe, ont rendu compte qu'utiliser un seul α - coupe peut donner un résultat inconsistant. Alors, il a été proposé une autre méthode de classement qui compare les ensembles flous utilisant plusieurs valeur de α - coupe .

7.3.3. La méthode d'ensemble maximisant et minimisant

Cette méthode développée par Chen [12] et utilise les concepts d'ensemble maximisant et minimisant.

Supposons que nous avons n nombres flous triangulaires A_1, A_2, \dots, A_n avec les degrés d'appartenances avec $\mu_{A_i}(x)$, $i = 1, 2, \dots, n$ x appartenant à \mathfrak{R} . Le but est de classer ces nombres flous en se servant de l'utilité total lié au concept de l'ensemble maximisant et minimisant. La fonction d'appartenance des nombres A_i :

$$\mu_{A_i} = \begin{cases} \frac{(x - c_i)}{(a_i - c_i)} & c_i \leq x \leq a_i \\ \frac{(x - d_i)}{(a_i - d_i)} & a_i \leq x \leq d_i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (7.20)$$

a. Ensemble maximisant et l'utilité droite

L'ensemble maximisant M est un ensemble flou qui a la fonction d'appartenance comme ci-dessous :

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{(x - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} & x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (7.21)$$

avec

$$x_{\min} = \inf S, \quad x_{\max} = \sup S$$

$$S = \bigcup_{i=1}^n S_i, \quad S_i = \{ x \mid \mu_{A_i}(x) > 0 \}$$

Alors, la valeur de l'utilité droite pour chaque A_i peut être calculée comme:

$$U_R(i) = \sup_x (\mu_M(x) \wedge \mu_{A_i}(x)) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7.22)$$

b. Ensemble minimisant et l'utilité gauche

L'ensemble minimisant M est un ensemble flou qui a la fonction d'appartenance comme ci-dessous:

$$\mu_L(x) = \begin{cases} \frac{(x_{\max} - x)}{(x_{\max} - x_{\min})} & x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (7.23)$$

avec

$$x_{\min} = \inf S, \quad x_{\max} = \sup S$$

$$S = \bigcup_{i=1}^n S_i, \quad S_i = \{x \mid \mu_{A_i}(x) > 0\}$$

Alors, la valeur de l'utilité gauche pour chaque A_i peut être calculée comme:

$$U_L(i) = \sup_x (\mu_L(x) \wedge \mu_{A_i}(x)) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7.24)$$

8. Méthodes d'aide multicritères à la décision utilisées

8.1. Le modèle du problème

L'application de la théorie des ensembles flous aux modèles à critères multiples fournit une manière efficace pour formuler les problèmes de décision dans un environnement flou où l'information disponible est subjective et imprécise.

Un problème typique d'aide à la décision est constitué de [13]:

1. Un nombre d'alternatives A_j ($j = 1, 2, \dots, n$),
2. Un ensemble des critères d'évaluation C_i ($i = 1, 2, \dots, m$) qui sont indépendants de l'un à l'autre,
3. Un jugement quantitatif ou qualitatif (appelé aussi *l'estimation de performance*) qui x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) représente la performance de chaque alternative A_j en ce qui concerne chaque critère C_i , qui conduit à définir une matrice de décision :

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Figure 8.1. La matrice de décision

4. Un vecteur de poids $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ (appelé aussi *les poids des critères*) représente les importances relatives de la critère d'évaluation en ce qui concerne l'objective globale du problème.

La description d'une certaine situation, d'un phénomène ou d'un procédé contient en général des expressions floues comme: Quelques, beaucoup, chaud, froid, rapide, lent, grand, petit, etc. Les expressions de ce genre forment les valeurs des variables linguistiques de la logique floue comme nous avons parlé dans le chapitre précédent. Pour

permettre un traitement numérique, il est indispensable de les soumettre à une définition à l'aide des fonctions d'appartenance.

Les modèles typiques d'aide à la décision flous exigent la comparaison des nombres flous. Ce processus de comparaison peut être tout à fait complexe et peut produire des résultats incertains; il peut a) nécessiter des calculs importantes, b) produire des résultats contradictoires par différentes méthodes de classification flous, et c) produire des classifications où x_j représente les évaluations linguistiques de la performance effective de l'alternative A_j ($j=1,2,\dots,n$) en ce qui concerne le critère C_i ($i=1,2,\dots,p_i$).

Les nombres flous utilisés pour réaliser les jugements qualitatifs en évaluant les poids des critères sont ci-dessous:

Tableau 8.1. Les nombres flous

Nombre flou	La fonction d'appartenance
$\bar{1}$	(1, 1, 3)
\bar{x}	(x - 2, x, x + 2)
$\bar{9}$	(7, 9, 9)

Ces termes linguistiques sont caractérisés par des nombres flous triangulaires pour représenter leur échelle de valeur approximative entre 1 et 9, dénotés comme, (a_1, a_2, a_3) où $1 \leq a_1$, $1 \leq a_2 \leq a_3 \leq 9$. a_2 est la valeur la plus possible du terme linguistique, a_1 et a_3 sont le minorant et le majorant du nombre respectivement.

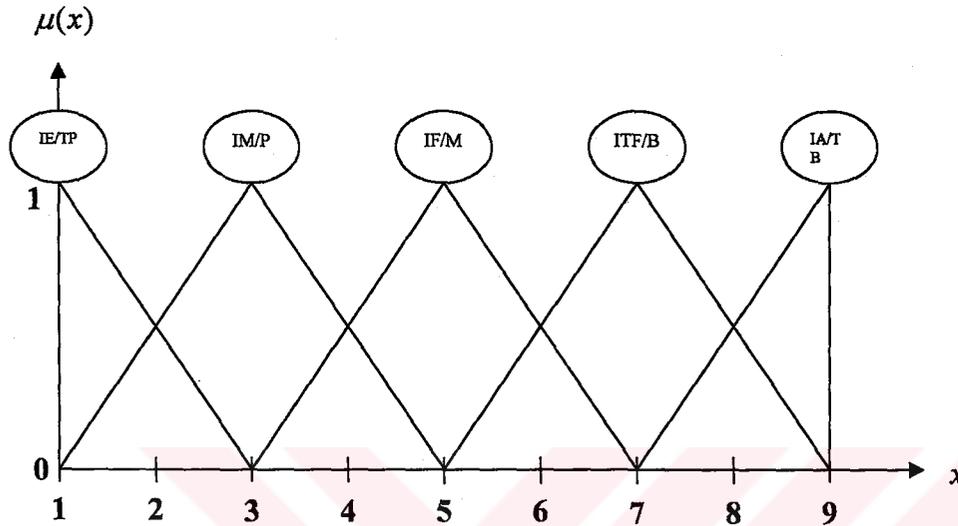
Les termes linguistiques exprimés dans le tableau 8.2, sont utilisés en créant la matrice d'évaluation des critères, alors que les termes linguistiques dans le tableau 8.3 sont utilisés en créant la matrice de décision.

Tableau 8.2. Termes linguistiques utilisés en créant la matrice d'évaluation de critères

Terme linguistique	Imp. égale	Imp. modérée	Imp. forte	Imp. très forte	Imp. absolue
Nombre flou triangulaire	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,9)

Tableau 8.3. Termes linguistiques utilisés en créant la matrice de décision

Terme linguistique	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Bien	Très bien
Nombre flou triangulaire	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,9)

**Figure 8.2.** La représentation graphique des termes linguistiques

S'il existe un ou plusieurs sous-critères C_{ik} ($k=1,2,\dots,p_i$) pour les critères C_i , une matrice plus basse (lower-level) doit être définie:

$$Y_{C_i} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{p_i1} & y_{p_i2} & \dots & y_{p_in} \end{bmatrix}$$

Figure 8.3. La matrice plus basse

Les vecteurs du poids pour les critères ou les sous-critères d'évaluation peuvent être donnés directement par le décideur ou être obtenus en utilisant les comparaisons paires d'AHP. En s'exprimant par les termes linguistiques définies en tableau 8.2, les vecteurs du poids W et W_i pour les critères et leurs sous-critères associés si existent, sont représentés comme:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m) \text{ et } W_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ip_i})$$

où W et W_i sont les poids flous des critères et C_i ($i=1,2,\dots,m$) les sous-critères C_{ik} ($k=1,2,\dots,p_i$) respectivement.

Etant donné les matrices de décision et les vecteurs de poids, l'objectif du problème d'évaluation des performances est de classer toutes les alternatives en donnant à chacune d'elles un point de performance global en ce qui concerne tous les critères.

Comme il a été précisé précédemment, le problème principal avec les modèles d'aide à la décision flous se situe dans le fait que la comparaison des nombres flous n'est pas franche et sur. Dans cette méthode, on développe une approche d'aide à la décision floue efficace en profitant des fonctions de valeurs. Pour assurer l'efficacité des résultats de classification, on emploie le concept du degré d'optimalité (Zeleny, 1982, 1998) pour transformer la matrice de décision floue (appelé aussi la matrice de performance) en une matrice singleton floue.

La matrice de décision représente les évaluations de poids flous de toutes les alternatives en ce qui concerne chaque critère au niveau le plus élevé. Avec ce processus de transformation, l'approche peut incorporer l'attitude du décideur à l'égard du risque dans le processus de classification. La procédure de classification est basée de la génération de la matrice de performance floue, qui est le multiple du vecteur des poids des critères avec la matrice de décision. La matrice de décision a été normalisée en divisant chaque valeur de chaque ligne par la somme des éléments de la ligne.

Si le critère C_i est formé des sous-critères C_{ik} , alors le vecteur de décision:

$$(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}) = \frac{W_i * Y_{C_i}}{\sum_{k=1}^{p_i} w_{ik}} \quad (8.1)$$

En utilisant cette forme pour tous les sous-critères, on peut calculer la matrice de décision X . C'est la fonction normalisée pour le critère C_i avec une hiérarchie à multi-niveaux. (Si les poids sont normalisés dans l'étape précédant, alors on ne doit pas les normaliser dans cette étape.)

La fonction est la multiplication du vecteur de poids W_i pour ses sous-critères plus bas C_{ik} et leur matrice de décision correspondante Y_{C_i} .

Puis on obtient les vecteurs de la matrice de performance floue en multipliant les vecteurs de décision par les poids de chaque critère. A l'aide du vecteur de la matrice de performance flou $(w_i x_{i1}, w_i x_{i2}, \dots, w_i x_{in})$ pour le critère C_i , on peut déterminer les performances relatives pour le critère C_i de chaque alternative. Pour le réaliser on peut suivre trois autres modèles:

8.1.1. La comparaison des performances avec le maximum flou et le minimum flou

Pour réaliser cette méthode, il suffit de comparer les performances $(w_i x_{ij})$ de chaque alternatives avec le maximum flou (M_{\max}^i) et le minimum flou (M_{\min}^i). Ces nombres représentent les mieux et les plus mauvaises performances effectives floues parmi toutes les alternatives en ce qui concerne le critère C_i . Leur fonction d'appartenance est donnée respectivement:

$$\mu_{M_{\max}^i}(x) = \begin{cases} \frac{x - x_{\min}^i}{x_{\max}^i - x_{\min}^i}, & x_{\min}^i \leq x \leq x_{\max}^i \\ 0, & \text{sinon} \end{cases} \quad (8.2)$$

$$\mu_{M_{\min}^i}(x) = \begin{cases} \frac{x_{\max}^i - x}{x_{\max}^i - x_{\min}^i}, & x_{\min}^i \leq x \leq x_{\max}^i \\ 0, & \text{sinon} \end{cases} \quad (8.3)$$

où $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$.

$$x_{\max}^i = \sup \bigcup_{j=1}^n \{ x, x \in \mathfrak{R} \text{ et } 0 < \mu_{w_i x_{ij}}(x) < 1 \}, \quad (8.4)$$

$$x_{\min}^i = \inf \bigcup_{j=1}^n \{ x, x \in \mathfrak{R} \text{ et } 0 < \mu_{w_i x_{ij}}(x) < 1 \} \quad (8.5)$$

$u_{Ri}(j)$ représente le degré le plus élevé d'approximation de l'alternative A_j sur le critère C_i au maximum flou, qui reflète la vue optimiste du décideur:

$$u_{Ri}(j) = \sup_{x \in \mathbb{R}} (w_i x_{ij} \bigcap M_{\max}^i), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8.6)$$

Un décideur optimiste a la tendance de préférer les valeurs plus élevées de ses évaluations floues, alors qu'un décideur pessimiste tend à favoriser les valeurs plus basses.

De même façon que la précédente, la vue pessimiste du décideur peut être calculé en comparant la performance flou ($w_i x_{ij}$) de l'alternative A_j par le minimum flou (M_{\min}^i):

$$u_{Li}(j) = 1 - \sup_{x \in \mathbb{R}} (w_i x_{ij} \bigcap M_{\min}^i), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8.7)$$

Pour rendre facile les calculs, on peut suivre les étapes suivantes:

Soit f_{ij} la fonction floue qui définit la performance d'une alternative j en ce qui concerne le critère i ; le nombre étant triangulaire peut être représenté par (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})

$$f_{ij} = \begin{cases} (x - a_{ij}) / (b_{ij} - a_{ij}) & a_{ij} \leq x \leq b_{ij} \\ (x - c_{ij}) / (b_{ij} - c_{ij}) & b_{ij} \leq x \leq c_{ij} \end{cases} \quad (8.8)$$

Pour calculer $u_{Ri}(j)$, il faut égaliser la partie droite de la fonction d'appartenance au flou maximale et encore pour calculer $u_{Li}(j)$, il faut égaliser la partie gauche de la fonction d'appartenance au flou minimal:

$$\frac{x - a_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}} = \frac{x_{\max}^i - x}{x_{\max}^i - x_{\min}^i} \Rightarrow$$

$$x = \frac{(a_{ij} - b_{ij})x_{\max} - (x_{\max} - x_{\min})a_{ij}}{(a_{ij} - b_{ij}) - (x_{\max} - x_{\min})}$$

$$\text{d'où } u_{Li}(j) = 1 - \frac{(a_{ij} - b_{ij})x_{\max} - (x_{\max} - x_{\min})a_{ij}}{(a_{ij} - b_{ij}) - (x_{\max} - x_{\min})} \quad (8.9)$$

de même

$$\frac{x - c_{ij}}{b_{ij} - c_{ij}} = \frac{x - x_{\min}^i}{x_{\max}^i - x_{\min}^i} \Rightarrow$$

$$x = \frac{(b_{ij} - c_{ij})x_{\min}^i - (x_{\max}^i - x_{\min}^i)c_{ij}}{(b_{ij} - c_{ij}) - (x_{\max}^i - x_{\min}^i)}$$

$$\text{d'où } u_{Ri}(j) = \frac{(b_{ij} - c_{ij})x_{\min}^i - (x_{\max}^i - x_{\min}^i)c_{ij}}{(b_{ij} - c_{ij}) - (x_{\max}^i - x_{\min}^i)} \quad (8.10)$$

Pour chaque critère C_i , $u_{Ri}(j)$ et $u_{Li}(j)$ représentent respectivement le degré d'approximation maximum de l'alternative j au flou maximale et le degré d'approximation minimum de l'alternative j au flou minimal. Autrement dit, les $u_{Ri}(j)$ et $u_{Li}(j)$ représentent les degrés qui montrent laquelle alternative est la meilleure et pas la plus mauvaise.

Dans les décisions dans le monde réel, l'attitude du décideur ne doit pas nécessairement être absolument optimiste ou pessimiste, mais quelque part au milieu. Un indice d'optimisme λ dans l'intervalle $[0,1]$ est ainsi utilisé pour indiquer la préférence relative entre $u_{Ri}(j)$ et $u_{Li}(j)$.

Donc, le degré d'optimalité d'alternative A_j en ce qui concerne du critère C_i est déterminé par

$$r_{ij} = \frac{\lambda u_{Ri}(j) + (1 - \lambda)u_{Li}(j)}{2}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8.11)$$

avec r_{ij} indique le degré de préférence d'alternative A_j en vu du critère C_i .

Dans les applications, on peut utiliser les valeurs $\lambda = 1$, $\lambda = 0.5$ et $\lambda = 0$ pour indiquer la vue optimiste, modéré et pessimiste du décideur, respectivement, dans les jugements

flous.

Un décideur optimiste a la tendance de préférer des valeurs plus élevées de ses évaluations floues exprimées par des termes linguistiques, alors qu'un décideur pessimiste tend à favoriser des valeurs plus basses.

Une matrice de performance floue singleton est obtenue à l'aide de la matrice de décision:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Figure 8.4. La matrice de performance floue

Pour classifier les alternatives basées sur la matrice floue singleton ou la matrice pondérée de décision, le concept des solutions (alternatives) idéales positives et négatives est utilisé. Cette méthode permet de trouver la meilleure performance pour chaque critère grâce à des méthodes des mathématiques simples. L'alternative la plus préférée doit avoir non seulement la distance la plus courte de la solution idéale positive, mais avoir également la distance la plus longue de la solution idéale négative (anti-idéale). La solution idéale positive r^+ et la solution idéale négative r^- représentent respectivement le meilleur et le plus mauvais résultat du problème. Ces solutions sont définies:

$$r^+ = (r_1^+, r_2^+, \dots, r_m^+) \text{ et} \quad (8.12)$$

$$r^- = (r_1^-, r_2^-, \dots, r_m^-) \quad (8.13)$$

$$\text{où } r_i^+ = \sup(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}), \quad r_i^- = \inf(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}), \quad i=1, 2, \dots, m.$$

On peut calculer la distance entre une alternative et la solution idéale positive et négative en utilisant deux différentes égalités définies ci-dessous:

a. La distance de Hamming

$$s_j^+ = \sum_{i=1}^m (r_i^+ - r_{ij}), \quad s_j^- = \sum_{i=1}^m (r_{ij} - r_i^-), \quad j=1,2,\dots,n \quad (8.14)$$

b. La distance euclidienne

Dans cette méthode, le concept de la distance euclidienne à n -dimensions est utilisé pour mesurer la distance de chaque alternative à la solution idéale et négative-idéale:

$$s_j^+ = \sqrt{\sum (r_{ij} - r_i^+)^2}, \quad s_j^- = \sqrt{\sum (r_{ij} - r_i^-)^2}, \quad j=1,2,\dots,n \quad (8.15)$$

Le calcul de l'indice de performance moyen de chaque alternative pour tous les critères se fait comme:

$$P_j = \frac{s_j^-}{s_j^+ + s_j^-}, \quad j=1,2,\dots,n \quad (8.16)$$

L'alternative qui a la plus grande valeur d'indice de performance sera la meilleure alternative pour le problème de décision.

8.1.2. La méthode de Cheng

Une autre méthode qu'on peut utiliser pour ranger les nombres flous est la méthode proposée par Cheng en 1999. [11] Pour un problème à multicritères qui contient n alternatives A_j ($j=1,2,\dots,n$) et m critères C_i ($i=1,2,\dots,m$), après avoir réaliser tous les étapes dans la procédure précédente jusqu'à obtenir la matrice de performance, la méthode de Cheng sert à obtenir une matrice de performance en multipliant la matrice de décision floue par le vecteur de poids correspondant comme présenté ci-dessous:

$$R = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1m} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nm} \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 \\ \tilde{w}_2 \\ \dots \\ \tilde{w}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} \otimes \tilde{w}_1 \oplus \tilde{a}_{12} \otimes \tilde{w}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{a}_{1m} \otimes \tilde{w}_m \\ \tilde{a}_{21} \otimes \tilde{w}_1 \oplus \tilde{a}_{22} \otimes \tilde{w}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{a}_{2m} \otimes \tilde{w}_m \\ \dots \\ \tilde{a}_{n1} \otimes \tilde{w}_1 \oplus \tilde{a}_{n2} \otimes \tilde{w}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{a}_{nm} \otimes \tilde{w}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_1 \\ \tilde{r}_2 \\ \dots \\ \tilde{r}_n \end{bmatrix}$$

Figure 8.5. La matrice de décision floue de Cheng

où $\tilde{w}_i = \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$, $\tilde{a}_{ij} = \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$, $i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$, et les nombres flous triangulaires sont définis comme dans la tableau 8.1.

Pour deux nombres flous triangulaires, A et B , qui sont caractérisés par les triplets et (a_1, a_2, a_3) et (b_1, b_2, b_3) respectivement, les opérations \oplus et \otimes sont représentées comme:

$$(a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3),$$

$$(a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3)$$

Plusieurs nombres flous triangulaires peuvent être rangés d'après leurs courbes. Si on ne peut pas arriver à les ranger avec la méthode intuitive alors, on peut classer ces nombres $\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_n$ par la méthode de α - coupe. Si $\tilde{r}_i > \tilde{r}_j, i \neq j, i=1,2,\dots,n$ et $j=1,2,\dots,n$, alors \tilde{r}_i est la meilleur alternative.

8.1.3. La méthode des α -coupes

Cette méthode d'analyse à multi-critères est proposée par H. Deng en 1999 [14]. L'AHP est une méthode populaire pour résoudre des problèmes d'analyse à multicritères impliquant des données qualitatives. Cependant, l'AHP est souvent critiqué à cause de l'utilisation d'une échelle non équilibrée en faisant des jugements et de son incapacité de bien manipuler l'incertitude et l'imprécision inhérentes dans les comparaisons paires. Cette méthode proposée par Deng, représente une approche floue à des problèmes de décisions qualitatifs d'une façon simple et franche. Les nombres flous triangulaires ont été choisi parce qu'il est intuitivement facile à utiliser en exprimant les évaluations qualitatives du décideur.

La méthode comprend les mêmes étapes de travail que les deux autres méthodes, jusqu'à obtenir la matrice floue de performance:

$$Z = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_1 x_{12} & \dots & w_1 x_{1n} \\ w_2 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_2 x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_m x_{m1} & w_m x_{m2} & \dots & w_m x_{mn} \end{bmatrix}$$

Figure 8.6. La matrice de performance floue

On a utilisé encore le vecteur de poids $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ (appelé aussi *les poids des critères*) qui représente les importance relatives de la critère d'évaluation en ce qui concerne l'objective globale du problème.

En employant un α -coupe sur la matrice de performance, une matrice d'intervalle de performance peut être dérivées comme ci-dessous, avec $0 \leq \alpha \leq 1$:

$$Z_\alpha = \begin{bmatrix} [z_{11l}^\alpha, z_{11r}^\alpha] & [z_{12l}^\alpha, z_{12r}^\alpha] & \dots & [z_{1nl}^\alpha, z_{1nr}^\alpha] \\ [z_{21l}^\alpha, z_{21r}^\alpha] & [z_{22l}^\alpha, z_{22r}^\alpha] & \dots & [z_{2nl}^\alpha, z_{2nr}^\alpha] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [z_{m1l}^\alpha, z_{m1r}^\alpha] & [z_{m2l}^\alpha, z_{m2r}^\alpha] & \dots & [z_{mnl}^\alpha, z_{mnr}^\alpha] \end{bmatrix}$$

Figure 8.7. La matrice de performance floue de α -coupe

La valeur de α définit le degré de confiance du décideur dans son jugement. La plus grande valeur de α indique que le décideur est plus confiant qui signifie que les évaluations de ce décideur sont plus proche à la valeur la plus possible (a_2) des nombres flous triangulaires (a_1, a_2, a_3).

Le nombre flou triangulaire est caractérisé au niveau de confiance α :

$$\forall \alpha \in [0,1], \quad A^\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha] = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_3] \quad (8.17)$$

La matrice de performance finale qui contient aussi les différentes attitudes du décideur pour le risque peut être calculée:

$$Z_{\alpha}^{\lambda'} = \begin{bmatrix} z_{11\alpha}^{\lambda'} & z_{12\alpha}^{\lambda'} & \dots & z_{1n\alpha}^{\lambda'} \\ z_{21\alpha}^{\lambda'} & z_{22\alpha}^{\lambda'} & \dots & z_{2n\alpha}^{\lambda'} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1\alpha}^{\lambda'} & z_{m2\alpha}^{\lambda'} & \dots & z_{mna}^{\lambda'} \end{bmatrix} \quad \text{avec} \quad z_{ij\alpha}^{\lambda'} = \lambda z_{ijr}^{\alpha} + (1-\lambda) z_{ijl}^{\alpha}, \quad \lambda \in [0,1]$$

Figure 8.8. La matrice de performance finale

Dans les applications, on peut utiliser les valeurs $\lambda = 1$, $\lambda = 0.5$ et $\lambda = 0$ pour indiquer la vue optimiste, modéré et pessimiste du décideur, respectivement, dans les jugements flous.

En appliquant un processus de normalisation en utilisant 8.18 en vue de chaque critère, on obtient la matrice de performance normalisée comme:

$$z_{ij\alpha}^{\lambda} = \frac{z_{ij\alpha}^{\lambda'}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij\alpha}^{\lambda'})^2}} \quad (8.18)$$

$$Z_{\alpha}^{\lambda} = \begin{bmatrix} z_{11\alpha}^{\lambda} & z_{12\alpha}^{\lambda} & \dots & z_{1n\alpha}^{\lambda} \\ z_{21\alpha}^{\lambda} & z_{22\alpha}^{\lambda} & \dots & z_{2n\alpha}^{\lambda} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1\alpha}^{\lambda} & z_{m2\alpha}^{\lambda} & \dots & z_{mna}^{\lambda} \end{bmatrix}$$

Figure 8.9. La matrice de performance normalisée

La solution idéale positive $A_{\alpha}^{\lambda+}$ et la solution idéale négative $A_{\alpha}^{\lambda-}$ peuvent être déterminés en choisissant la valeur minimale et la valeur maximale de toutes les alternatives en respect chaque critère. Ces valeurs représentent le meilleur résultat possible et le plus mauvais résultat possible, respectivement:

$$A_{\alpha}^{\lambda+} = (z_{1\alpha}^{\lambda+}, z_{2\alpha}^{\lambda+}, \dots, z_{m\alpha}^{\lambda+}), \quad \text{et} \quad A_{\alpha}^{\lambda-} = (z_{1\alpha}^{\lambda-}, z_{2\alpha}^{\lambda-}, \dots, z_{m\alpha}^{\lambda-}) \quad (8.19)$$

$$\text{où } z_{i\alpha}^{\lambda+} = \max(z_{i1\alpha}^{\lambda}, z_{i2\alpha}^{\lambda}, \dots, z_{ina}^{\lambda}), \quad \text{et} \quad z_{i\alpha}^{\lambda-} = \min(z_{i1\alpha}^{\lambda}, z_{i2\alpha}^{\lambda}, \dots, z_{ina}^{\lambda})$$

Le degré de similarité entre la solution idéale positive et la solution idéale négative avec chacun des alternatives peuvent être calculé en deux manières:

$$1. \quad S_{ja}^{\lambda+} = \frac{A_{ja}^{\lambda} A_{a}^{\lambda+}}{\max(A_{ja}^{\lambda} A_{ja}^{\lambda}, A_{a}^{\lambda+} A_{a}^{\lambda+})}, \quad (8.20)$$

$$S_{ja}^{\lambda-} = \frac{A_{ja}^{\lambda} A_{a}^{\lambda-}}{\max(A_{ja}^{\lambda} A_{ja}^{\lambda}, A_{a}^{\lambda-} A_{a}^{\lambda-})} \quad (8.21)$$

où $A_{ja}^{\lambda} = (z_{1ja}^{\lambda}, z_{2ja}^{\lambda}, \dots, z_{mja}^{\lambda})$ est la $j^{\text{ème}}$ colonne de la matrice de performance finale qui correspond la performance de l'alternative A_j ($j \in \{1, 2, \dots, n\}$) en respect de chaque critère C_i ($i \in \{1, 2, \dots, m\}$).

$$2. \quad S_{ja}^{\lambda+} = \sum_{i=1}^m (z_{ija}^{\lambda} - z_{ia}^+)^2)^{1/2}, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (8.22)$$

$$S_{ja}^{\lambda-} = \sum_{i=1}^m (z_{ija}^{\lambda} - z_{ia}^-)^2)^{1/2}, \quad (8.23)$$

Plus les valeurs de $S_{ja}^{\lambda+}$ et $S_{ja}^{\lambda-}$ sont grandes, plus le degré de similarité entre chaque alternative et la solution idéale positive et la solution idéale négative, respectivement, est grand.

Comme on veut l'alternative A_j , qui est la plus préférée, soit l'alternative qui est plus proche à la solution idéale et plus loin à la solution anti-idéale que toutes les autres alternatives, on calcule l'indice de performance de chaque alternative pour tous les critères:

$$P_{aj}^{\lambda} = \frac{S_{ja}^{\lambda+}}{S_{ja}^{\lambda+} + S_{ja}^{\lambda-}}, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (8.24)$$

Plus grande la valeur de l'indice, plus préférée est l'alternative.

9. Application

Analyse multicritères (MA) est utilisée pour aider le décideur à faire un choix entre une ou plusieurs alternatives qui sont souvent contradictoires. C'est pourquoi ce type d'analyse est convenable pour l'évaluation de performance de six différents systèmes de paiement électroniques: La carte de crédit, la carte de crédit virtuelle, le commerce mobile (m-paiement), les instruments de débit, le transfert de crédit et l'argent électronique. Le but de ce projet est de choisir le meilleur système de paiement électronique.

Comme la prise de décision humaine fait toujours appel à l'incertitude, la méthode utilisée nécessite les formulations du problème dans un environnement flou qui contient de la subjectivité. Pour la résolution du problème de l'évaluation des systèmes de paiement électroniques, il existe plusieurs étapes comme indiquées dans la figure 9.1.

Premièrement, nous identifions les attributs que les experts et les utilisateurs trouvent très importants. Après construire la hiérarchie des critères d'évaluation, nous calculons les poids des critères et leurs sous-critères par la méthode du processus analytique de hiérarchie appliquée avec les nombres flous. Les calculs de la matrice de décision sont faits à l'aide de la théorie des ensembles flous. Dans ce projet, pour la prochaine étape, qui sert à classer les résultats, nous avons utilisé deux différentes procédures: La théorie d'utilité et la méthode de α - coupe. Après utiliser ces deux méthodes, les performances des alternatives sont mises en ordre en utilisant TOPSIS. En addition à ces résultats, l'ordre des alternatives est fait à l'aide d'une autre méthode de classement, qui définit le classement bien après avoir les α - coupes des alternatives, sans se nécessiter TOPSIS. Finalement nous avons obtenu trois différents classements des systèmes selon trois méthodes différentes.

Afin d'appliquer les méthodes, il faut suivre les étapes expliquées dans le chapitre précédent.

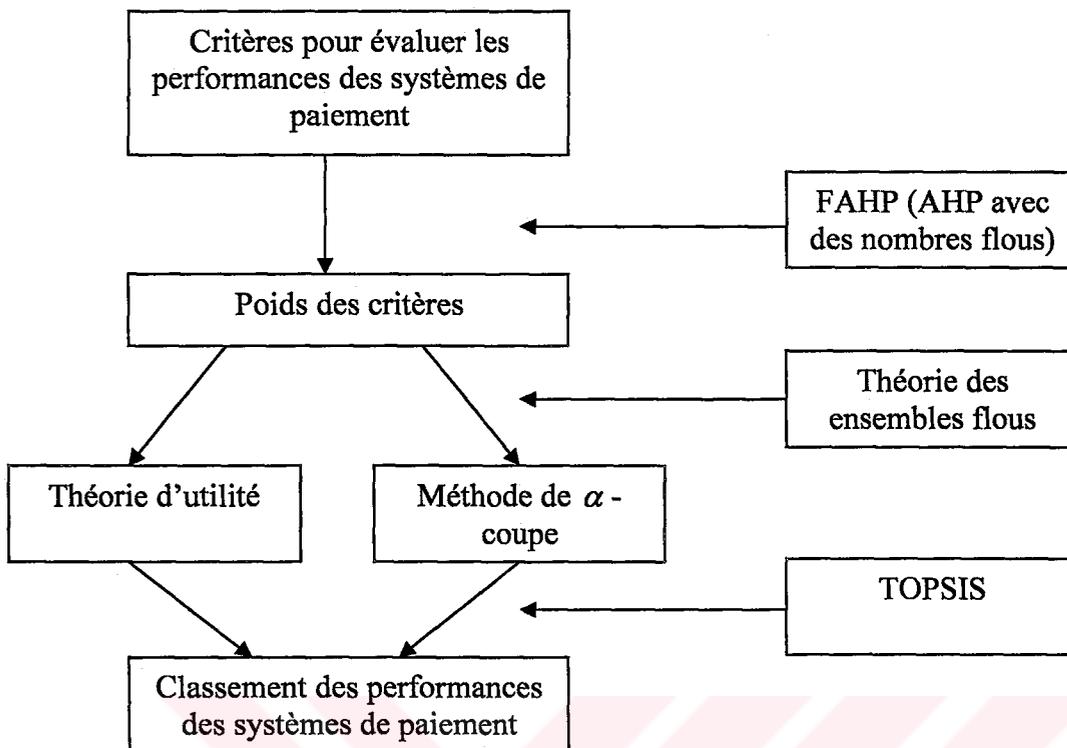


Figure 9.1. Les étapes du problème d'évaluation des systèmes de paiement

9.1. La définition des alternatives, des critères et des sous-critères

Le problème de l'évaluation des systèmes de paiement électroniques consiste le choix entre n alternatives de systèmes que nous noterons A_j ($j=1,2,\dots,6$). Ces alternatives sont évaluées en prenant m critères que nous noterons C_i ($i=1,2,3$) et les sous-critères C_{ik} ($k=1,2,\dots,p_i$) des critères, comme la base. Il existe cinq sous-critères pour le premier critère ($p_1 = 5$), quatre sous-critères pour le deuxième ($p_2 = 4$) et quatre pour le dernière ($p_3 = 4$).

Selon les objectifs du problème d'évaluation, de divers critères peuvent être utilisés pour évaluer les systèmes de paiement électroniques de la perspective de différentes personnes. Par exemple, un ingénieur concentrerait plus sur des critères au sujet d'efficacité opérationnelle ou de sécurité alors qu'un utilisateur moins qualifié en technologie est intéressé à l'aise d'utilisation et les prix bas de service. Par la recherche et la consultation complètes faites avec un expert de Garanti Teknoloji, trois critères (technique, social et économique) et leurs sous-critères sont choisis dans cette étude pour évaluer six systèmes de paiement électronique. Comme ce problème est assez

complexe car il fait intervenir plusieurs critères et leurs sous-critères qui sont de temps en temps contradictoire, il faut bien le structurer en hiérarchie:

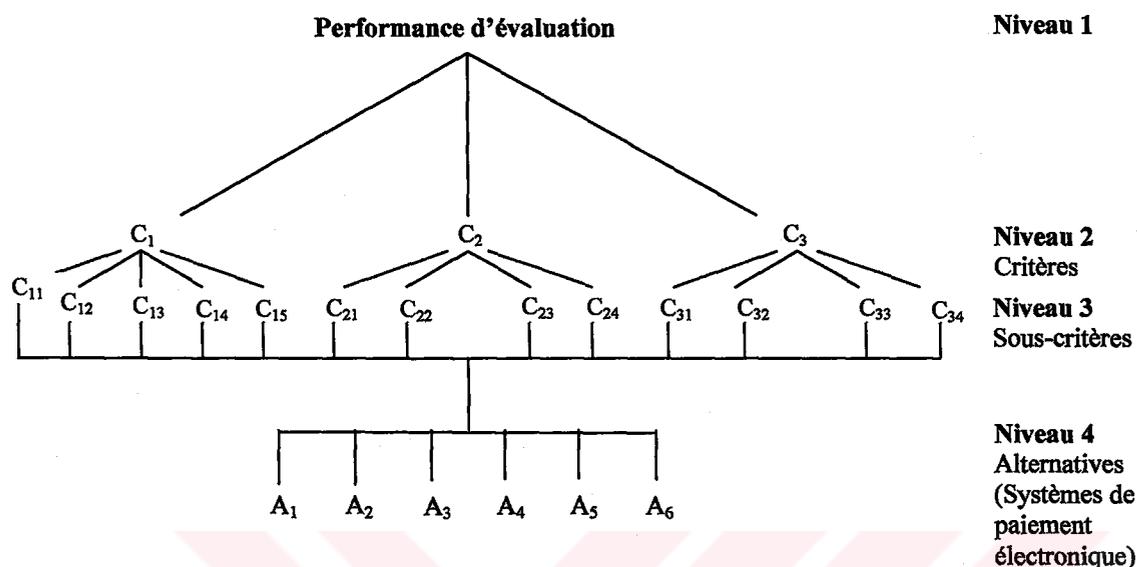


Figure 9.2. La structure en hiérarchie du problème de décision

Tableau 9.1. Les critères et les sous-critères

C_1 : Facteurs techniques	C_2 : Facteurs économiques	C_3 : Facteurs sociaux
C_{11} : Authentification	C_{21} : Acceptabilité	C_{31} : Anonymité
C_{12} : Globalité	C_{22} : Coût fixe à niveau bas	C_{32} : Aise d'utilisation
C_{13} : Portabilité	C_{23} : Coût de transaction à niveau bas	C_{33} : Confidentialité
C_{14} : Comptabilité	C_{24} : Rejet de débit (Chargeback)	C_{34} : Intégrité dans la vie quotidienne
C_{15} : Sécurité		

La plupart des discussions au sujet de paiement électronique soulignent seulement l'avancement technologique. Cependant, nous proposons que les facteurs économiques et sociaux soient également critiques aux décisions des personnes concernant l'utilisation de paiement électronique. Donc, nous considérons que trois facteurs principaux affectent la performance de ces systèmes: Les facteurs techniques, économiques et sociales. Nous séparons chacune de ces catégories en sous-facteurs qui sont les plus instructifs et mutuellement exclusifs, menant à un total de 13 sous-facteurs qui influencent la performance d'un système de paiement.

Tableau 9.2. Les alternatives

A_1 : Carte de crédit	A_2 : Carte de crédit virtuelle	A_3 : Mobile paiement
A_4 : Argent électronique	A_5 : Transfert de crédit	A_6 : Instrument de débits

Les critères d'efficacité des systèmes de paiement peuvent varier, selon les volontés des consommateurs, le type de système étant employé et le niveau du contrôle du gouvernement. Si les consommateurs veulent faire des paiements relativement petits (disons moins de 2 millions TL en valeur), le coût de la transaction peut être plus importante que le niveau de la sécurité. Réciproquement, si le paiement est grand (disons plus de 150 millions TL en valeur), la sécurité sera probablement plus importante que le coût de la transaction.

Les sous-critères qui constituent chacun des trois critères d'évaluation et des résultats correspondants d'évaluation de six systèmes de paiements sont discutés ci-dessous:

1. *Les Critères Techniques (C_1):* En créant un système de paiement électronique, la capacité du système d'adapter aux besoins variables des utilisateurs, l'efficacité et la sécurité de chaque transaction, le degré de compatibilité avec les autres systèmes de paiement, et la complexité de l'adaptation au système doivent tout être pris en considération. Les indicateurs communs qui peuvent mesurer le niveau technique d'un système incluent l'authentification, la globalité, la portabilité, la comptabilité et la sécurité. Les matrices de décisions suivantes, qui représentent la performance de chaque alternative A_j , en ce qui concerne chaque critère C_i , montrent les jugements linguistiques et les jugements quantitatifs flous, respectivement:

Tableau 9.3. Les jugements linguistiques des critères techniques

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Facteurs Techniques						
Authentification	TB	TB	TB	TB	TB	TB
Globalité	TB	TB	P	M	B	B
Portabilité	TB	P	M	B	B	B
Comptabilité	TB	TB	TB	TB	TB	TB
Sécurité	M	TB	TB	B	B	B

Tableau 9.4. Les jugements qualitatifs des critères techniques

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Facteurs Technologiques						
Authentification	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)
Globalité	(7,9,9)	(7,9,9)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
Portabilité	(7,9,9)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
Comptabilité	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)
Sécurité	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)

- *L'authentification (C_{11}):* C'est la capacité d'authentifier les utilisateurs du système. Ce besoin du consommateur est relié à l'établissement de la confiance entre lui et le marchand. Autrement dit, il est relié à la nécessité d'avoir confiance en marchand et ses produits sur Internet, comme en magasin physique. Sur Internet, comme les clients n'ont pas la possibilité de toucher et sentir les produits ou voir le personnel du magasin, ils inspirent plus difficilement la confiance. Il est nécessaire que les parties d'une transaction s'identifient, pour assurer que chacun est un utilisateur autorisé du système.
- *La Globalité (C_{12}):* C'est la capacité d'avoir une interface globale et standard, qui permet à utiliser le système de paiement à n'importe quel pays du monde.
- *La portabilité (C_{13}):* C'est la capacité de permettre aux consommateurs d'effectuer des paiements à partir plusieurs différents endroits en utilisant différents dispositifs d'interface.
- *La comptabilité (C_{14}):* Les informations sur une transaction, tenues par les diverses parties concernées, varient selon le type du système de paiement utilisé et de son niveau de comptabilité. Un système de paiement qui identifie les deux acteurs de la transaction avec la quantité de paiement est dit un système de paiement 'entièrement comptable', alors qu'un système de paiement qui identifie seulement la partie qui se charge de la transaction est appelé un système de paiement 'semi-comptable'.
- *La sécurité (C_{15}):* Le degré de sécurité implique: La sécurité des utilisateurs en déposant ou en retirant de l'argent ou de données, la sécurité des program-

mes d'application et des bases de données; la sécurité pendant les transactions et les paiements; la sécurité de l'Internet et du système; et la maintenance et la gestion de la sécurité. Parmi ces derniers, la sécurité des transactions et les paiements est l'un des plus grands soucis pour des compagnies et des consommateurs. Puisque le commerce électronique est opéré sur un réseau ouvert, des technologies d'encryptions doivent être développées pour décourager des attaques des pirates d'Internet. En particulier, les manques de sécurité réduisent la confiance des personnes dans les systèmes de paiement électroniques et retardent l'apparition et la diffusion de ces systèmes.

2. *Les Critères Economiques (C₂):* Ces critères sont reliés à l'acceptabilité du système, aux coûts, et au rejet de débit (chargeback). Les matrices de décisions suivantes montrent les jugements linguistiques et les jugements quantitatifs flous respectivement:

Tableau 9.5. Les jugements linguistiques des critères économiques

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Facteurs Economiques						
Acceptabilité	TB	B	M	P	M	B
Coût fixe à niveau bas	B	TB	TB	M	B	B
Coût de transaction à niveau bas	M	M	TB	M	P	TB
Rejet de débit (Chargeback)	TB	TB	P	TB	M	TB

Tableau 9.6. Les jugements qualitatifs des critères économiques

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Facteurs Economiques						
Acceptabilité	(7,9,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)
Coût fixe à niveau bas	(5,7,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
Coût de transaction à niveau bas	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,9)
Rejet de débit (Chargeback)	(7,9,9)	(7,9,9)	(1,3,5)	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)

- *Acceptabilité (C_{21})*: Le critère d'être acceptable dans une grande variété de banques en même temps que de magasins, est un de facteurs fondamentales qui influencent le choix des utilisateurs.
- *Coût fixe à niveau bas (C_{22})*: Les coûts fixes constituent un des type des coûts. Les coûts fixes se rapportent à ceux d'installer l'équipement de paiement tel que les lecteurs de cartes et le logiciel de paiement.
- *Coût de transaction à niveau bas (C_{23})*: Les coûts de transaction sont ceux encourus par les marchands et les clients chaque fois qu'ils entreprennent un échange d'affaires.
- *Rejet de débit (C_{24})*: Le système de paiement électronique doit être de telle manière que les consommateurs puissent reprendre la quantité de paiement qu'ils ont réalisé s'ils renoncent à faire l'achat ou au cas d'une insatisfaction.

3. *Les Critères Sociaux (C_3)*: En addition de satisfaire les besoins reliés aux aspects techniques et économiques du système de paiement électronique, le système a encore besoin de satisfaire les besoins sociaux si la société doit lui faire confiance et l'utiliser. L'anonymité, l'aise d'utilisation, la confidentialité et l'intégrité du système de paiement dans la vie quotidienne peuvent se compter dans les facteurs sociaux. Les matrices de décisions suivantes montrent les jugements linguistiques et les jugements quantitatifs flous respectivement:

Tableau 9.7. Les jugements linguistiques des critères sociaux

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Facteurs Sociaux						
Anonymité	TP	TP	TP	TP	TP	TP
Aise d'utilisation	TB	B	TB	B	M	B
Confidentialité	B	B	B	B	TB	B
Intégrité dans la vie quotidienne	TB	M	B	B	B	TB

- *Anonymité (C_{31})*: Ce caractéristique est un des caractéristiques qui reflètent un désir de protéger la confidentialité, l'identité et l'information personnelle. Pour

Tableau 9.8. Les jugements qualitatifs des critères sociaux

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Facteurs Sociaux						
Anonymité	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)
Aise d'utilisation	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)
Confidentialité	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(5,7,9)
Intégrité dans la vie quotidienne	(7,9,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)

quelques transactions, les identités des parties dans les transactions peuvent être protégés par anonymité. L'anonymité suggère qu'il ne soit pas possible de découvrir l'identité de quelqu'un ou de surveiller les habitudes de la dépense d'un individu. Là où l'anonymat est important, le coût de poursuivre un transaction doit être plus grand que la valeur d'information qui peut être obtenue comme ainsi. Par exemple, quand on paye avec une carte de débit, l'achat est enregistré aux bases de données de fournisseur et de banque. Il est possible de découvrir quelle quantité était payée et ce qui a été acheté, ainsi les paiements de carte de débit ne sont pas anonymes. Au contraire, on peut dire que l'argent comptant est un système de paiement anonyme, car il n'y a aucune information personnelle sur les billets de banque.

- *Aise d'utilisation (C₃₂)*: Le système électronique de paiement devrait être simple et facile à utiliser. Le degré d'aide d'utilisation est un facteur important quand les consommateurs décident quel système à utiliser.
- *Confidentialité (C₃₃)*: L'anonymité et la confidentialité sont fréquemment traités en étant identiques. Il n'y a aucun doute que le paiement anonyme peut fournir une solution parfaite pour la confidentialité du consommateur, mais c'est le secteur dans lequel le conflit se produit entre les régulateurs et les autres parties. Anonymité est simplement un des manières d'assurer la confidentialité du consommateur, qui peut également inclure les détails protégés sur le client, qui doivent, naturellement, être protégé contre l'accès non autorisé. En bref, le but est de protéger l'information du client, envoyée via Internet, et empêcher le personnel non-authorized ou l'employé de la compagnie d'avoir accès aux informations confidentielles.

- *Intégrité dans la vie quotidienne (C₃₄)*: C'est la capacité du système à intégrer dans la vie quotidienne de l'utilisateur.

9.2. La normalisation des matrices de décisions

Pour pouvoir interpréter les éléments de chaque matrice entre eux et pouvoir comparer les valeurs statistiques avec les nombres flous triangulaires, on normalise la matrice de décision qu'on a représentée en dessus:

Tableau 9.9. Les jugements normalisés des critères techniques

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Authen.	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)
Globalité	(0,146, 0,225, 0,321)	(0,146, 0,225, 0,321)	(0,021, 0,075, 0,179)	(0,063, 0,125, 0,250)	(0,104, 0,175, 0,321)	(0,104, 0,175, 0,321)
Portabilité	(0,146, 0,237, 0,346)	(0,021, 0,079, 0,192)	(0,063, 0,132, 0,269)	(0,104, 0,184, 0,346)	(0,104, 0,184, 0,346)	(0,104, 0,184, 0,346)
Comptab.	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)	(0,130, 0,167, 0,214)
Sécurité	(0,058, 0,114, 0,219)	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)

Tableau 9.10. Les jugements normalisés des critères économiques

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Acceptabilité	(0,152, 0,250, 0,375)	(0,109, 0,194, 0,375)	(0,065, 0,139, 0,292)	(0,022, 0,083, 0,208)	(0,065, 0,139, 0,292)	(0,109, 0,194, 0,375)
Coût fixe à niveau bas	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,058, 0,114, 0,219)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)
Coût de trans. à niveau bas	(0,068, 0,139, 0,292)	(0,068, 0,139, 0,292)	(0,159, 0,250, 0,375)	(0,068, 0,139, 0,292)	(0,023, 0,083, 0,208)	(0,159, 0,250, 0,375)
Rejet de débit	(0,146, 0,205, 0,281)	(0,146, 0,205, 0,281)	(0,021, 0,068, 0,156)	(0,146, 0,205, 0,281)	(0,063, 0,114, 0,219)	(0,146, 0,205, 0,281)

Tableau 9.11. Les jugements normalisés des critères sociaux

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
Anonymité	(0,056, 0,167, 0,500)	(0,056, 0,167, 0,500)	(0,056, 0,167, 0,500)	(0,056, 0,167, 0,500)	(0,056, 0,167, 0,500)	(0,056, 0,167, 0,500)
Aise d'utilisa.	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,058, 0,114, 0,219)	(0,096, 0,159, 0,281)
Confidenti.	(0,093, 0,159, 0,281)	(0,093, 0,159, 0,281)	(0,093, 0,159, 0,281)	(0,093, 0,159, 0,281)	(0,130, 0,205, 0,281)	(0,093, 0,159, 0,281)
Inté. dans la vie quo.	(0,135, 0,205, 0,281)	(0,058, 0,114, 0,219)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,096, 0,159, 0,281)	(0,135, 0,205, 0,281)

9.3. Les vecteurs de poids

Les vecteurs du poids pour les critères ou les sous-critères d'évaluation sont calculés en utilisant les comparaisons paires d'AHP. Comme il existe trois critères avec cinq facteurs technologiques, quatre facteurs économiques et quatre facteurs sociaux, il a été réalisé 25 ($= C_2^3 + C_2^5 + C_2^4 + C_2^4$) comparaisons paires par chaque décideur pour créer ces quatre matrices.

Avant de commencer aux calculs des poids des critères, il faut bien contrôler si les matrices de décisions soient consistantes. Pour ces matrices, les ratios d'inconsistances sont obtenus: $CR_1=0.063$, $CR_2=0.045$, $CR_3=0.020$ et $CR=0.036$, ce qui prouve que les comparaisons sont consistantes.

Les comparaisons paires sont faites en utilisant des expressions linguistiques, et elles sont converties en leurs valeurs numériques équivalentes sur l'échelle fondamentale de 1-9 de la procédure analytique de hiérarchie. Afin d'obtenir un résultat général, ces comparaisons sont faites par 17 enquêteurs parmi lesquelles il existe des ingénieurs d'informatique, des ingénieurs d'industrie, des ingénieurs de chimie, des économistes, des avocats et des étudiants. Les matrices des comparaisons des critères dans les tableaux 9.12, 9.13, 9.14 et 9.15 sont calculées en prenant le moyen arithmétique des valeurs données par chaque décideur pour chaque critère:

Tableau 9.12 Les vecteurs d'évaluations des facteurs techniques

	Authentification	Globalité	Portabilité	Comptabilité	Sécurité
Authentification	(1,000, 1,000, 3,000)	(0,543, 0,905, 2,143)	(1,457, 2,905, 4,714)	(5,286, 7,286, 8,714)	(0,771, 1,095, 2,714)
Globalité	(0,467, 1,105, 1,842)	(1,000, 1,000, 3,000)	(0,676, 0,981, 2,429)	(3,286, 5,286, 7,000)	(0,276, 0,347, 0,943)
Portabilité	(0,212, 0,344, 0,686)	(0,412, 1,019, 1,479)	(1,000, 1,000, 3,000)	(3,000, 4,714, 6,429)	(0,134, 0,179, 0,287)
Comptabilité	(0,115, 0,137, 0,189)	(0,143, 0,189, 0,304)	(0,156, 0,212, 0,333)	(1,000, 1,000, 3,000)	(0,129, 0,166, 0,260)
Sécurité	(0,368, 0,913, 1,296)	(1,061, 2,882, 3,621)	(3,483, 5,582, 7,475)	(3,848, 6,008, 7,737)	(1,000, 1,000, 3,000)

Tableau 9.13 Les vecteurs d'évaluations des facteurs économiques

	Acceptabilité	Coût fixe à niveau bas	Coût de transaction à niveau bas	Rejet de débit
Acceptabilité	(1,000, 1,000, 3,000)	(3,571, 5,571, 7,286)	(1,743, 2,905, 4,714)	(3,159, 4,878, 6,600)
Coût fixe à niveau bas	(0,137, 0,179, 0,280)	(1,000, 1,000, 3,000)	(0,273, 0,332, 0,859)	(0,668, 0,990, 1,697)
Coût de trans. à niveau bas	(0,212, 0,344, 0,574)	(1,165, 3,016, 3,669)	(1,000, 1,000, 3,000)	(3,286, 5,286, 7,286)
Rejet de débit	(0,152, 0,205, 0,317)	(0,589, 1,010, 1,497)	(0,137, 0,189, 0,304)	(1,000, 1,000, 3,000)

Dans la prochaine étape de AHP, on a calculé les poids locaux en trouvant le moyen géométrique de chaque ligne et ensuite divisant ce nombre par la somme de ces moyens.

Tableau 9.14 Les vecteurs d'évaluations des facteurs sociaux

	Anonim��	Aise d'utilisation	Confidentialité	Intégrité dans la vie quotidienne
Aise d'utilisation	(0,212, 0,344, 0,686)	(1,000, 1,000, 3,000)	(0,264, 0,312, 0,763)	(0,771, 1,095, 2,714)
Anonim��	(1,000, 1,000, 3,000)	(1,457, 2,905, 4,714)	(0,644, 0,973, 2,314)	(3,457, 5,190, 6,714)
Confidentialité	(0,432, 1,028, 1,552)	(1,310, 3,200, 3,782)	(1,000, 1,000, 3,000)	(5,286, 7,286, 8,714)
Intégrité dans la vie quotidienne	(0,149, 0,193, 0,289)	(0,368, 0,913, 1,296)	(0,115, 0,137, 0,189)	(1,000, 1,000, 3,000)

Tableau 9.15 Les vecteurs d'évaluations

	Facteurs techniques	Facteurs ��conomiques	Facteurs sociaux
Facteurs techniques	(1,000, 1,000, 3,000)	(0,150, 0,222, 0,486)	(0,290, 0,371, 1,000)
Facteurs économiques	(2,059, 4,509, 6,662)	(1,000, 1,000, 3,000)	(1,620, 3,076, 4,619)
Facteurs sociaux	(1,000, 2,692, 3,451)	(0,216, 0,325, 0,617)	(1,000, 1,000, 3,000)

Les vecteurs de poids des critères et des sous-critères associés qui montrent leurs importances globales sont obtenus comme indiqué dans le tableau 9.16.

Tableau 9.16 Les vecteurs de poids

Facteurs techniques	W	Facteurs techniques	W_{norm}
Authentification	(1,264, 1,838, 3,725)	Authentification	(0,107, 0,284, 0,898)
Globalité	(0,779, 1,147, 2,452)	Globalité	(0,066, 0,177, 0,591)
Portabilité	(0,512, 0,784, 1,412)	Portabilité	(0,043, 0,121, 0,340)
Comptabilité	(0,201, 0,247, 0,432)	Comptabilité	(0,017, 0,038, 0,104)
Sécurité	(0,393, 2,450, 3,821)	Sécurité	(0,118, 0,379, 0,921)
Facteurs ��conomiques		Facteurs ��conomiques	
Acceptabilité	(2,106, 2,981, 5,107)	Acceptabilité	(0,220, 0,547, 1,349)
Coût fixe à niveau bas	(0,398, 0,493, 1,052)	Coût fixe à niveau bas	(0,042, 0,090, 0,278)
Coût de trans. �� niveau bas	(0,949, 1,531, 2,604)	Coût de transaction à niveau bas	(0,099, 0,281, 0,688)
Rejet de débit	(0,333, 0,445, 0,811)	Rejet de débit	(0,035, 0,082, 0,214)
Facteurs sociaux		Facteurs sociaux	
Anonymité	(1,342, 1,957, 3,850)	Anonymité	(0,142, 0,380, 1,134)
Aise d'utilisation	(0,456, 0,586, 1,437)	Aise d'utilisation	(0,048, 0,114, 0,423)
Confidentialité	(1,315, 2,213, 3,519)	Confidentialité	(0,139, 0,430, 1,037)
Intégrité dans la vie quoti.	(0,282, 0,394, 0,679)	Intégrité dans la vie quotidienne	(0,030, 0,077, 0,200)
Facteurs techniques	(0,352, 0,435, 1,134)	Facteurs techniques	(0,047, 0,115, 0,463)
Facteurs ��conomiques	(1,494, 2,403, 4,519)	Facteurs ��conomiques	(0,199, 0,633, 1,847)
Facteurs sociaux	(0,600, 0,957, 1,856)	Facteurs sociaux	(0,080, 0,252, 0,758)

9.4. La matrice de décision floue

La matrice de décision floue qui représente les évaluations de poids flous de toutes les alternatives en ce qui concerne chaque critère est calculée en multipliant le vecteur de poids des critères avec la matrice de décision finale est représenté dans le tableau 9.17.

Tableau 9.17. La matrice de décision finale

	X_1	X_2	X_3
Carte de crédit	(0,039, 0,165, 0,724)	(0,049, 0,207, 0,845)	(0,031, 0,171, 1,034)
Carte de crédit virtuelle	(0,042, 0,181, 0,729)	(0,041, 0,181, 0,845)	(0,027, 0,158, 1,021)
Argent électronique	(0,036, 0,160, 0,671)	(0,036, 0,170, 0,763)	(0,030, 0,167, 1,034)
M-Paiement	(0,036, 0,159, 0,739)	(0,019, 0,112, 0,603)	(0,028, 0,162, 1,034)
Transfert de crédit	(0,039, 0,167, 0,782)	(0,023, 0,123, 0,662)	(0,031, 0,176, 1,007)
Instruments de débits	(0,039, 0,167, 0,782)	(0,049, 0,208, 0,902)	(0,029, 0,165, 1,034)

9.5. La matrice de performance floue

Puis nous obtenons les vecteurs de la matrice de performance floue en multipliant les vecteurs de décisions par le poids de chaque critère:

Tableau 9.18. La matrice de performance floue

	$W * X_1$	$W * X_2$	$W * X_3$
Carte de crédit	(0,002, 0,019, 0,336)	(0,010, 0,131, 1,561)	(0,002, 0,043, 0,784)
Carte de crédit virtuelle	(0,002, 0,021, 0,338)	(0,008, 0,114, 1,561)	(0,002, 0,040, 0,775)
Argent électronique	(0,002, 0,018, 0,311)	(0,007, 0,108, 1,410)	(0,002, 0,042, 0,784)
M-Paiement	(0,002, 0,018, 0,343)	(0,004, 0,071, 1,114)	(0,002, 0,041, 0,784)
Transfert de crédit	(0,002, 0,019, 0,362)	(0,005, 0,078, 1,223)	(0,003, 0,044, 0,764)
Instruments de débits	(0,002, 0,019, 0,362)	(0,010, 0,132, 1,662)	(0,002, 0,042, 0,784)

9.6. Le flou maximum et le flou minimum

Grâce au flou maximum et le flou minimum, nous arrivons à déterminer les performances relatives de chaque alternative pour le critère C_i . Les valeurs de $u_{L_i}(j)$ et de $u_{R_i}(j)$ sont données ci-dessous:

9.6.1. Les matrices de performance floues singletons

Les trois matrices de performance floue singletons obtenues pour trois différents types de décideur sont représentées ci-dessous en utilisant les valeurs $\lambda = 1$, $\lambda = 0.5$ et $\lambda = 0$ pour indiquer la vue optimiste, modéré et pessimiste du décideur, respectivement, dans les jugements flous (Tableau 9.20).

Tableau 9.19. Les performances relatives

	C_1		C_2		C_3	
	$u_{L_i}(j)$	$u_{R_i}(j)$	$u_{L_i}(j)$	$u_{R_i}(j)$	$u_{L_i}(j)$	$u_{R_i}(j)$
Carte de crédit	0,982	0,179	0,878	0,841	0,959	0,404
Carte de crédit virtuelle	0,980	0,181	0,892	0,837	0,962	0,400
Argent électronique	0,982	0,172	0,898	0,792	0,960	0,403
M-Paiement	0,983	0,181	0,932	0,686	0,961	0,403
Transfert de crédit	0,982	0,186	0,925	0,726	0,958	0,399
Instruments de débits	0,982	0,186	0,877	0,399	0,960	0,403

9.6.2. Les solutions idéales et anti-idéales

Les solutions idéales et anti-idéales sont respectivement:

$$r^+ = (0.434, 0.436, 0.491)$$

$$r^- = (0.086, 0.289, 0.439)$$

Les distances entre les alternatives et les solutions idéales positives et négatives sont calculées en utilisant deux différentes égalités:

Tableau 9.20. Les matrices de performances floues singletons

	$\lambda = 1$					
	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,090	0,090	0,086	0,091	0,093	0,093
C_2	0,421	0,418	0,396	0,343	0,363	0,434
C_3	0,202	0,200	0,202	0,202	0,199	0,202

	$\lambda = 0.5$					
	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,290	0,290	0,289	0,291	0,292	0,292
C_2	0,430	0,432	0,423	0,404	0,413	0,436
C_3	0,341	0,341	0,341	0,341	0,339	0,341

	$\lambda = 0$					
	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,491	0,490	0,491	0,491	0,491	0,491
C_2	0,439	0,446	0,449	0,466	0,463	0,439
C_3	0,479	0,481	0,480	0,480	0,479	0,480

9.6.3. La distance de Hamming et la distance euclidienne

Les distances de Hamming et les distances euclidiennes entre les systèmes de paiement électroniques et les solutions idéales et anti-idéales sont données dans les tableaux 9.21, 9.22, 9.23 pour trois différents types de décideurs.

Tableau 9.21. Le tableau des distances pour $\lambda = 1$

		$\lambda = 1$					
		Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
S_{Euc}^+		0,014	0,016	0,039	0,091	0,071	0,000
S_{Euc}^-		0,078	0,075	0,053	0,005	0,021	0,092
S_{Ham}^+		0,017	0,021	0,045	0,094	0,074	0,000
S_{Ham}^-		0,083	0,080	0,056	0,006	0,027	0,101

Tableau 9.22. Le tableau des distances pour $\lambda = 0.5$

		$\lambda = 0.5$					
		Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
S_{Euc}^+		0,007	0,005	0,014	0,032	0,024	0,000
S_{Euc}^-		0,025	0,028	0,018	0,003	0,009	0,032
S_{Ham}^+		0,009	0,006	0,017	0,033	0,026	0,000
S_{Ham}^-		0,028	0,031	0,020	0,004	0,012	0,037

Tableau 9.23. Le tableau des distances pour $\lambda = 0$

		$\lambda = 0$					
		Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
S_{Euc}^+		0,027	0,020	0,017	0,000	0,004	0,027
S_{Euc}^-		0,001	0,008	0,011	0,027	0,024	0,001
S_{Ham}^+		0,029	0,021	0,018	0,000	0,006	0,029
S_{Ham}^-		0,002	0,010	0,013	0,030	0,025	0,002

9.6.4. Les indices de performances

Les indices de performances obtenues des deux types de distances pour trois différents types de décideurs sont:

Tableau 9.24. Les indices de performances

	$\lambda = 1$		$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0$	
	$P_{i(Euc)}$	$P_{i(Ham)}$	$P_{i(Euc)}$	$P_{i(Ham)}$	$P_{i(Euc)}$	$P_{i(Ham)}$
Carte de crédit	0,8457	0,8289	0,7840	0,7630	0,0373	0,0546
Carte de crédit virtuelle	0,8222	0,7963	0,8577	0,8253	0,2823	0,3135
Argent électronique	0,5794	0,5512	0,5624	0,5334	0,3840	0,4110
M-Paiement	0,0502	0,0638	0,0831	0,1099	0,9856	0,9869
Transfert de crédit	0,2283	0,2676	0,2731	0,3125	0,8585	0,8080
Instruments de débits	0,9981	0,9983	0,9956	0,9962	0,0495	0,0634

Alors quand nous rangeons les systèmes de paiement électroniques par ordre de croissance des indices de performances, on obtient:

Tableau 9.25. Le classement des alternatives

	$\lambda = 1$		$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0$	
	$P_{i(Euc)}$	$P_{i(Ham)}$	$P_{i(Euc)}$	$P_{i(Ham)}$	$P_{i(Euc)}$	$P_{i(Ham)}$
1.	Inst. de débit	Inst. de débit	Inst. de débit	Inst. de débit	M-Paiement	M-Paiement
2.	Carte de crédit	Carte de crédit	Carte de cré. virt	Carte de cré. virt	Trans. de crédit	Transfert de crédit
3.	Carte de cré. virt.	Carte de cré. virt.	Carte de crédit	Carte de crédit	Argent électron	Argent électronique
4.	Argent électron.	Argent électron.	Argent électron.	Argent électron	Carte de cré virt	Carte de crédit virt
5.	Transfert de crédit	Transfert de crédit	Trans. de crédit	Trans. de crédit	Inst. de débit	Inst. de débit
6.	M-Paiement	M-Paiement	M-Paiement	M-Paiement	Carte de crédit	Carte de crédit

Les indices de performance des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda = 1$

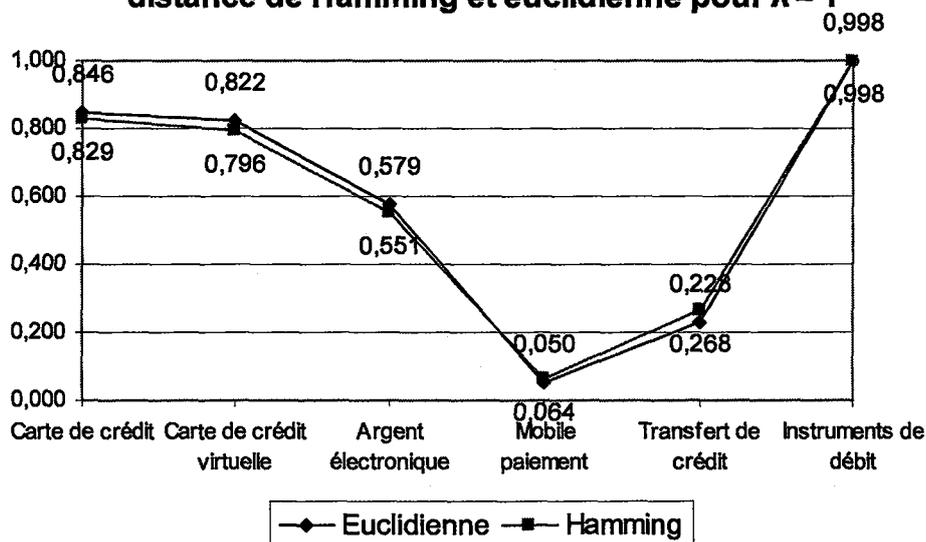


Figure 9.3. Les indices de performances des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda = 1$

Nous pouvons observer en première étape que le classement des alternatives faites selon la distance de Hamming et la distance euclidienne sont tout à fait les mêmes.

D'après les calculs de cette méthode, nous avons vu que l'alternative la plus préférable varie lorsque les points de vue des décideurs varient. Pour les valeurs de $\lambda=1$ et $\lambda=0.5$, autrement dit, pour les décideurs optimistes et modérés, l'ordre de préférences des alternatives sont à peu près le même, alors que pour la valeur $\lambda=0$, c'est-à-dire pour les décideurs pessimistes, l'ordre de préférence des alternatives est l'ordre inverse des résultats obtenus pour $\lambda=1$ et $\lambda=0.5$.

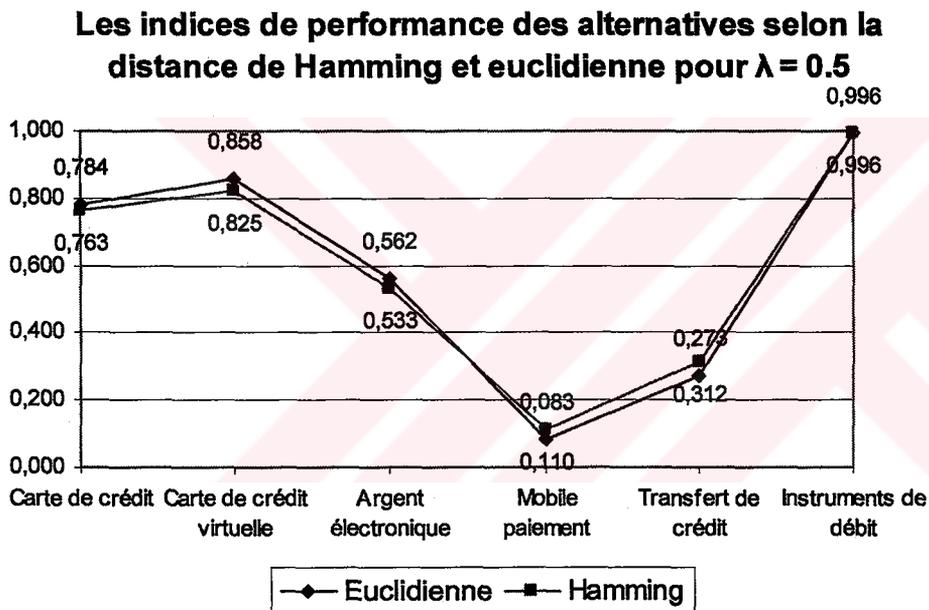


Figure 9.4. Les indices de performances des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda=0.5$

Les alternatives les plus préférées pour les décideurs optimistes et modérées sont les instruments de débit, la carte de crédit et la carte de crédit virtuelle. Mais ce sont les alternatives les peu préférées des décideurs pessimistes. Le mobile paiement et le transfert de crédit sont les alternatives les peu préférées pour $\lambda=1$ et $\lambda=0.5$ alors qu'ils sont les plus préférés pour les décideurs pessimistes.

Ceci implique que l'attitude du décideur envers la manipulation de l'incertitude liée à l'étude d'évaluations floue dans ce cas-ci a directement de l'influence significative sur

les résultats de l'évaluation. Finalement, nous pouvons constater que cette méthode dépend directement des vues des décideurs et peut ne pas donner des résultats consistants.

Les indices de performance des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda = 0$

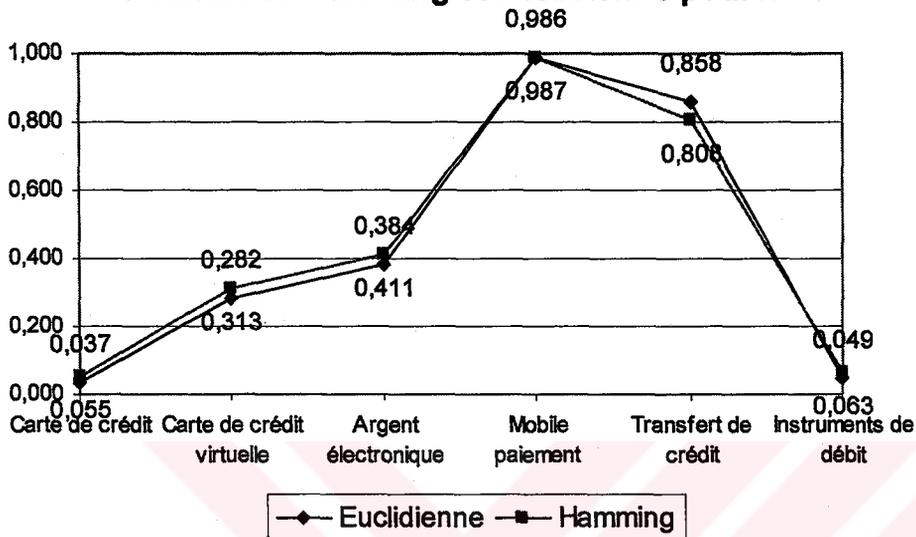


Figure 9.5. Les indices de performances des alternatives selon la distance de Hamming et euclidienne pour $\lambda = 0$

9.7. La matrice de performance de Cheng

Les valeurs de performances sont obtenues en multipliant la matrice de décision floue par le vecteur de poids correspondant:

Tableau 9.26. La matrice de performance de Cheng

	R
Carte de crédit	(0,014, 0,193, 2,681)
Carte de crédit virtuelle	(0,012, 0,175, 2,674)
Argent électronique	(0,011, 0,168, 2,505)
M-Paiement	(0,008, 0,130, 2,240)
Transfert de crédit	(0,009, 0,142, 2,349)
Instruments de débits	(0,014, 0,192, 2,813)

La classification des nombres flous $\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_7$ est faite par la méthode de α - coupe, en prenant $\alpha = 0.750$:

Tableau 9.27. La classification des nombres flous avec $\alpha = 0.750$

	$R_{\alpha=0,750}$	
	$R_L(j)$	$R_R(j)$
Carte de crédit	0,148	0,815
Carte de crédit virtuelle	0,134	0,800
Argent électronique	0,129	0,752
M-Paiement	0,099	0,657
Transfert de crédit	0,108	0,693
Instruments de débits	0,148	0,848

Les performances des alternatives sont:

Tableau 9.28. Les performances des alternatives

	$R_{\alpha=0,750}$
Carte de crédit	0,8149
Carte de crédit virtuelle	0,7997
Argent électronique	0,7525
M-Paiement	0,6573
Transfert de crédit	0,6934
Instruments de débits	0,8476

La classification est faite selon les valeurs de $R_R(j)$ des alternatives et nous avons obtenu:

Tableau 9.29. La classification des alternatives avec $\alpha = 0.750$

$\alpha = 0.750$	
P_i	
1.	Instruments de débit
2.	Carte de crédit
3.	Carte de crédit virtuelle
4.	Argent électronique
5.	Transfert de crédit
6.	M-Paiement

En appliquant cette méthode, nous avons trouvé que les alternatives les plus préférables sont les instruments de débits et la carte de crédit alors que les alternatives les peu préférables sont le transfert de crédit et le m-paiement. Ces résultats sont semblables quand nous les comparons avec la vue optimiste et modérée du décideur dans la méthode précédente. Dans le graphique 9.4, nous voyons comment modifie les indices de

performances des alternatives d'après les valeurs de α . Il est clair que les indices de performances varient lorsque α varie mais l'ordre de préférence des alternatives reste même dans tous les cas.

9.8. La matrice d'intervalles par la méthode des α -coupes

Dans cette méthode, nous utilisons encore une fois la matrice floue de performance finale que nous avons obtenu en multipliant les vecteurs de poids avec la matrice de décision finale. Cette matrice est appelée Z .

Les indices de performance des alternatives selon les valeurs de α

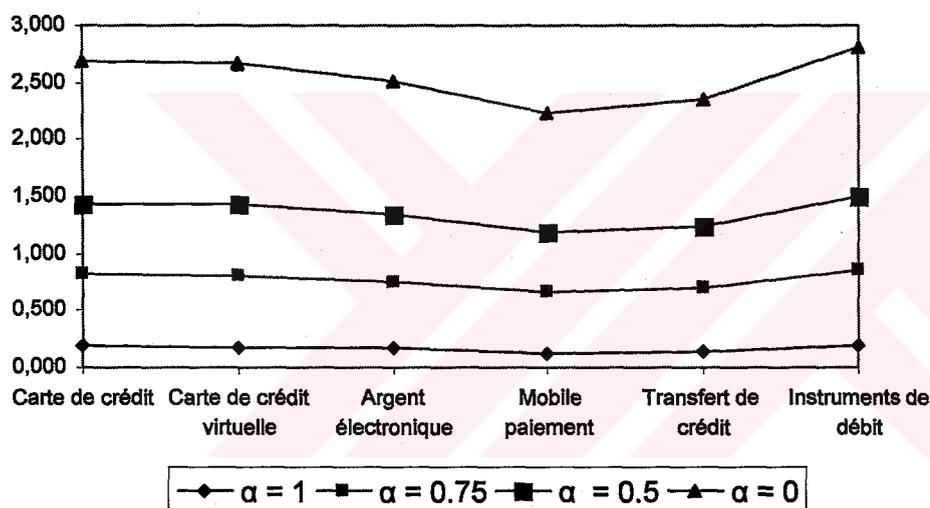


Figure 9.6. Les indices de performance des alternatives selon les valeurs de α

Avec $\alpha = 0.750$, la matrice d'intervalle calculée se trouve ci-dessous:

Tableau 9.30. La matrice d'intervalle avec $\alpha = 0.750$

	$\lambda = 1$		$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0$	
	Z_L	Z_R	Z_L	Z_R	Z_L	Z_R
Carte de crédit	0,015	0,098	0,101	0,489	0,033	0,228
Carte de crédit virtuelle	0,016	0,100	0,088	0,476	0,031	0,224
Argent électronique	0,014	0,092	0,083	0,433	0,032	0,228
M-Paiement	0,014	0,099	0,054	0,331	0,031	0,227
Transfert de crédit	0,015	0,105	0,060	0,364	0,034	0,224
Instruments de débits	0,015	0,105	0,101	0,505	0,032	0,227

La matrice de performance finale qui contient aussi les différentes attitudes du décideur pour le risque calculée est:

Tableau 9.31. La matrice de performance finale pour $\lambda = 1$

$$\lambda = 1$$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,098	0,100	0,092	0,099	0,105	0,105
C_2	0,489	0,476	0,433	0,331	0,364	0,515
C_3	0,228	0,224	0,228	0,227	0,224	0,227

Tableau 9.32. La matrice de performance finale pour $\lambda = 0.5$

$$\lambda = 0.5$$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,056	0,058	0,053	0,057	0,060	0,060
C_2	0,295	0,282	0,258	0,193	0,212	0,308
C_3	0,131	0,127	0,130	0,129	0,129	0,130

Tableau 9.33. La matrice de performance finale pour $\lambda = 0$

$$\lambda = 0$$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,015	0,016	0,014	0,014	0,015	0,015
C_2	0,101	0,088	0,083	0,054	0,060	0,101
C_3	0,033	0,031	0,032	0,031	0,034	0,032

En appliquant le processus de normalisation, la matrice de performance normalisée est calculée comme:

Tableau 9.34. Matrice de performance finale normalisée pour $\lambda = 1$

$$\lambda = 1$$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,401	0,409	0,374	0,406	0,429	0,429
C_2	0,453	0,442	0,402	0,308	0,338	0,478
C_3	0,412	0,403	0,411	0,409	0,405	0,410

Tableau 9.35. Matrice de performance finale normalisée pour $\lambda = 0.5$

$\lambda = 0.5$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,401	0,413	0,376	0,403	0,426	0,426
C_2	0,460	0,440	0,403	0,301	0,331	0,481
C_3	0,413	0,401	0,410	0,407	0,408	0,409

Tableau 9.36. Matrice de performance finale normalisée pour $\lambda = 0$

$\lambda = 0$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
C_1	0,405	0,443	0,392	0,388	0,410	0,410
C_2	0,495	0,432	0,407	0,265	0,293	0,497
C_3	0,418	0,388	0,409	0,396	0,432	0,405

Le degré de similarité entre la solution idéale positive et la solution idéale négative avec chacune des alternatives est calculé en deux façons. Les résultats sont représentés ci-dessous:

Tableau 9.37. Les degrés de similarités pour $\lambda = 1$

$\lambda = 1$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
S^+	0,959	0,949	0,896	0,841	0,880	0,999
S_{Euc}^+	0,053	0,065	0,132	0,197	0,147	0,002
S^-	0,850	0,860	0,913	0,965	0,926	0,814
S_{Euc}^-	0,181	0,169	0,102	0,037	0,086	0,232

Tableau 9.38. Les degrés de similarités pour $\lambda = 0.5$

$\lambda = 0.5$

	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
S^+	0,964	0,949	0,897	0,831	0,873	0,998
S_{Euc}^+	0,033	0,045	0,093	0,182	0,151	0,003
S^-	0,838	0,854	0,905	0,968	0,926	0,808
S_{Euc}^-	0,162	0,144	0,102	0,028	0,059	0,187

Tableau 9.39. Les degrés de similarités pour $\lambda = 0$

$\lambda = 0$						
	Carte de crédit	Carte de crédit virtuelle	Argent électronique	M-Paiement	Transfert de crédit	Instruments de débits
S^+	0,963	0,918	0,878	0,754	0,816	0,959
S_{Euc}^+	0,040	0,079	0,106	0,241	0,207	0,042
S^-	0,771	0,819	0,860	0,991	0,918	0,773
S_{Euc}^-	0,233	0,175	0,143	0,009	0,056	0,233

9.8.1. Les indices de performances

Les indices de performance de chaque alternative pour tous les critères sont alors:

Tableau 9.40 Les indices de performances des alternatives

	$\lambda = 1$		$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0$	
	P_i	$P_{i(Euc)}$	P_i	$P_{i(Euc)}$	P_i	$P_{i(Euc)}$
Carte de crédit	0,5301	0,7740	0,5350	0,8313	0,5552	0,8533
Carte de crédit virtuelle	0,5247	0,7220	0,5261	0,7638	0,5285	0,6906
Argent électronique	0,4954	0,4352	0,4978	0,5241	0,5051	0,5749
M-Paiement	0,4657	0,1588	0,4617	0,1318	0,4322	0,0347
Transfert de crédit	0,4872	0,3696	0,4852	0,2802	0,4705	0,2145
Instruments de débits	0,5509	0,9925	0,5525	0,9835	0,5535	0,8466

Comme plus grande la valeur de l'indice, plus préférée est l'alternative, l'ordre de préférence des alternatives sont:

Tableau 9.41. Le classement de performances

	$\lambda = 1$		$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0$	
	P_i	$P_{i(Euc)}$	P_i	$P_{i(Euc)}$	P_i	$P_{i(Euc)}$
1.	Inst. de débit	Inst. de débit	Inst. de débit	Inst. de débit	Carte de crédit	Carte de crédit
2.	Carte de crédit	Carte de crédit	Carte de crédit	Carte de crédit	Inst. de débit	Inst. de débit
3.	Carte de cré. virt.	Carte de cré. virt.	Carte de cré. virt.	Carte de cré. virt.	Carte de cré. virt.	Carte de cré. virt.
4.	Argent élect.	Argent élect.	Argent élect.	Argent élect.	Argent élect.	Argent élect.
5.	Trans. De crédit	Trans. de crédit	Trans. de cré.	Trans. de crédit	Trans. de crédit	Trans. de crédit
6.	M-Paiement	M-Paiement	M-Paiement	M-Paiement	M-Paiement	M-Paiement

Les résultats finaux reflètent que dans cette méthode, les types des décideurs ne modifient pas les ordres de préférences des alternatives, autrement dit l'ordre de préférence des systèmes de paiement électroniques est consistant. Ceci implique que

l'attitude du décideur envers la manipulation de l'incertitude liée à l'étude d'évaluations floue dans ce cas-ci n'a pas de l'influence significative sur les résultats de l'évaluation.

Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda = 1$

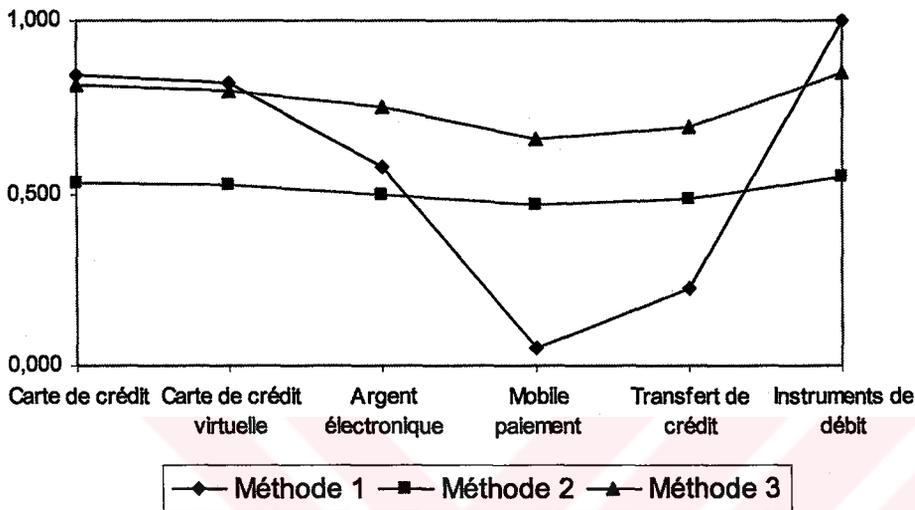


Figure 9.7. Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda = 1$

Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda = 0.5$

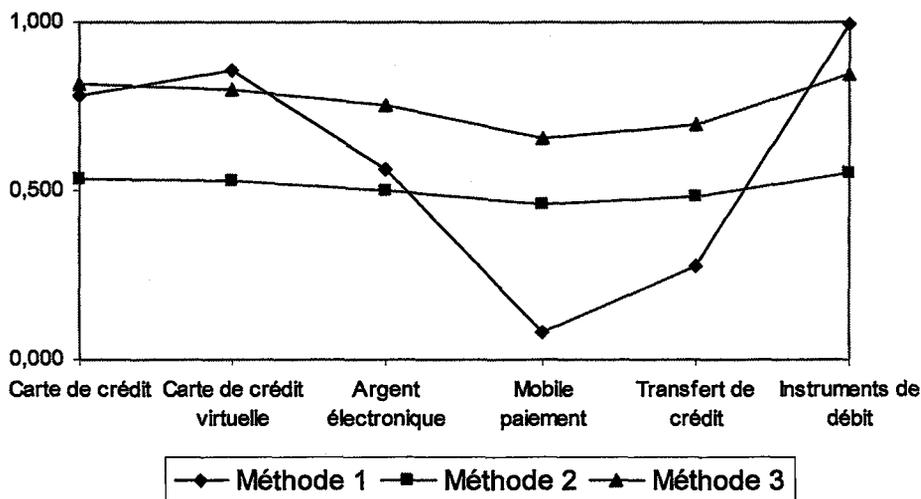


Figure 9.8. Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda = 0.5$

Dans tous les cas, les instruments de débit, la carte de crédit et la carte de crédit virtuelle sont les alternatives les plus préférées. Les alternatives les plus mauvaises sont le transfert de crédit et le paiement mobile.

En conclusion, les trois graphiques derniers montrent les résultats de toutes les méthodes pour les différentes valeurs de λ . Comme la méthode de Cheng ne contient pas la vue optimiste, pessimiste ou modérée du décideur, dans tous les graphiques, ses valeurs sont prises constantes avec $\alpha = 0.750$.

Pour les valeurs de $\lambda = 0.5$ et $\lambda = 1$, toutes les trois méthodes donnent à peu près les mêmes résultats. Ce qui est contraire à tous les résultats, est les résultats de la méthode 1, comme nous voyons dans la graphique 9.7.

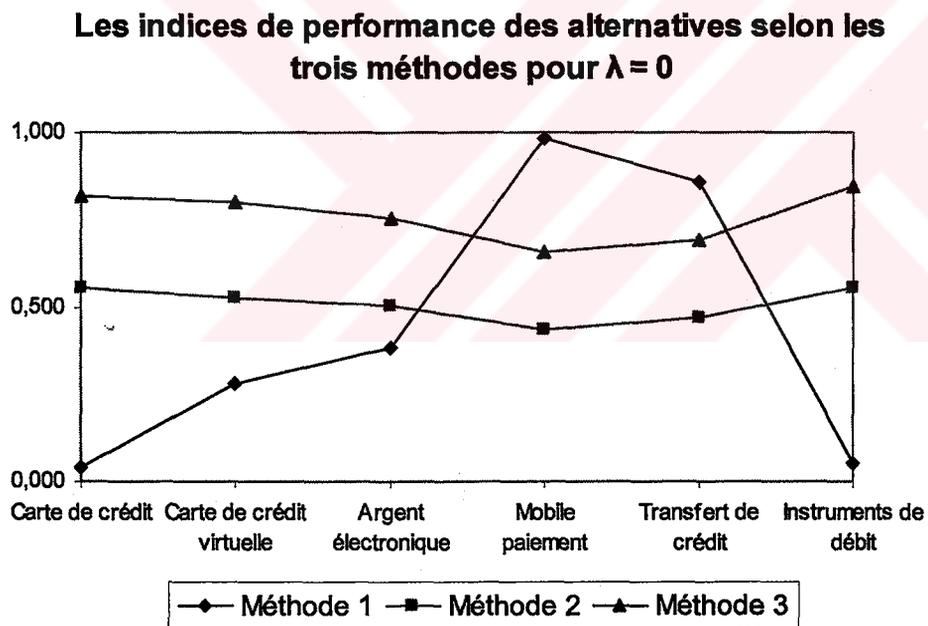


Figure 9.9. Les indices de performance des alternatives selon les trois méthodes pour $\lambda = 0$

10. Conclusion

Le commerce électronique peut être défini comme l'ensemble des échanges numérisés, liés à des activités commerciales entre les entreprises, entre une entreprise et un individu ou entre les entreprises et les administrations. Les acheteurs et les vendeurs se réunissent sur les marchés électroniques, et le marché manipule toutes les transactions nécessaires qui se produisent, y compris le transfert de l'argent entre les banques. Sur les marchés électroniques, les principaux participants non seulement se trouvent dans différents endroits, mais se connaissent rarement.

Les facteurs qui influencent directement l'utilisation d'Internet pour usage commercial incluent le manque d'une interface standard et les craintes au sujet de la confidentialité et de la sécurité d'information personnelle.

Le but de ce projet était de choisir le système de paiement électronique le plus approprié pour la Turquie, qui est un candidat pour l'Union Européenne. A cet égard, dans la première partie du travail, les classifications et les caractéristiques des systèmes de paiement les plus fréquemment utilisés dans l'Union Européenne sont présentées. La carte de crédit, la carte de crédit virtuelle, l'argent électronique, le mobile paiement, le transfert de crédit et les instruments de débit sont les systèmes de paiement électronique choisis pour analyser plus en détail.

La prise de décision fait partie de notre vie courante. Nous nous demandons très souvent des questions qui nous forcent à prendre une décision. Dans la plupart du temps cette situation nous oblige à choisir la solution ayant les meilleures capacités pour différents attributs. Les méthodes développées pour la résolution de ce genre de problème sont appelées 'Méthodes d'aide multicritères à la décision'. On a développé plusieurs méthodes pour les problèmes qui nécessitent l'utilisation de plusieurs critères exprimés par des données quantitatives et qualitatives.

Trois méthodes sont appliquées pour prendre la décision du quel système de paiement électronique est approprié pour la Turquie.

La définition des alternatives, des critères et leurs sous critères est formée la première étape du travail pour les quelles les jugements des experts de Garanti Teknoloji sont utilisés. Après avoir défini la hiérarchie du problème, les poids des éléments de la hiérarchie sont obtenus avec des comparaisons paires de AHP, faites par 17 enquêteurs. Comme tous les jugements des experts et des enquêteurs étaient subjectifs, afin de mieux présenter ces termes linguistiques d'importance et de capacité qui concernent l'imprécision, il s'est servi de la théorie de l'ensemble flou. Tous les termes linguistiques sont convertis aux nombres flous triangulaires.

La première méthode utilisait la théorie d'utilité ce qui nécessite le calcul de l'utilité droite et l'utilité gauche de chaque alternative. En suite, ces valeurs sont comparées avec le flou maximum et minimum pour trouver les distances à la solution idéale et à la solution anti-idéale de chaque alternative. Le classement des alternatives s'est fait par la technique TOPSIS, qui est une autre méthode d'aide à la décision. Selon les ordres de préférences, nous avons vu que l'alternative le plus préférable varie lorsque les points de vue des décideurs varient, ce qui montre que l'attitude du décideur envers la manipulation de l'incertitude liée à l'étude d'évaluations floue a de l'influence significative sur les résultats de l'évaluation. Nous pouvons constater que cette méthode dépend directement des vues des décideurs et peut ne pas donner des résultats consistants.

Dans la deuxième méthode qui était le plus simple, les α - coupes des alternatives sont calculés pour une valeur de α fixés. En suite, le classement des systèmes de paiement sont fait juste en observant leur α - coupes. Les résultats obtenus étaient semblables aux résultats des décideurs optimistes et modérés de la méthode précédente. Une analyse supplémentaire est conduite en trouvant les indices de performances des alternatives pour des différentes valeurs de α . En conséquence, bien que les valeurs des indices changeaient, l'ordre de préférence des alternatives restait le même.

La troisième et la dernière méthode, après les calculs des α - coupes, la technique de TOPSIS a été appliquée pour ranger les alternatives. Les résultats finaux ont prouvé que dans cette méthode, les types des décideurs ne modifient pas les ordres de préférences des alternatives, autrement dit l'ordre de préférence des systèmes de paiement électroniques reste consistant.

La théorie de l'ensemble flou a servi à structurer le problème étant plus proche à la réalité, car dans la vie réelle on se trouve souvent devant l'imprécision. Les approches utilisées ne demandent que des calculs élémentaires de la théorie de l'ensemble flou, ainsi elle ne présente pas des calculs complexes ce qui entraîne la simplicité de compréhension de la méthode même pour les gens ne connaissant pas cette théorie. Les applications de ces méthodes présentent une bonne utilisation du temps en dehors de leur simplicité.

Lorsque ces trois méthodes sont appliquées à la matrice de décision des décideurs modérés, on obtient à peu près les mêmes résultats pour toutes les trois, ce qui nous prouve que ces méthodes d'aide à la décision sont efficaces. Mais il ne faut pas oublier qu'on s'est servi des jugements humains qui sont subjectifs, c'est parce que les résultats peuvent être différents de ceux-ci dans un autre cas.

Pour examiner comment l'ordre de performance global peut être affecté par les autres acteurs de la transaction de paiement électroniques autres que les consommateurs, nous pouvons utiliser les mêmes techniques, mais cette fois il nous faut de définir les poids des critères et des sous-critères par un groupe de personnes formé de ces acteurs. Les résultats de ce travail peut être différents de ce que nous avons obtenu ici par l'influence des poids variés.

Les importances des critères obtenues par des comparaisons paires peuvent guider aux développeurs à créer des systèmes de paiement électronique répondant aux besoins des utilisateurs.

Bibliographie

[1] Gilles Fouchard, *E-commerce, La Stratégie Gagnante*, Osman Eyrolles Multimedia, (1999).

[2] Taylor Nelson Sofres Interactive, "Global E-Commerce Report 2002".

[3] Efraim Turban, David King, Jae Lee, Merrill Warkentin, H. Michael Chung, *Electronic Commerce, A Managerial Perspective 2002*, Prentice Hall, (2002).

[4] Institute for Prospective Technological Studies, Directorate General Joint Research Center European Commission, "The Future of M-Payments", *Electronic Payment Systems Observatory (ePSO)*, (2001).

[5] Institute for Prospective Technological Studies, Directorate General Joint Research Center European Commission, "Integration of Electronic Payment Systems into B2C Internet Commerce", *Electronic Payment Systems Observatory (ePSO)*, (2002).

[6] Jing-Jang Hwang, Tzu-Chang Yeh, Jung-Bin Li, "Securing on-line credit card payments without disclosing privacy information", *Computer Standards & Interfaces* 2186, 1 - 11, (2002).

[7] Richard Jewson, "E-payments: Credit Cards on the Internet", *Aconite Whitepaper*, (2001).

[8] T.Saaty, Luis G. Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer's International Series, (2001).

[9] R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen, *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A.Zadeh*, John Wiley & Sons, (1987).

- [10] Witold Pedrycz and Fernando Gomide, *An Introduction to Fuzzy Sets*, MIT Press, (1998).
- [11] Ching-Hsue Cheng, "Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers", *Fuzzy Sets and Systems*, 107, 25 – 35, (1999).
- [12] Chen S.H., "Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing Set and Minimizing Set", *Fuzzy Sets and Systems*, (1983)
- [13] Chung-Hsing Yeh, Hepu Deng, Yu-Hern Chang, "Fuzzy multicriteria analysis for performance evaluation of bus companies", *European Journal of Operational Research*, 126, 459 – 473, (2000)
- [14] Hepu Deng, "Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison", *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, (1999)

Biographie

Gülfem IŞIKLAR est née le 26 Mars 1980 à Ankara. Elle a fréquenté au Lycée Tevfik Fikret d'Ankara entre les années 1990 - 1997.

Entre les années 1997 - 2001, elle a poursuivi ses études à l'Université Galatasaray en Génie Informatique. Elle a fait des stages respectivement chez ASELSAN A.Ş. à Ankara et chez E-Store Sanal Mağ. A.Ş. à Istanbul.

En 2001, elle a commencé au programme de mastère à l'Université de Galatasaray en Génie Industriel. Elle a été admise au programme de mastère à l'Université de Boğaziçi en Génie Informatique en 2002. Elle travaille depuis Septembre 2001 comme assistante de recherche à l'Université de Galatasaray dans le Département de Génie Informatique.