



HAL
open science

Logiciel de recommandation pour la gestion du temps et des activités d'une organisation par un ERP

Bronner-Etelin Anthony

► To cite this version:

Bronner-Etelin Anthony. Logiciel de recommandation pour la gestion du temps et des activités d'une organisation par un ERP. Intelligence artificielle [cs.AI]. Université toulouse I Capitole, 2024. Français. NNT: . tel-04731375

HAL Id: tel-04731375

<https://theses.hal.science/tel-04731375v1>

Submitted on 10 Oct 2024

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

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



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse 1 Capitole (UT1 Capitole)

Présentée et soutenue par :

Anthony BRONNER-ETELIN

le jeudi 2 mai 2024

Titre :

Logiciel de recommandation pour la gestion du temps et des activités d'une organisation par un ERP

École doctorale et discipline ou spécialité :

ED MITT : Domaine STIC : Intelligence Artificielle

Unité de recherche :

IRIT - UMR5505

Directeur/trice(s) de Thèse :

Pascale ZARATÉ

Jury :

Christelle THERON - Maître de Conférences HDR - Univ. Toul. Capitole - TSM, Présidente
Marie-Hélène ABEL - Professeure - Univ. Tech. Compiègne - HEUDIASYC, Rapporteur
Myriam MERAD - Directrice de recherche CNRS - Paris Dauphine - LAMSADE, Rapporteur
Boris DELIBAŠIĆ - Professeur - University of Belgrade - Serbie, Rapporteur
Alain ALCOUFFE - Professeur émérite - Univ. Toul. Capitole, Invité
Ian SCHINDLER - Maître de Conférences HDR émérite - Univ. Toul. Capitole - TSE, Invité
Pascale ZARATÉ - Professeure - Univ. Toul. Capitole - IRIT, Directrice de thèse

Remerciements

”L’enfer c’est les autres” disait Sartre dans *Huis Clos*. Or, bien que cette citation soit souvent très vraie, il faut reconnaître que parfois les autres tiennent une place de premier ordre dans nos vies. Si la rectitude et la détermination peuvent être des qualités personnelles, l’inspiration et le soutien sont rarement des éléments providentiels, et trouvent leur origine dans l’entourage. Ainsi, je tiens à remercier des personnes parce qu’elles m’ont accordé ce qu’elles ont de plus précieux, qui n’est autre que l’objet de cette thèse, leur temps.

Pascale ZARATÉ, Professeur à l’**Université Toulouse Capitole**, membre de l’IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse), ma chère directrice de thèse. Un jour, alors qu’elle passait avec son plateau repas dans l’allée principale de la cafétéria de la Manufacture des tabacs, je me suis levé et suis allé à sa rencontre pour lui demander si elle accepterait de recevoir l’étudiant de première année que j’étais, afin de lui présenter l’ERP que j’avais développé. Ce qu’elle a fait. Je suis ressorti de cette entrevue plus riche que je n’y suis entré, si l’unité de mesure était la motivation et non l’argent. Plus tard, c’est par son intermédiaire que j’ai pu réaliser l’un de mes plus grands souhaits, enseigner à l’université. Est-il bien utile d’évoquer le jour où elle m’a annoncé qu’elle acceptait d’être ma directrice de thèse ? Non, fort en émotion, c’est encore trop frais. Cependant, je tiens à lui témoigner mes remerciements, pour tout ceci, et pour ces cinq années de disponibilité, de flexibilité, d’écoute et de compréhension. Des années perturbées par une crise sanitaire aux effets dévastateurs sur ma personne, amoindris par sa bienveillance. La remercier également pour son efficacité dans la transmission de ses connaissances. Quel bonheur d’évoluer auprès de quelqu’un qui n’accepte pas de perdre son temps dans des réunions interminables, où l’on s’écoute parler, pour aboutir à des conclusions approximatives. Quelqu’un qui sait s’organiser et qui accepte de faire confiance. Quelqu’un de professionnel. Les critiques dithyrambiques sont toujours plaisantes à recevoir, particulièrement lorsqu’elles sont sincères, légitimes et méritées, donc qu’il en soit ainsi.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers les membres du jury de ma thèse qui ont eu le courage de s'éliminer la rétine en parcourant les 95589 mots de ce manuscrit. Leur expertise, leurs conseils précieux et leur investissement ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail. Leur évaluation attentive et leurs commentaires constructifs m'ont été d'une grande aide. Je suis honoré d'avoir bénéficié de leur soutien et de leur engagement.

Myriam MERAD, Directrice de recherche au CNRS, membre du LAMSADE (Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision), **Université Paris Dauphine**. Je la remercie pour avoir accepté de faire partie de mon jury, assumant le rôle de rapporteur.

Marie-Hélène ABEL, Directrice du département de génie informatique, membre du SCAI (Sorbonne Center for Artificial Intelligence), **Université Panthéon Sorbonne**. Je la remercie pour avoir accepté de faire partie de mon jury, assumant le rôle de rapporteur.

Boris DELIBAŠIĆ, Professeur à l'**Université de Belgrade** en Serbie. Je le remercie pour avoir accepté de faire partie de mon jury, assumant le rôle de rapporteur.

Christelle THERON, Maître de Conférences à **Toulouse School of Management**. Je la remercie pour avoir accepté de faire partie de mon jury, assumant le rôle d'examinatrice.

Alain ALCOUFFE, Professeur émérite à l'**Université Toulouse Capitole**. Je le remercie pour son implication dans mes études d'économie et pour son suivi tout au long de mon cursus. Je tenais par ailleurs à lui témoigner toute ma reconnaissance en l'invitant à participer à mon jury de thèse.

Ian SCHINDLER, Maître de Conférences HDR à **Toulouse School of Economics**. Lui qui a fait son postdoc avec Pierre-Louis LIONS, un peu avant l'arrivée d'un certain Cédric VILLANI. Je ne compte plus les marqueurs Velleda qu'il a épuisés pour m'expliquer les grandes démonstrations mathématiques. A ce propos, notre impact carbone doit être relativement significatif. On pourrait presque observer une minute de silence à la mémoire du petit ours polaire qui a probablement perdu sa maman par notre faute. Je ne me lasserai sans doute jamais de nos conversations interminables, ni de nos matchs de tennis en pleine nuit. Un grand merci pour tout cela.

Je suis par ailleurs reconnaissant de l'accueil et des conditions de travail qui m'ont été octroyés par les membres de l'équipe **ADRIA** (Argumentation, Décision, Raisonnement, Incertitude et Apprentissage), mon laboratoire de recherche à l'IRIT-CNRS.

Enfin, je tiens à remercier mes chers amis, ma famille aimante et mon chat, Mishka. Lui qui me regardait, les yeux circonspects, tandis que je parlais tout seul en rédigeant cette thèse. Perplexe, il tentait des approches pour vérifier si mes paroles lui étaient destinées ou bien si j'avais perdu l'esprit, signifiant une probable pénurie de croquettes, qui finirait par le conduire tout droit au cimetière. Mais non Mishka, je suis bien là et avec toute ma tête... enfin souhaitons-le.

Résumé

La transition digitale des entreprises a introduit l'utilisation de logiciels pour gérer divers secteurs tels que les activités commerciales, logistiques, financières, et bien d'autres. Chaque département de la firme dispose d'un module intégré dans ce logiciel, centralisant ainsi les ressources spécifiques. Les ERP (Enterprise Resource Planning) ont pour objectifs de garantir l'homogénéité des informations, de les actualiser en temps réel, de faciliter la gestion des processus et d'améliorer la coordination entre les services.

Cependant, au sein de cette abondance d'informations, les utilisateurs peuvent être confrontés à des choix difficiles quant à la manière de répartir leur temps de travail dans l'ERP. Alors que le logiciel assure le stockage et la disponibilité des données, leur exploitation dépend de l'utilisateur et de sa subjectivité. Une mauvaise interprétation est possible, conduisant à une allocation inefficace du temps, au détriment de tâches potentiellement plus bénéfiques. Or le temps a cette propriété fort incommode : lorsqu'il est passé, il l'est définitivement.

Dans cette étude, le logiciel de recommandation multi-acteur élaboré, nommé GTiA, combine l'aide à la décision multicritère via la méthode AHP, et l'agrégation par la théorie des jeux. Ce logiciel propose à l'utilisateur une répartition de son temps de travail qui satisfasse les critères définis par les collaborateurs, limitant ainsi les risques d'interprétation erronée et minimisant les pertes potentielles pour l'organisation.

MOTS CLÉS : Transition Digitale, ERP, Aide à la décision multicritère, Agrégation par la Théorie des jeux, Gestion du temps et des activités (GTA), Logiciel de recommandation multi-acteur, GTiA.

Abstract

The digital transition of companies has introduced the use of software to manage various sectors such as sales, logistics, finances, and many others. Each department of the firm has a module integrated into this software, thus centralizing specific resources. Enterprise Resource Planning (ERP) systems aim to ensure the homogeneity of information, update it in real-time, facilitate process management, and improve coordination between services.

However, within this abundance of information, users may face difficult choices regarding how to allocate their time within the ERP. While the software ensures the storage and availability of data, its exploitation depends on the user and their subjectivity. Misinterpretation is possible, leading to inefficient time allocation, to the detriment of potentially more beneficial tasks. Unfortunately, time has this highly inconvenient property : once it's gone, it's gone for good.

In this study, the developed multi-actor recommendation software, named GTiA, combines multi-criteria decision support via the Analytic Hierarchy Process (AHP) and aggregation through game theory. This software proposes a distribution of the user's workload that satisfies criteria defined by collaborators, thus limiting the risks of erroneous interpretation and minimizing potential losses for the organization.

KEYWORDS : Digital Transition, ERP, Multi-criteria Decision Support, Aggregation via Game Theory, Time and Activity Management (TAM), Multi-Actor Recommendation Software, GTiA.

Table des matières

Résumé	ii
Abstract	iii
Introduction Générale	2
I ÉTAT DE L'ART	5
1 Les logiciels de gestion d'entreprise	6
1.1 Introduction	6
1.2 Types de logiciels	7
1.2.1 Introduction	7
1.2.2 Les logiciels standards	8
1.2.2.1 Présentation	8
1.2.2.2 Architectures	9
1.2.2.2.1 Mono-utilisateur	9
1.2.2.2.2 Multi-utilisateur	10
1.2.2.3 Mise en oeuvre	10
1.2.2.4 Fonctionnalités	11
1.2.2.5 Fonctionnement	11
1.2.2.6 Performance	11
1.2.2.6.1 Format traditionnel	11
1.2.2.6.2 Format SaaS (ou cloud)	12
1.2.2.7 Forces et faiblesses	12
1.2.3 Les ERP	13
1.2.3.1 Introduction	13

1.2.3.2	Présentation	15
1.2.3.3	Architectures	16
1.2.3.4	Mise en oeuvre	20
1.2.3.5	Fonctionnalités	22
1.2.3.6	Performance	23
1.2.3.7	Coût	25
1.2.3.8	Forces et faiblesses	27
1.2.4	Conclusion	28
1.3	Intégration des ERP dans l'organisation	29
1.3.1	Introduction : les problèmes liés à l'intégration des ERP dans l'organisation	29
1.3.2	Les données de l'entreprise	31
1.3.2.1	Présentation	31
1.3.2.2	Traitements	32
1.3.2.2.1	Stockage des données	33
1.3.2.2.2	Gouvernance des données	34
1.3.2.2.3	Protection des données	35
1.3.3	Les utilisateurs	36
1.3.3.1	Présentation	36
1.3.3.2	Hiérarchie	37
1.3.3.3	Besoins	39
1.3.3.4	Préférences	40
1.3.3.5	Difficultés	41
1.3.4	Conclusion	43
1.4	La gestion du temps	44
1.4.1	Introduction	44
1.4.2	Définition et principes	45
1.4.3	La gestion humaine du temps en entreprise	45
1.4.3.1	Individuelle	45
1.4.3.2	Collective	46
1.4.3.3	Les méthodes	47
1.4.3.4	Faiblesses	50
1.4.4	La gestion logicielle du temps en entreprise	52
1.4.4.1	Les GTA	52
1.4.4.2	Forces et faiblesses	53
1.4.5	Conclusion	55

2	L'aide à la décision	56
2.1	Introduction	57
2.2	Présentation	58
2.3	Les acteurs	59
2.4	Les problématiques	60
2.4.1	Problématique du choix	60
2.4.2	Problématique du tri	60
2.4.3	Problématique du rangement	61
2.4.4	Problématique de la description	61
2.4.5	Problématique de la typologie	62
2.5	Les critères	62
2.5.1	Introduction	62
2.5.2	Rôle dans l'aide à la décision	62
2.5.3	Critère unique	63
2.5.4	Multicritère	64
2.6	La décision	65
2.6.1	Les types de décisions	65
2.6.1.1	Les décisions structurées	65
2.6.1.2	Les décisions semi-structurées	65
2.6.1.3	Les décisions non structurées	65
2.6.2	La solution satisfaisante	66
2.6.2.1	L'effcience de Pareto	66
2.6.2.2	La relation de surclassement	67
2.6.2.3	La notion d'échelle	67
2.7	Les alternatives	69
2.8	Les préférences	70
2.9	La méthode AHP	71
2.9.1	Introduction	71
2.9.2	Présentation	72
2.9.3	Application	73
2.10	Conclusion	75
3	Les systèmes de recommandation	76
3.1	Introduction	76
3.2	Contexte et origine	78
3.3	Fonctionnement	78

3.3.1	Le filtrage collaboratif	81
3.3.1.1	Présentation	81
3.3.1.2	Atouts et faiblesses	84
3.3.2	Le filtrage sur le contenu	85
3.3.2.1	Présentation	85
3.3.2.2	Atouts et faiblesses	86
3.4	Recommandation multi-acteur	87
3.4.1	Présentation	87
3.4.2	Les opérateurs d’agrégation	88
3.4.2.1	La moyenne arithmétique pondérée	89
3.4.2.2	La moyenne géométrique pondérée	90
3.4.2.3	L’intégrale de Choquet	90
3.5	Conclusion	91

II LA GESTION DU TEMPS DANS UNE TPE 93

4 Le contexte de mise en oeuvre 94

4.1	Introduction	94
4.2	Hôte	95
4.2.1	Présentation de Ai-Soft	95
4.2.2	Historique des données	97
4.2.3	Ressources et fonctionnement	97
4.2.4	Gestion interne du temps	98
4.2.4.1	Introduction	98
4.2.4.2	Les difficultés rencontrées	99
4.2.4.3	Les tentatives d’actions réalisées	100
4.2.4.4	L’intérêt d’un système de recommandation	101
4.3	Conclusion	102

5 L’ERP Cortex-Gestion 103

5.1	Historique	103
5.2	Présentation	104
5.2.1	Architecture	104
5.2.2	Conception	105
5.2.3	Interface	105
5.2.4	Fonctionnalités	107

5.3	Conclusion	108
6	Le logiciel de recommandation	110
6.1	Introduction	111
6.2	Le logiciel GTiA	111
6.2.1	Présentation	111
6.2.2	Mise en oeuvre	112
6.2.3	Interfaces	114
6.2.3.1	Accueil	114
6.2.3.2	Utilisateurs	115
6.2.3.3	Critères	116
6.2.3.4	Alternatives	118
6.2.3.5	Configuration	120
6.2.3.6	Évaluation	120
6.2.3.7	Les critères entre eux	120
6.2.3.8	Les alternatives entre elles	123
6.2.3.9	Recommandation	127
6.2.4	Base de données	128
6.2.4.1	Schéma relationnel	128
6.2.4.2	Données externes	129
6.2.5	Langages de programmation	130
6.2.5.1	Pour le logiciel	130
6.2.5.2	Pour la base de données	130
6.3	Le modèle d'agrégation : Théorie des jeux	131
6.3.1	Présentation	131
6.3.2	Fonctionnement	132
6.3.3	Équilibre de Nash	132
6.3.4	Matrice des paiements	134
6.3.5	Exemple d'application	134
6.4	Application du modèle	135
6.4.1	Introduction	135
6.4.2	Présentation et choix	136
6.4.3	Démonstration numérique	140
6.4.3.1	Méthode AHP	140
6.4.3.1.1	Évaluation des critères	140
6.4.3.1.2	Vérification de la consistance	143

6.4.3.1.3	Évaluation des alternatives en fonction des critères	146
6.4.3.1.4	Vérification de la consistance	149
6.4.3.1.5	Élaboration des scores	152
6.4.3.2	Modèle d'agrégation	153
6.4.3.2.1	Hypothèses initiales	154
6.4.3.2.2	Utilisateur unique	154
6.4.3.2.3	Multi-utilisateur sans correspondance	155
6.4.3.2.4	Multi-utilisateur avec correspondance	156
6.4.3.2.5	Théorie des jeux	157
6.4.3.2.6	Matrices des paiements	157
6.5	Conclusion	162

III ÉTUDE EXPÉRIMENTALE 164

7 L'expérimentation 165

7.1	Introduction	165
7.2	Méthode d'expérimentation	166
7.2.1	Présentation	166
7.2.2	Description des outils	167
7.3	Mise en oeuvre	168
7.3.1	Présentation	168
7.3.2	Intégration dans l'ERP	168
7.3.3	Formation des collaborateurs	169
7.3.4	Données initiales	171
7.3.4.1	Évaluation des critères	171
7.3.4.2	Évaluation des alternatives	174
7.3.4.3	Évaluation des performances	180
7.3.4.4	Définition des niveaux d'influence	181
7.3.5	Phase 1	181
7.3.5.1	Analyse des scores	182
7.3.5.2	Application de l'influence et des préférences	183
7.3.5.3	Bilan de l'agrégation	184
7.3.5.3.1	User 1	184
7.3.5.3.2	User 2	185
7.3.5.3.3	User 3	185
7.3.5.3.4	User 4	186

7.3.5.3.5	User 5	186
7.3.5.4	Liste des recommandations	187
7.3.6	Phase 2	187
7.3.6.1	Mise à jour des préférences	187
7.3.6.2	Récapitulatif de l'évolution du poids des critères	195
7.3.6.3	Définition des niveaux d'influence	195
7.3.6.4	Vérification de la consistance	196
7.3.6.5	Analyse des scores	197
7.3.6.6	Actualisation des performances	198
7.3.6.7	Bilan de l'agrégation	200
7.3.6.7.1	User 1	200
7.3.6.7.2	User 2	201
7.3.6.7.3	User 3	201
7.3.6.7.4	User 4	201
7.3.6.7.5	User 5	202
7.3.6.7.6	User 6	202
7.3.6.8	Liste des recommandations	202
7.3.7	Phase 3	203
7.3.7.1	Mise à jour des préférences	203
7.3.7.2	Récapitulatif de l'évolution du poids des critères	208
7.3.7.3	Actualisation des performances	209
7.3.7.4	Vérification de la consistance	211
7.3.7.5	Analyse des scores	212
7.3.7.6	Bilan de l'agrégation	213
7.3.7.6.1	User 1	213
7.3.7.6.2	User 2	213
7.3.7.6.3	User 3	214
7.3.7.6.4	User 4	215
7.3.7.6.5	User 5	215
7.3.7.6.6	User 6	216
7.3.7.7	Liste des recommandations	216
7.4	Rétrospective des recommandations	217
7.5	Conclusion	218
8	Le bilan	219
8.1	Présentation	219

8.2	Données d'activité avant expérimentation	220
8.2.1	Contexte économique	220
8.2.2	Données chiffrées de l'entreprise hôte	222
8.2.2.1	Sur le plan financier	222
8.2.2.2	Sur le plan organisationnel	223
8.2.2.3	Sur le plan de la satisfaction client	224
8.2.3	Données chiffrées du secteur	225
8.3	Données d'activité après expérimentation	226
8.3.1	Sur le plan financier	226
8.3.2	Sur le plan organisationnel	227
8.3.3	Sur le plan de la satisfaction client	228
8.4	Conclusion	232
	Conclusion Générale	233
	Annexe n°1	247
	Code source : Formulaire d'évaluation des alternatives	247
	Annexe n°2	258
	Code source : Formulaire d'évaluation des critères	258
	Annexe n°3	266
	Code source : Formulaire de recommandation	266

Liste des tableaux

1.1	Estimation du coût d'acquisition et de mise en place d'un ERP	27
2.1	Échelle de Saaty pour l'évaluation des préférences des utilisateurs	74
6.1	Matrice de comparaison pair à pair	121
6.2	Matrice normalisée	122
6.3	Matrice de consistance	123
6.4	Matrice de comparaison pair à pair	123
6.5	Matrice normalisée	124
6.6	Matrice de consistance	125
6.7	Matrice de comparaison pair à pair pour les alternatives	125
6.8	Matrice normalisée pour les alternatives	126
6.9	Matrice des paiements	135
6.10	Tableau des alternatives et des gains associés	140
6.11	Évaluation des critères entre eux	141
6.12	Évaluation des critères totalisée	141
6.13	Normalisation	142
6.14	Poids des critères	143
6.15	Sommes pondérées des critères	144
6.16	Tableau préliminaire au calcul de la consistance	145
6.17	Random Index	145
6.18	Évaluation des alternatives entre elles, en fonction du critère CA	146
6.19	Évaluation des alternatives totalisée	147
6.20	Normalisation	148
6.21	Vecteurs propres normalisés	149
6.22	Sommes pondérées des alternatives	150
6.23	Tableau préliminaire au calcul de la consistance	151

6.24	Random Index	151
6.25	Scores des alternatives en fonction des critères	153
6.26	Détermination des gains et/ou pertes	158
6.27	Apports moyens générés par les expériences passées	159
6.28	Gains à partir de moyennes empiriques	159
6.29	Les niveaux d'influence dans le logiciel de recommandation	160
6.30	Niveaux d'influence des utilisateurs	161
6.31	Apports par utilisateur, corrigés des influences et des préférences	161
6.32	Gains à partir des performances réelles et des pondérations	162
7.1	Évaluation des critères - User 3	171
7.2	Évaluation des critères - User 2	172
7.3	Évaluation des critères - User 5	172
7.4	Évaluation des critères - User 1	172
7.5	Évaluation des critères - User 4	173
7.6	Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des critères	174
7.7	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 3	175
7.8	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 3	175
7.9	Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 3	175
7.10	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 2	175
7.11	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 2	176
7.12	Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 2	176
7.13	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 5	176
7.14	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 5	177
7.15	Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 5	177
7.16	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 1	177
7.17	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 1	178
7.18	Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 1	178
7.19	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 4	178
7.20	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 4	179
7.21	Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 4	179
7.22	Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des alternatives	179
7.23	Matrice des performances commerciales par alternative	180
7.24	Niveaux d'influence des utilisateurs dans l'entreprise	181
7.25	Scores par alternative et par collaborateur	182
7.26	Moyennes pondérées des scores	183
7.27	Matrice de l'incidence pondérée des jugements	184

7.28	Matrice des paiements - User 1/User 3	185
7.29	Matrice des paiements - User 3/User 5	186
7.30	Liste des recommandations du système - Phase 1	187
7.31	Actualisation de l'évaluation des critères - User 2	188
7.32	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 2	189
7.33	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 2	189
7.34	Actualisation de l'évaluation des critères - User 4	190
7.35	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 4	190
7.36	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 4	191
7.37	Actualisation de l'évaluation des critères - User 5	191
7.38	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 5	192
7.39	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 5	192
7.40	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 5	193
7.41	Évaluation des critères - User 6	194
7.42	Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 6	194
7.43	Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 6	194
7.44	Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 6	194
7.45	Récapitulatif de l'évolution du poids des critères	195
7.46	Niveaux d'influence des utilisateurs dans l'entreprise	196
7.47	Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des critères - Phase 2	196
7.48	Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des alternatives - Phase 2	197
7.49	Matrice des scores par alternative et par collaborateur - Phase 2	197
7.50	Matrice des moyennes pondérées des scores - Phase 2	198
7.51	Matrice des performances commerciales par alternative - Phase 2	199
7.52	Matrice de l'incidence pondérée des jugements - Phase 2	199
7.53	Matrice des paiements - User 1/User 3	200
7.54	Matrice des paiements - User 2/User 5	201
7.55	Matrice des paiements - User 5/User 6	202
7.56	Liste des recommandations du système - Phase 2	203
7.57	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 2	204
7.58	Actualisation de l'évaluation des critères - User 4	204
7.59	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 4	204
7.60	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 4	205
7.61	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 4	205
7.62	Actualisation de l'évaluation des critères - User 5	206
7.63	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 6	207

7.64	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 6207	
7.65	Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 6208	
7.66	Actualisation de l'évaluation des critères - User 3	208
7.67	Récapitulatif de l'évolution du poids des critères	209
7.68	Matrice des performances commerciales par alternative - Phase 3	209
7.69	Matrice de l'incidence pondérée des jugements - Phase 3	210
7.70	Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des critères - Phase 3	211
7.71	Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des alternatives - Phase 3	211
7.72	Matrice des scores par alternative et par collaborateur - Phase 3	212
7.73	Matrice des moyennes pondérées des scores - Phase 3	213
7.74	Matrice des paiements - User 2/User 5	214
7.75	Matrice des paiements - User 3/User 5	214
7.76	Matrice des paiements - User 5/User 6	215
7.77	Liste des recommandations du système - Phase 3	216
7.78	Récapitulatif des scores par alternative et par collaborateur avant application du modèle d'agrégation	217
7.79	Récapitulatif des recommandations par phase et par utilisateur, après agrégation par la théorie des jeux	217
8.1	CA HT du 03/10 au 10/02 (par année) Cortex-Informatique et Ai-Soft	223
8.2	Taux de satisfaction client par alternative	230
8.3	Variation de la satisfaction client par alternative	231

Liste des figures

1.1	Architecture monolithique pour un ERP	16
1.2	Architecture Client-Serveur pour un ERP	18
1.3	Architecture en nuage pour un ERP	19
1.4	Croissance du marché du SaaS en France	20
2.1	Problématique du choix	60
2.2	Problématique du tri	61
2.3	Problématique du rangement	61
3.1	Les systèmes de recommandation basés sur les contenus	79
3.2	Systèmes de recommandation basés sur les utilisateurs	80
3.3	Les systèmes de recommandation basés sur les utilisateurs-contenus (hybride)	82
4.1	Logo de Ai-Soft	96
4.2	Salle de développement	96
5.1	Tableau de bord	106
5.2	Liste des fonctionnalités	107
6.1	Interface d'accueil	114
6.2	Liste des utilisateurs	116
6.3	Configuration d'un critère	117
6.4	Configuration d'une alternative	119
6.5	Liaisons aux bases de données	121
6.6	Évaluation des critères entre eux	122
6.7	Évaluation des alternatives entre elles	124
6.8	Recommandation faite par le logiciel	127
6.9	Schéma relationnel de la base de données	128

6.10	Extrait de base de données de l'hôte	129
6.11	Articulation entre GTiA et Cortex-Gestion	130
6.12	Utilisateur unique sans agrégation	155
6.13	Multi-utilisateur sans correspondance	155
6.14	Multi-utilisateur avec correspondance	156
7.1	Insertion de GTiA dans l'ERP	169
7.2	Formation à GTiA	170
8.1	Défaillances d'entreprises du numérique en Occitanie - INSEE - 2023	226
8.2	Courbes comparatives des reculs du CA HT du 03/10 au 10/02 (par année) diminué du projet d'application mobile	227
8.3	Enquête de satisfaction en ligne	230

Introduction Générale

La notion de décision, qu'elle soit individuelle ou collective, est sensible pour l'entreprise en raison des conséquences qui en découlent. Il est tellement difficile d'anticiper de façon précise l'incertitude de ses conséquences que l'option la plus sage aux yeux du décideur se révèle parfois être le statu quo, et le report à une date ultérieure. Ainsi, il arrive qu'une décision ne soit pas prise, dans le but d'éviter d'en prendre une mauvaise. Dans toute prise de décision, le temps est alors le facteur clé, or cette ressource est ordinairement limitée.

La gestion du temps en milieu professionnel revêt une importance cruciale, façonnant la productivité individuelle et collective ainsi que la réussite globale de l'entreprise. Les enjeux de cette pratique sont multiples, allant de l'optimisation des ressources à la réduction du stress des employés. Un bon management du temps permet d'allouer efficacement les tâches en fonction de leur priorité, d'éviter la procrastination et d'assurer une utilisation judicieuse des compétences de chaque collaborateur. Cependant, cette discipline n'est pas exempte de défis. Les interruptions fréquentes, les délais serrés, et la surcharge informationnelle sont autant d'obstacles qui peuvent compromettre la gestion efficace du temps. Les besoins divergents des différents départements et la nécessité de jongler entre divers projets peuvent également rendre complexe la planification optimale des activités. Les avancées technologiques, bien qu'offrant des outils de gestion du temps, peuvent également introduire des distractions. Le temps peut être géré de façon individuelle, par le collaborateur lui-même, de façon collective, par le manager, ou bien de façon automatisée, par un logiciel. La recherche de l'optimalité dans ce domaine serait ambitieuse, néanmoins, une aide avertie pourrait être appréciable.

Avant que l'informatique ne propose des outils capables de produire des statistiques en temps réel, le décideur et l'ensemble des intervenants dans le processus de décision devaient réfléchir à l'étendue des arbitrages possibles, en mesurer les conséquences, et examiner de manière critique chacune d'entre elles pour avoir une chance de faire un choix opportun. Aujourd'hui, les logiciels de gestion d'entreprise éliminent la plupart des tâches fastidieuses liées à l'établissement des calculs servant à mesurer les conséquences d'une variation quelconque dans

un secteur donné. Grâce aux logiciels d'aide à la décision, on peut obtenir un état de la situation actuelle en temps réel, et parfois même une anticipation de la situation future, donc un prévisionnel, mais malgré cette avancée significative, prendre une décision reste complexe. Les logiciels ERP (Enterprise Resource Planning), en fournissant des statistiques instantanées, jouent un rôle clé dans la gestion des entreprises. En intégrant des données de divers départements, ils offrent une vision globale facilitant l'analyse des performances et la prise de décision. Cependant, malgré ces avancées, la complexité persiste dans le processus décisionnel. Les ERP présentent des tableaux de bord pour une vue synthétique, mais l'efficacité dépend de la capacité des gestionnaires à interpréter les indicateurs. La surabondance de données peut rendre la sélection des informations cruciales délicate. Ainsi, la prise de décision demeure un défi qui nécessite une analyse approfondie, une expertise métier et une contextualisation des données. Les ERP sont des outils puissants, mais leur efficacité dépend de la compétence des décideurs à transformer l'information en actions stratégiques.

Le volume des informations est parfois si grand qu'il en devient pernicieux. En réponse à cela, la data science occupe un rôle fondamental dans le processus de décision en utilisant des techniques scientifiques avancées. L'analyse statistique, par exemple, permet d'identifier des modèles significatifs dans les données, fournissant ainsi une base objective pour la prise de décision. Les méthodes de modélisation prédictive, telles que la régression et les arbres de décision, utilisent des algorithmes pour anticiper les tendances futures. L'apprentissage automatique, une branche clé de la data science, exploite des algorithmes complexes, y compris les réseaux neuronaux, pour déduire des informations à partir des données sans programmation explicite. L'analyse exploratoire des données, s'appuyant sur des concepts statistiques, révèle des relations cachées et des corrélations cruciales. En combinant ces techniques, la data science transforme les données en insights exploitables, fournissant ainsi une base solide pour des décisions informées et stratégiques. Cependant, la data science peut être limitée par des biais dans les données, introduisant des préjugés potentiels, et parfois elle peut ne pas saisir pleinement la complexité humaine et contextuelle des décisions.

Afin de statuer, le décideur doit synthétiser les informations dont il dispose pour en extraire ce qu'il considère comme primordial. Afin de solutionner ce problème d'arbitrage, l'aide à la décision assiste le décideur. Selon Alexis Tsoukias [1], l'aide à la décision peut être définie comme un processus interactif impliquant des méthodes et des outils permettant aux décideurs de structurer leur réflexion, de formaliser leurs préférences, et d'explorer les conséquences de différentes options, en vue de prendre des décisions éclairées et rationnelles. L'aide à la décision s'érige comme un domaine riche et varié, incorporant une panoplie de méthodes pour soutenir efficacement le processus décisionnel. Les DSS (Decision Support Systems), jouent un rôle crucial en fournissant des informations analytiques, souvent en temps réel,

pour éclairer les choix des décideurs. De plus, la théorie des jeux s’immisce dans les interactions stratégiques entre parties prenantes, identifiant les meilleures stratégies possibles dans des scénarios complexes. La simulation, quant à elle, déploie des modèles informatiques pour anticiper le comportement de systèmes réels, permettant d’explorer divers scénarios avant de prendre des décisions cruciales. L’optimisation mathématique intervient pour trouver des solutions optimales dans des conditions spécifiques, fournissant ainsi des recommandations quant à l’allocation optimale des ressources. Pour ce faire, des critères de choix doivent être définis. Ainsi, une alternative sera mise en évidence et constituera une solution satisfaisante au regard des critères pré-établis.

Cette diversité d’approches forme un écosystème complet d’aides à la décision, s’adaptant à la complexité et à la diversité des défis rencontrés par les décideurs. En combinant ces méthodes, les organisations peuvent élaborer des stratégies plus robustes et faciliter la prise de décision. En allant plus loin, la combinaison de l’aide à la décision et de l’ERP crée une plateforme qui optimise la gestion des informations, renforce la qualité des analyses, et permet aux organisations de prendre des décisions stratégiques plus informées et plus efficaces. Elle offre une approche intégrée, tirant parti des forces de chaque domaine pour améliorer la résilience et l’agilité décisionnelles.

Le temps est une denrée si précieuse, qu’en économiser constitue une priorité pour tous. En éliminant la charge de travail liée à l’étude et à l’interprétation des données chiffrées de l’entreprise pour en extraire les objectifs à court, moyen et long terme, l’utilisateur de l’ERP économiserait un temps précieux qu’il préférerait allouer à des tâches dont il est le spécialiste, qu’il affectionne, et pour lesquelles il a un rendement bien supérieur.

Dans cette étude, nous allons expliquer l’intérêt que l’on pourrait avoir à appliquer la puissance de l’aide à la décision multicritère à l’utilisation d’un ERP de gestion d’entreprise par l’intermédiaire d’un logiciel de recommandation basé sur un modèle de recommandation multi-acteur nommé GTiA. Mis en oeuvre sur l’ERP Cortex-Gestion, GTiA a été conçu pour faciliter l’utilisation de l’ERP et guider les utilisateurs dans leur interaction avec le système en leur suggérant des actions pertinentes en fonction de leurs préférences.

Ce manuscrit est composé de huit chapitres distribués dans trois parties. L’état de l’art constitue la première partie, dans laquelle nous allons aborder les logiciels de gestion d’entreprise, l’aide à la décision, puis les systèmes et les modèles de recommandation. La deuxième partie traite de la gestion du temps dans une TPE. Nous y aborderons le contexte de mise en oeuvre, avec la présentation de l’ERP hôte et du logiciel de recommandation. La troisième partie traite de l’étude expérimentale et de son bilan.

Première partie

ÉTAT DE L'ART

1

Les logiciels de gestion d'entreprise

1.1	Introduction	6
1.2	Types de logiciels	7
1.2.1	Introduction	7
1.2.2	Les logiciels standards	8
1.2.3	Les ERP	13
1.2.4	Conclusion	28
1.3	Intégration des ERP dans l'organisation	29
1.3.1	Introduction : les problèmes liés à l'intégration des ERP dans l'organisation	29
1.3.2	Les données de l'entreprise	31
1.3.3	Les utilisateurs	36
1.3.4	Conclusion	43
1.4	La gestion du temps	44
1.4.1	Introduction	44
1.4.2	Définition et principes	45
1.4.3	La gestion humaine du temps en entreprise	45
1.4.4	La gestion logicielle du temps en entreprise	52
1.4.5	Conclusion	55

1.1 Introduction

Une entreprise est une entité très particulière, à tel point que dans certaines conditions, elle peut être qualifiée de personne morale, disposant ainsi d'une personnalité juridique. Cette

personne morale n'est autre que le regroupement de personnes physiques qui se sont réunies pour atteindre un objectif commun, ou plus simplement, pour accomplir quelque chose [2]. Comme une entreprise est une personne, elle est titulaire de droits, au même titre que tout citoyen, et d'obligations en lieu et place des personnes qui l'ont créée. L'une de ses principales obligations est de réaliser du profit [3], c'est-à-dire dégager un certain niveau de rentabilité, en mobilisant et consommant des ressources, pour produire des biens ou fournir des services destinés à ses clients.

Pour accomplir sa mission, l'entreprise met en place des règles internes, des stratégies, des méthodes de travail, et demande à ses employés de les respecter. De façon analogue à un individu, on parle d'identité, de comportement, de responsabilité et de culture pour une entreprise. Ainsi, soumise aux lois Darwiniennes, elle doit se démarquer dans un environnement plus ou moins concurrentiel [4], afin de continuer d'exister.

Pour l'aider dans sa tâche, elle a recours à l'informatique. En effet, le traitement de l'information est complexe, et la communication entre les multiples secteurs de la firme nécessite un système centralisé et structuré pour plus d'efficacité. Néanmoins le choix de logiciels de gestion d'entreprise capables d'assurer cet ouvrage est vaste, et tous ne sont pas compatibles avec les méthodes de travail observées dans l'entreprise concernée.

Le but d'un système informatique est de faciliter la gestion des activités de l'entreprise [5], en intégrant différents processus opérationnels et fonctionnels tels que la gestion des finances, des ressources humaines, de la production, des ventes et des achats. Les logiciels de gestion d'entreprise permettent également de centraliser les données [6], de simplifier la prise de décision et d'améliorer l'efficacité globale de l'organisation [7].

Nous allons préciser la nature de ces logiciels et détailler les difficultés auxquelles doivent faire face les décideurs pour déterminer quel outil sera le plus adapté pour gérer les activités de leur entreprise.

1.2 Types de logiciels

1.2.1 Introduction

La transition digitale des entreprises, initiée dans les années 1960 avec IBM, a révolutionné la gestion des entreprises telle qu'elle existait auparavant. L'utilisation de logiciels

a donné lieu à des résultats prodigieux comparativement au traitement manuel antérieur. En effet, la réduction considérable des délais de traitement et les économies significatives qui en ont découlé ont favorisé le développement de cet équipement même dans les petites entreprises. Ainsi, les logiciels de gestion et les ERP (Progiciels de Gestion Intégrés) sont devenus des incontournables. Nous allons présenter ces deux alternatives et préciser leur mode de fonctionnement pour comprendre leurs limites et les améliorations qui pourraient être apportées.

1.2.2 Les logiciels standards

1.2.2.1 Présentation

Un logiciel est un programme, conçu par un programmeur, dans un langage de programmation. L'Organisation internationale de normalisation, appelée brièvement ISO, a défini en 1981 le logiciel (software) comme une création intellectuelle rassemblant des programmes, des procédures, des règles et de la documentation utilisés pour faire fonctionner un système informatique [8]. Dans les années 1930, Alan Turing, sans en avoir réellement conscience, a fait naître la discipline de l'informatique, par ses travaux sur la logique [9]. Par la suite, dans les années 1940, John Von Neumann a inventé l'ordinateur [10]. Avant lui, programmer consistait à tourner des boutons et brancher des fiches sur un tableau. Depuis, c'est écrire du texte. C'est dans la décennie 1960 que les premiers logiciels de gestion ont fait leur apparition, grâce à l'invention des premiers langages de programmation évolués, tels que Fortran, Algol ou COBOL [11]. Il est important d'apprécier qu'initialement, les solutions apportées étaient très innovantes mais n'avaient pas pour ambition d'être ergonomiques, accessibles à tous ou encore plaisantes à utiliser. Il s'agissait d'outils prosaïques qui permettaient cependant d'économiser du temps, de supprimer les erreurs de calcul et de mesurer avec précision certains indicateurs de performance, notamment en comptabilité et en finance d'entreprise.

L'objectif des premiers programmeurs était donc de proposer une solution robuste, stable et relativement fonctionnelle [12]. S'il fallait une série d'ingénieurs et d'experts pour maintenir leur système et pouvoir l'utiliser dans de bonnes conditions, ce n'était qu'un détail. Pour rappel, un ordinateur à cette époque était une machine de la taille d'une salle de restaurant, et réservée exclusivement à des entreprises de très grande taille, telles que des banques ou des compagnies assurances, ou des administrations.

Ce n'est qu'avec l'apparition de la micro-informatique, autrement dit de l'ordinateur personnel, que les programmes ont eu vocation à devenir plus simples d'utilisation. La fin des

années 1970 et le début des années 1980 ont vu se succéder des machines de plus en plus compactes et performantes [13] [14], au rythme des progrès réalisés par les fabricants de processeurs, principalement INTEL, rendus possibles par la miniaturisation du composant électronique essentiel à leur fonctionnement : le transistor. A titre informatif, en 1951, un transistor mesurait 10mm de large. Aujourd'hui, on fait tenir plus de 100000 transistors dans la largeur d'un cheveu. Les micro-ordinateurs ont favorisé l'apparition de logiciels avec des contraintes supplémentaires. Tout d'abord, ils devaient être simples d'utilisation. Il était d'ailleurs courant d'entendre à cette époque des slogans commerciaux qui proclamaient que l'utilisation de leur produit était aussi élémentaire que celle d'un grille-pain. Les fonctionnalités réalisaient des opérations simples, mais les manipulations l'étaient aussi. Ensuite, ils devaient être abordables financièrement pour des entreprises de petite taille. Enfin, ils devaient nécessiter peu de ressources matérielles.

Les décennies suivantes, tous ces logiciels ont intégré des fonctionnalités plus complètes, permettant d'exécuter davantage de tâches, et d'atteindre des objectifs sans cesse actualisés. Ces logiciels visent à articuler plusieurs traitements qui s'enchaînent le long des processus de gestion, et qui permettent d'associer plusieurs fonctions d'une organisation, créant ainsi un réseau d'informations sur lequel travaillent tous les acteurs, et de relier l'amont, le centre et l'aval du processus, au sein et à l'extérieur de l'organisation [15]. Aujourd'hui, ces logiciels sont très complets et répondent à la plupart des besoins des entreprises, pourtant ils ne conviennent pas à toutes. Ils ont évolué, cependant chaque entreprise a ses propres méthodes de travail, et chaque logiciel ne peut pas satisfaire toutes ces méthodes. Ceci constitue la limite fondamentale de tous les logiciels de gestion disponibles sur le marché actuel, et explique l'essor d'une autre forme de logiciel, l'ERP.

1.2.2.2 Architectures

1.2.2.2.1 Mono-utilisateur

Sous sa forme classique, le logiciel de gestion est disponible dans sa version la plus basique, proposée pour un utilisateur unique. Elle convient pour des entreprises de très petite taille de type TPE ou petite PME, dans lesquelles un seul collaborateur est en charge de toute la partie gestion de l'entreprise.

D'un point de vue opérationnel, le logiciel et la base de données associée sont installés sur le même poste de travail. Ainsi, il n'y a pas de possibilité d'accéder aux données de l'entreprise depuis un autre poste de travail. L'accès est restreint au poste disposant de la base de données localement installée.

1.2.2.2 Multi-utilisateur

Dans une forme plus élaborée, le même logiciel est proposé en version multi-utilisateur. Cela signifie que le logiciel est installé sur les postes de travail des utilisateurs d'une part, et que la base de données associée est installée sur un serveur d'autre part. Cette architecture est appelée Client/Serveur [16].

Tous les postes clients doivent être paramétrés pour accéder à la base de données centralisée sur le serveur afin de pouvoir travailler de façon synchrone sur le logiciel [17]. Cela implique la mise en place d'un réseau informatique d'entreprise correctement configuré et d'une stratégie de sécurité d'accès aux données pour chaque machine disposant du logiciel.

1.2.2.3 Mise en oeuvre

Pour assurer son déploiement, un logiciel, quel qu'il soit, a besoin d'un hôte. Le logiciel de gestion doit donc être installé sur un système d'exploitation. Lorsqu'il est installé pour une utilisation locale, le logiciel ne nécessite rien d'autre que le système d'exploitation hôte et le système de gestion de base de données relationnelle (SGBDR) pour fonctionner.

L'installation est le plus souvent limitée à un fichier exécutable qu'il convient d'ouvrir avant de suivre une procédure totalement automatisée, pour aboutir au lancement du logiciel. S'en suivra la configuration du logiciel lui-même pour permettre une utilisation dans son format standard par le collaborateur en charge de la gestion de l'entreprise.

Dans le cas d'une installation Client/Serveur, des protocoles réseaux seront exploités par le logiciel pour communiquer avec la base de données. Il s'agit majoritairement du protocole TCP/IP [18] [19], largement utilisé dans les réseaux d'entreprise. En fonction de la nature du SGBDR, il peut être nécessaire que des ports soient ouverts afin de permettre aux clients réseaux d'accéder et d'interagir avec les données de la base de données. Ainsi, dès lors qu'un logiciel de gestion comporte plusieurs utilisateurs, l'intervention d'un technicien informatique est préférable, au regard de la complexité de mise en oeuvre de la solution logicielle et de sa configuration ultérieure.

Depuis une dizaine d'années, les solutions de logiciels de gestion Software as a Service (SaaS) occupent de plus en plus d'espace dans les offres proposées par les éditeurs de logiciels [20]. Ces formules sont basées sur la technologie Cloud, c'est-à-dire qu'elles sont accessibles par Internet uniquement.

Le déploiement est simplifié à son maximum puisqu'il se limite à l'utilisation du navigateur Internet, pour accéder au service hébergé et maintenu par l'éditeur.

1.2.2.4 Fonctionnalités

Si un logiciel doit se substituer à des dizaines d'années de fonctionnement au format historique, à savoir le papier, il ne doit pas se satisfaire de l'imiter, il doit le dépasser. Cela signifie que le gain de temps qu'une entreprise doit retirer de la mise en place d'un logiciel ne peut pas consister seulement dans le fait d'accéder plus rapidement à l'information préalablement saisie, mais dans des fonctionnalités supplémentaires. Autrement dit, il doit y avoir une réponse immédiate là où antérieurement il y avait des calculs préliminaires.

Chaque secteur de l'entreprise bénéficie d'un choix relativement large de logiciels qui traite de sa spécialité. Ainsi, le département des ventes a une offre conséquente de logiciels de gestion commerciale, les ressources humaines des logiciels de gestion du recrutement, le département logistique des logiciels de gestion de stock et de flotte, et ainsi de suite.

Les logiciels de gestion d'entreprise intègrent plusieurs de ces fonctionnalités et les rendent accessibles en fonction de privilèges attribués aux utilisateurs. Les fonctionnalités les plus répandues sont la gestion commerciale, la gestion des clients et des fournisseurs, la gestion de stock et la gestion des achats. En France, les logiciels de gestion d'entreprise les plus répandus sont EBP, SAGE, Microsoft Dynamics, Cegid, SAP et Oracle [21] [22].

1.2.2.5 Fonctionnement

Une fois installé, le logiciel est le plus fréquemment accessible après avoir validé l'étape de l'authentification de l'utilisateur. Cela permet au logiciel d'accorder à ce dernier des privilèges d'utilisation. Ainsi, certaines actions pourraient lui être refusées, par sécurité ou par choix de la part de son responsable ou de la direction.

Le fonctionnement des logiciels dépend ensuite de facteurs subjectifs, liés au choix de développement des éditeurs. Certains disposent d'une interface plus intuitive que d'autres, tandis que les performances sont sensiblement les mêmes si l'on compare des gammes équivalentes. L'utilisateur est généralement livré à lui-même quant aux actions qu'il entreprend. Il est donc responsable des données qu'il saisit et des tâches qu'il exécute.

1.2.2.6 Performance

1.2.2.6.1 Format traditionnel

Pour étudier la performance de ces logiciels, il est important d'observer la distinction entre les versions mono-utilisateur et multi-utilisateur [23].

La première n'exploite qu'une seule machine : celle de l'utilisateur concerné. Plus sa machine sera puissante, plus le logiciel possèdera de ressources matérielles pour fonctionner. Il y a une

corrélation directe entre ces deux éléments, même si c'est théoriquement la vitesse de lecture et d'écriture du disque dur mécanique ou celle du disque SSD (Solid-State Drive) qui aura l'impact le plus significatif sur la performance globale du logiciel. La puissance de calcul du processeur et les vitesses de transmission du Chipset (ensemble de circuits intégrés facilitant la communication entre les composants matériels, tels que le processeur et la mémoire) étant largement supérieures, elles pourraient difficilement être responsables de lenteurs, sauf dans l'hypothèse où le système d'exploitation serait défaillant, ou bien le cas classique d'autres processus qui puiseraient trop de ressources [24].

La seconde comporte beaucoup plus de paramètres. En effet, comme cela a été évoqué dans la partie qui traitait de la mise en œuvre, la version multi-utilisateur implique au moins deux machines, et possiblement un grand nombre. Dès lors, la mise en place d'un serveur est requise. Les performances du logiciel reposent ainsi sur la machine locale, le serveur, et le réseau intermédiaire [25]. Il est donc fondamental d'installer un serveur idéalement adapté au nombre d'utilisateurs qu'il dessert. De même, l'infrastructure réseau doit être convenablement dimensionnée. Enfin, chaque station de travail doit respecter les prérequis de l'éditeur. Si toutes ces conditions sont réunies, le bon fonctionnement est garanti dans la limite du nombre maximal d'utilisateurs indiqué par l'éditeur. En moyenne, les logiciels de gestion d'entreprise les plus répandus autorisent jusqu'à 30 utilisateurs.

1.2.2.6.2 Format SaaS (ou cloud)

L'utilisation d'un logiciel SaaS ne fait intervenir que le navigateur de l'utilisateur final. Le reste est entièrement à la charge de l'éditeur [26]. Ce sont donc les serveurs de l'éditeur qui réalisent la totalité des calculs et du stockage à la place du client. Pour avoir des performances optimales, le client doit disposer d'un système d'exploitation sain et d'un navigateur web à jour d'une part, et d'une connexion à Internet stable avec un débit ascendant et descendant adaptés d'autre part.

1.2.2.7 Forces et faiblesses

Les logiciels de gestion d'entreprise permettent à des TPE (Très Petites Entreprises) ou des petites PME (Petites et Moyennes Entreprises) de gérer leurs activités grâce à des outils robustes et performants. Les offres SaaS permettent à des entreprises d'accéder à un système de gestion de façon totalement externalisée, sans aucun investissement en infrastructure autre que la station de travail de l'utilisateur et sa connexion à Internet. Cependant un grand nombre d'inconvénients demeure.

D'une part, ces outils sont figés. Ainsi, l'entreprise n'a d'autre choix que de se plier à la vision

de l'éditeur. Elle doit donc abandonner ses méthodes de travail pour se conformer à celles du logiciel. Il y a donc une incapacité totale du logiciel à s'adapter aux besoins de l'entreprise. D'autre part, concernant les offres SaaS, les données de l'entreprise sont hébergées en externe [27]. Cela signifie que l'entreprise n'a pas la maîtrise sur la localisation exacte de ses données. En d'autres termes, une utilisation par un tiers d'informations possiblement confidentielles sur cette entreprise n'est pas à exclure.

Ensuite, ces logiciels comportent des limites en nombre d'utilisateurs. Les infrastructures matérielles ne sont pas responsables de cette lacune. Il s'agit souvent d'un choix commercial de l'éditeur.

Enfin, les fonctionnalités proposées sont rudimentaires. Elles ne conviennent qu'aux petites structures, dans des secteurs d'activité très conventionnels. Ainsi, une entreprise spécialisée dans un domaine d'expertise peu fréquent n'aura d'autre choix que de s'orienter vers un ERP.

1.2.3 Les ERP

1.2.3.1 Introduction

La plupart des entreprises utilise un logiciel pour gérer ses activités. Un logiciel de gestion standard peut parfaitement convenir à une entreprise qui n'a besoin que de fonctionnalités basiques telles que la gestion commerciale, la gestion de stock ou la gestion des clients. En revanche, lorsqu'elle souhaite gérer et suivre l'ensemble des informations et des services opérationnels qui la compose, elle utilise un ERP (Enterprise Resource Planning) [28]. Les objectifs de ce type d'outil [29] [30], qui s'inscrit dans la transition digitale des entreprises, sont multiples :

- Garantir la centralisation, la sécurisation et l'accès rapide aux informations.
- Automatiser les tâches répétitives et chronophages (chasse à la faible valeur ajoutée).
- Améliorer l'organisation entre les collaborateurs et la communication entre les services [31].
- Planifier les tâches et coordonner les intervenants.
- Uniformiser les IHM (Interfaces Homme Machine) [13].
- Analyser la performance et la rentabilité en temps réel.

- Disposer de toutes les informations utiles sur le personnel, les clients, les produits, les fournisseurs et les sous-traitants.

Par ailleurs, les ERP sont aussi utilisés pour la GTA (Gestion des Temps et des Activités). Dès lors qu'un individu organise son planning avec un calendrier électronique, un tableur, une plateforme de gestion de projet visuelle, ou un agenda en ligne, il utilise, peut-être sans savoir le nommer précisément, une GTA. Ainsi, les chefs de services, dont la mission est d'organiser l'activité et de garantir la productivité de leur département au moyen de la planification opérationnelle de leurs équipes, sont assistés par le logiciel qui leur permet de se décharger d'un certain nombre de contrôles et d'opérations de saisie pour se concentrer sur des opérations plus stratégiques. La GTA instaure un climat de confiance et de transparence en fiabilisant le suivi du temps de travail des collaborateurs, tant sur la consultation que sur l'organisation. En effet, l'exactitude des informations en entrée garantit un traitement infailible en sortie. L'enjeu majeur de la mise en place d'une GTA est un pilotage opérationnel optimal, à savoir de planifier la bonne personne, au bon moment, sur la bonne activité, en maîtrisant les coûts associés. Pour cela, il faut globaliser la gestion de la totalité des processus de l'entreprise, ce qui est le principe même de l'ERP. La combinaison de l'ERP et de la GTA offre à l'entreprise un confort et une sécurité dans son fonctionnement et lui permet de se développer dans un contexte adapté.

Malgré tout, la mise à disposition d'une telle quantité d'informations et de fonctionnalités pour piloter l'entreprise peut engendrer une difficulté d'assimilation par l'utilisateur. Même si celui-ci est formé pour utiliser l'outil dans le cadre de son travail, il peut se retrouver face à des prises de décision complexes tant la diversité des choix offerts est grande. C'est en cela que l'aide à la décision dans le cadre d'une GTA serait utile.

Bien que les GTA soient populaires, il n'existe pas de littérature scientifique qui traite précisément de ce sujet. Néanmoins, des entreprises spécialisées dans ce domaine ont émergé, offrant des outils recommandés aux gestionnaires et aux dirigeants.

La complexité de la combinaison entre ERP et GTA serait de concevoir un outil efficace et performant, à la fois sur le plan économique et sur le plan humain. L'hypocrisie consistant à qualifier un tel outil de révolutionnaire tandis qu'il ne servirait que l'objectif de rentabilité de l'organisation devrait être écartée dès l'aube de l'étude, afin de ne pas compromettre sa légitimité. Ainsi, bien qu'il soit toujours possible de faire une utilisation malveillante d'une idée initialement bienveillante, la conception du modèle viserait à servir les intérêts de toutes les composantes de l'entreprise, y compris ceux des collaborateurs dont le grade est le plus faible. La lumière sera faite sur cette problématique dans le chapitre consacré au modèle.

1.2.3.2 Présentation

L'ERP est communément traduit par PGI ou Progiciel de Gestion intégré en français. L'origine de l'ERP remonte aux années 1960 lorsque l'ingénieur américain Joseph Orlicky a introduit le concept de la MRP (Manufacturing Resource Planning), une méthode initialement conçue pour évaluer le nombre de composants requis dans le cadre d'un programme de fabrication chez Toyota. Cette approche, initialement centrée sur la fabrication, s'est progressivement étendue à l'ensemble des fonctions de l'entreprise. Le terme "ERP" a été introduit en 1990, par le Gartner Group, un cabinet de conseil en technologie, intégrant ainsi la notion d'entreprise dans cette évolution [32].

L'ERP est bien un logiciel de gestion d'entreprise mais sous une forme totalement différente par rapport à la version traditionnelle antérieurement exposée. L'approche d'un ERP réside dans l'interopérabilité inter-services, et dans un système d'informations rationalisé, secteur dans lequel la recherche a été très abondante dans les dernières décennies [33]. En d'autres termes, il met en relation tous les services de l'entreprise, à travers la même base de données. Les informations sont donc accessibles en temps réel depuis n'importe quel endroit, dès lors que l'on dispose d'un privilège d'accès suffisant. Le fait d'être accessible signifie que l'on peut insérer, consulter, modifier ou supprimer toute information utile, sans avoir à se préoccuper de son emplacement initial ou du département concerné. Il n'y a pas de redondance d'information, mais unicité. Si préalablement il y avait un logiciel par service, avec l'ERP, il n'y en a plus qu'un seul. Cette différence est significative quelle que soit la taille de l'entreprise, puisque ce n'est pas la dimension de la firme qui détermine ses besoins en fonctionnalités, c'est la diversité de ses activités [34].

S'il existait une recette pour réussir un logiciel de gestion d'entreprise, il y aurait deux ingrédients : les hommes de métiers, et les informaticiens. Lorsque l'on a l'ambition de structurer l'entreprise pour en faire un lieu efficace et stéréotypé, on s'affranchit de sa personnalité, de sa singularité. Comme évoqué en introduction de ce chapitre, rappelons qu'une entreprise est une personne morale, avec son système de valeurs, ses habitudes, ses méthodes de travail. Or, un concepteur de logiciel impose sa vision en programmant un outil tel qu'il conçoit la réponse idéale à la problématique initiale, avec sa propre logique et son propre raisonnement. Cependant, sa trajectoire intellectuelle, aussi talentueuse soit-elle, pourrait difficilement prétendre faire l'unanimité. Ce paradoxe de la pluralité des méthodes de résolution face à un même problème est solutionné avec l'ERP grâce à un phénomène nouveau : le développement sur mesure. L'approche organisationnelle et l'approche informationnelle se retrouvent enfin en symbiose au service d'une réalité opérationnelle qui n'attend que cela.

1.2.3.3 Architectures

Il existe plusieurs architectures d'ERP de gestion d'entreprises, mais les plus courantes sont les suivantes :

- Architecture monolithique : toutes les fonctionnalités de l'ERP sont regroupées dans une seule application, qui est généralement installée sur un serveur unique [35] ou une machine locale de type station de travail. Cette configuration signifie que les bases de données associées à l'application sont également stockées localement sur la machine. Dans ce type d'architecture, les ressources matérielles de la machine hôte sont sollicitées pour la totalité du processus d'utilisation du programme. Il est ainsi recommandé de disposer d'une configuration matérielle adaptée à cet usage, et d'un système de sauvegarde efficace puisqu'en cas de dysfonctionnement ou de panne, l'ERP ne serait plus accessible ni depuis la machine locale, ni depuis une machine tierce.

Machine Locale

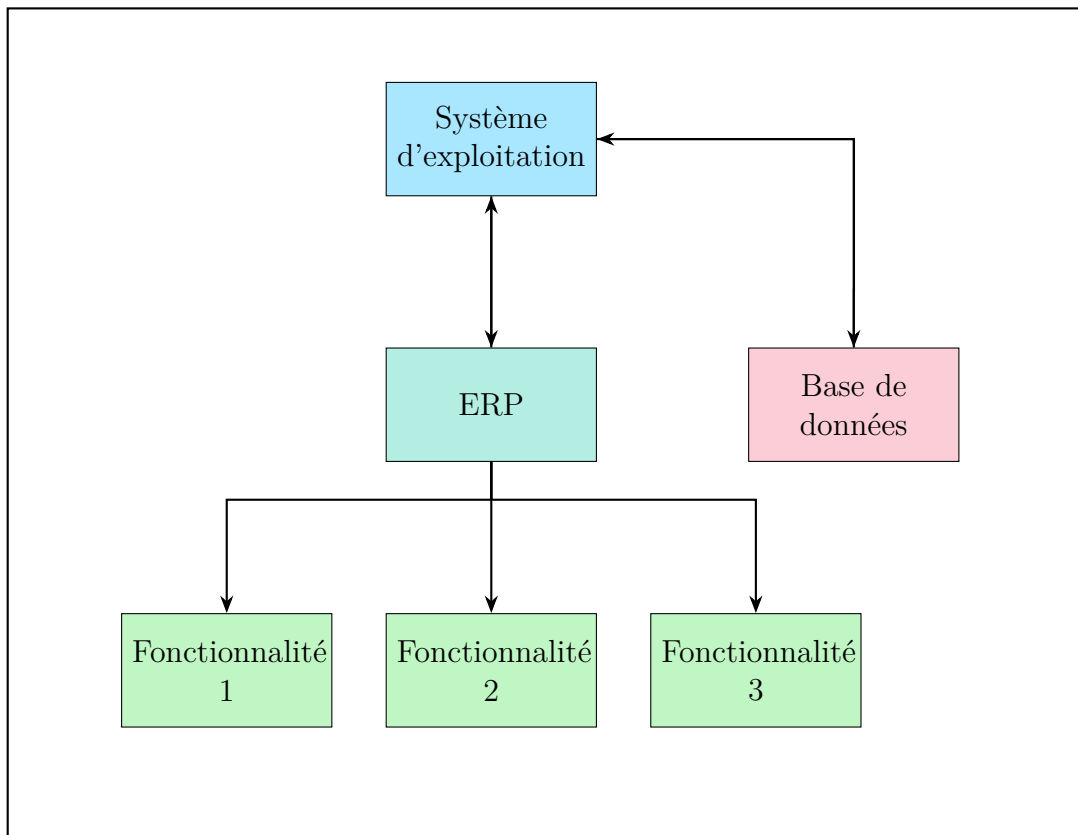


FIGURE 1.1 – Architecture monolithique pour un ERP

- Architecture client-serveur : l'application est divisée en deux parties distinctes, une partie client qui est installée sur les ordinateurs des utilisateurs et une partie serveur qui est installée sur un ou plusieurs serveurs [36]. Ce type d'architecture implique la mise à disposition d'une infrastructure réseau servant à relier les postes clients au(x) serveur(s). Les bases de données sont stockées et accessibles sur le(s) serveur(s). Les postes clients ne contiennent qu'une version client de l'ERP, qui se limite parfois à un fichier exécutable provenant d'un partage réseau ciblant le serveur hébergeant l'application. L'ouverture du programme sur le poste client utilise alors les ressources matérielles du serveur pour partie, libérant ainsi des performances sur la machine ayant initialisé la requête.

- Architecture en nuage (ou cloud) : l'application est hébergée sur des serveurs distants, accessibles via Internet, offrant une flexibilité de gestion des ressources matérielles. Les avantages incluent l'ajustement dynamique des capacités de calcul et de stockage, optimisant l'utilisation des ressources tout en évitant les coûts fixes liés à l'infrastructure physique. Cependant, cette adaptabilité peut engendrer des coûts variables et une dépendance à la disponibilité des services cloud. En termes de sécurité, le stockage distant peut présenter des risques, mais les fournisseurs de services cloud proposent des solutions pour garantir ces risques. L'approche cloud reste prisée pour sa scalabilité et sa facilité d'accès [37].

- Architecture hybride : une combinaison de deux ou plusieurs des architectures ci-dessus. Elle conjugue l'avantage de l'architecture monolithique qui est facile à utiliser, avec la flexibilité de l'architecture client-serveur, et l'avantage d'une architecture cloud qui est accessible à distance et flexible. L'utilisation de l'architecture monolithique dans une architecture hybride peut sembler contre-intuitive à première vue, mais l'inclusion d'éléments monolithiques dans une architecture hybride ne signifie pas nécessairement que tout l'ERP doit être monolithique. C'est plutôt une approche de segmentation où des éléments spécifiques sont conçus de manière monolithique pour des raisons particulières, tandis que d'autres parties exploitent d'autres modèles architecturaux pour répondre à d'autres besoins. Ainsi, une fonctionnalité peut être monolithique afin d'en figer l'utilisation et d'en simplifier la maintenance, et les autres fonctionnalités en client-serveur par exemple, pour bénéficier d'une centralisation des données et d'un accès distribué.

Il est difficile de dire quelle est l'architecture d'ERP la plus utilisée car cela dépend de

Réseau local

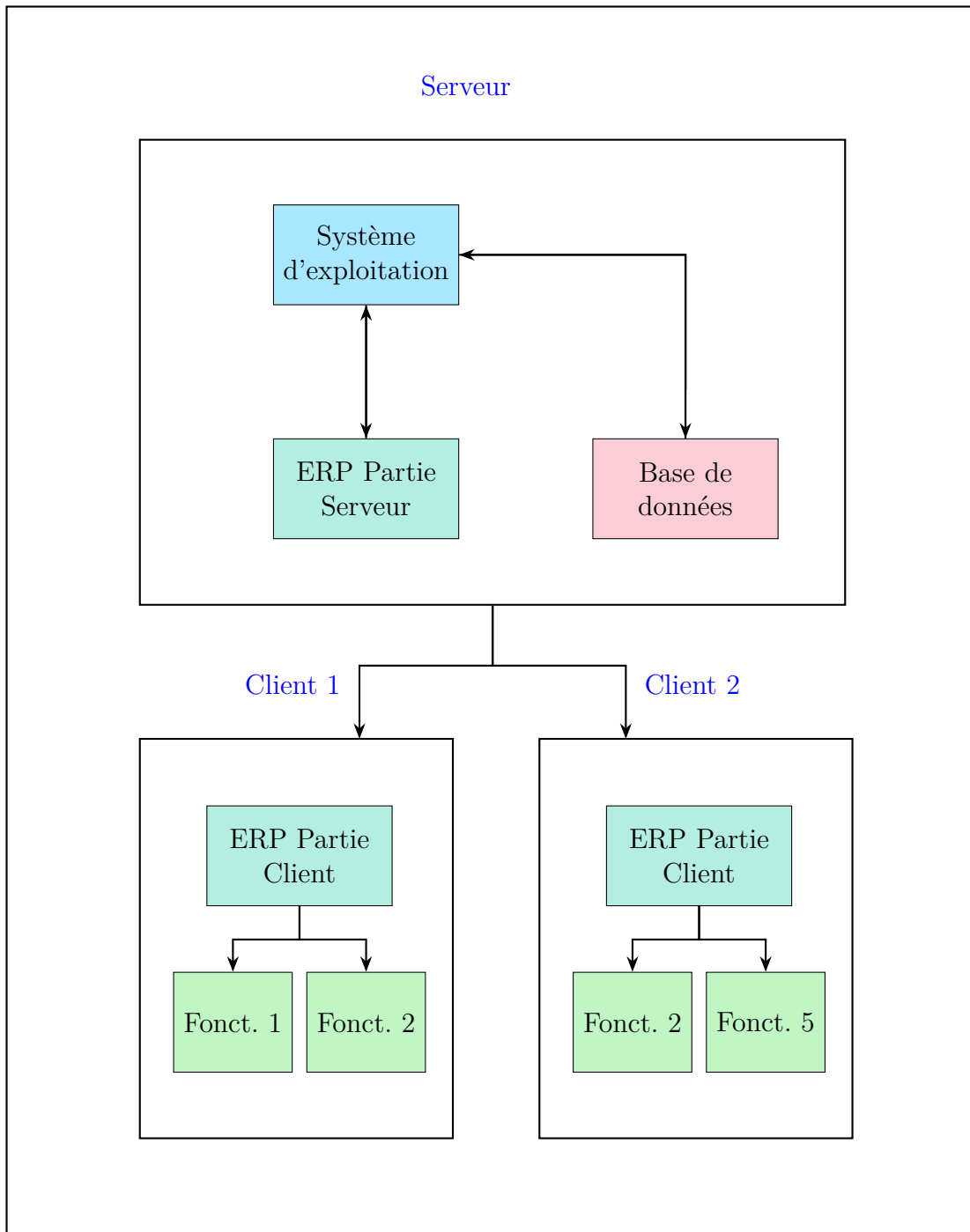


FIGURE 1.2 – Architecture Client-Serveur pour un ERP

nombreux facteurs tels que la taille de l'entreprise, les exigences en matière de sécurité et les préférences en matière de déploiement.

Internet

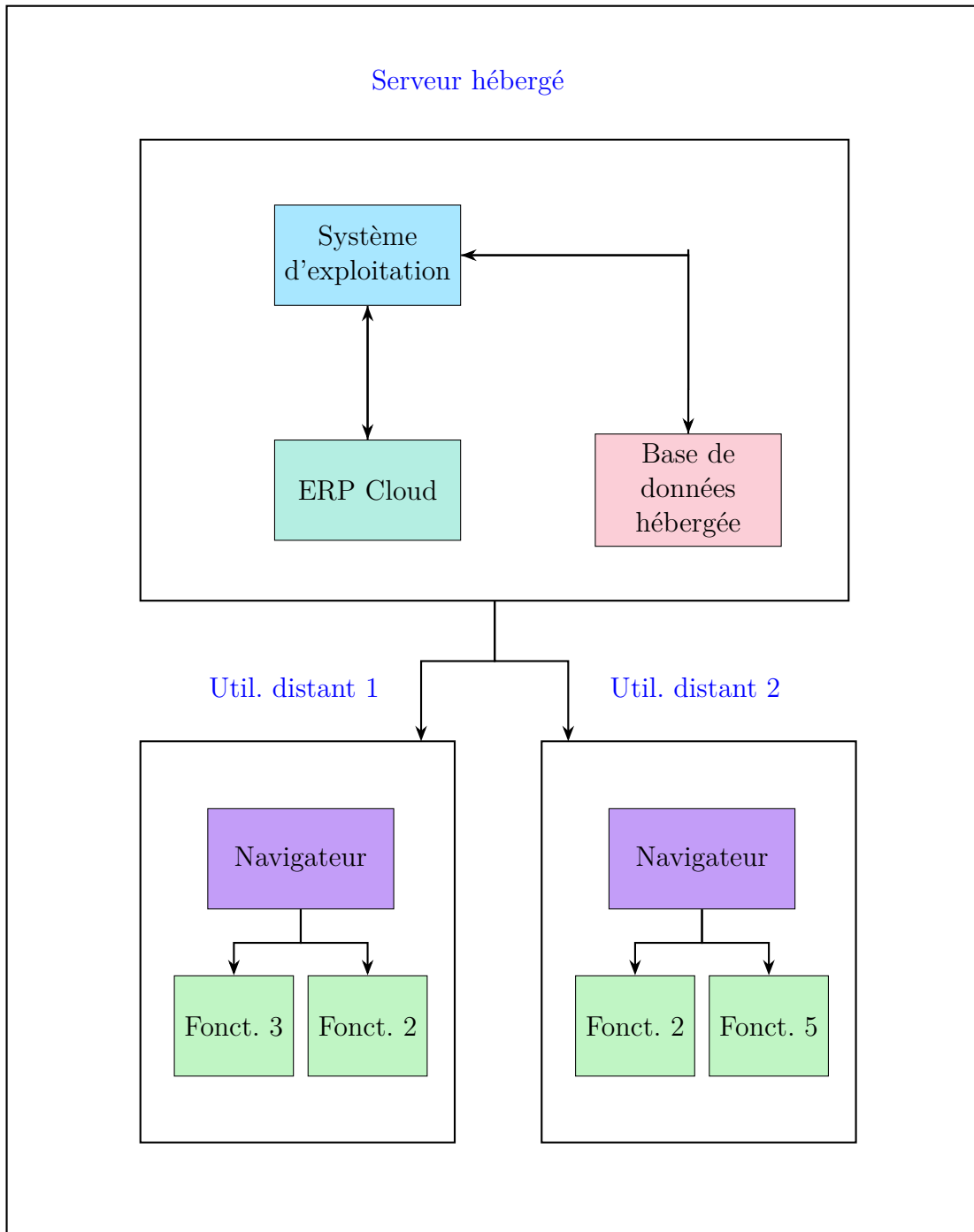


FIGURE 1.3 – Architecture en nuage pour un ERP

Cependant, ces dernières années, l'architecture en nuage (Cloud) est devenue très populaire en raison de ses avantages tels que la flexibilité, la scalabilité et la réduction des coûts d'infrastructure [38]. Elle permet aux entreprises de payer uniquement pour les ressources

qu'elles utilisent, plutôt que de devoir investir dans des serveurs et du personnel pour gérer l'infrastructure. De plus, les ERP en Cloud sont généralement plus faciles à mettre à jour et à entretenir, ce qui permet aux entreprises de disposer des dernières fonctionnalités sans avoir à effectuer des mises à niveau coûteuses [39].

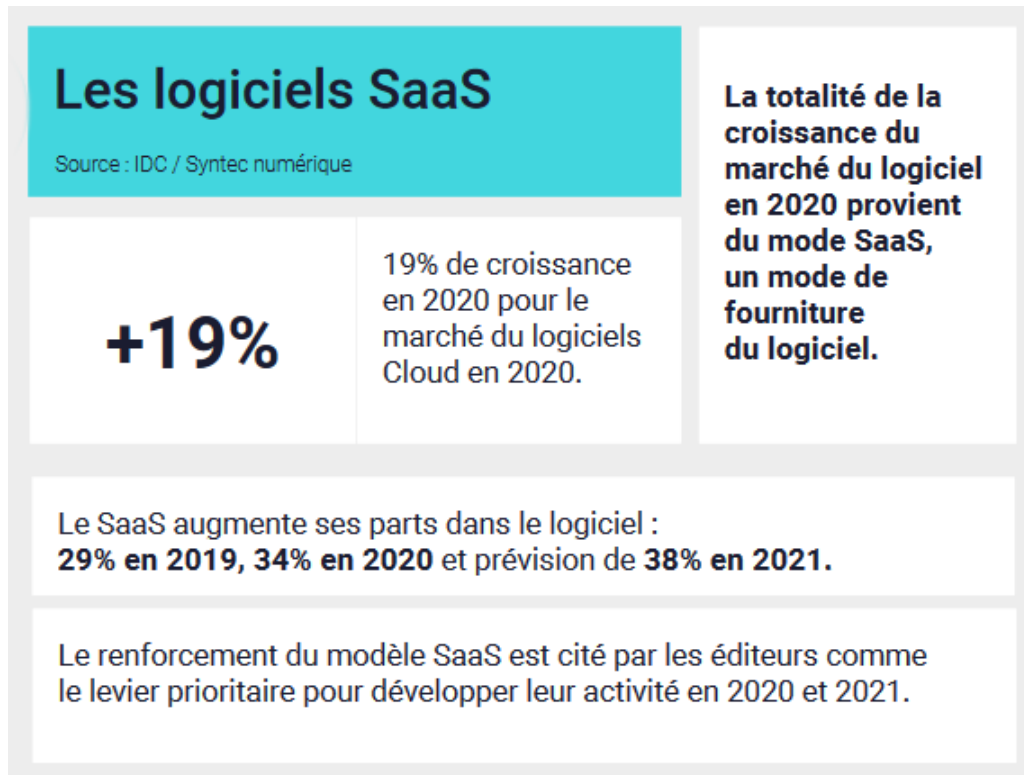


FIGURE 1.4 – Croissance du marché du SaaS en France

Les statistiques affichées font état d'une progression rapide, et il est probable que cette architecture continue à se développer dans les années à venir.

1.2.3.4 Mise en oeuvre

Les étapes pour mettre en place une architecture monolithique ou client-serveur pour un système ERP sont sensiblement les mêmes. Il y a cependant des dissimilitudes dans la configuration et le développement puisque l'infrastructure et les pré-requis sont différents. En tout état de cause, et quelles que soient la solution et l'architecture choisies, les phases suivantes décrivent la marche à suivre [40] [41] [42] :

- Étude de faisabilité : déterminer les besoins en matière de fonctionnalités de l'entreprise, et évaluer si une architecture monolithique ou client-serveur convient à ces

besoins.

- Choix du logiciel : choisir un logiciel ERP qui répond aux besoins en matière de fonctionnalités, et qui est compatible avec les systèmes d'exploitation et les matériels utilisés par l'entreprise.
- Configuration et personnalisation : configurer le logiciel en fonction des besoins de l'entreprise, et personnaliser les différents modules en fonction des besoins spécifiques. Dans le cas d'une architecture client-serveur, il sera nécessaire de configurer le serveur qui va héberger le système ERP et de vérifier que toutes les spécifications de l'entreprise sont bien respectées : puissance de calcul, espace de stockage, sécurité, etc.
- Mise en place des données : importer les données existantes de l'entreprise dans le nouveau système, et effectuer les tests nécessaires pour s'assurer que les données sont correctement importées.
- Formation des utilisateurs : former les utilisateurs sur l'utilisation du nouveau système, et les assister pendant la période de transition.
- Déploiement : installer le logiciel sur les ordinateurs des utilisateurs, et vérifier que tout fonctionne correctement avant de mettre le système en production.
- Maintenance et mise à jour : planifier la maintenance régulière du système, et mettre à jour le logiciel en fonction des besoins de l'entreprise.

Concernant les architectures en nuage (cloud), les phases diffèrent principalement au niveau du choix du logiciel et de la configuration. En effet, il n'y a possiblement pas d'installation ni de configuration en tant que tel sur la machine locale servant à l'exploitation puisque tout est hébergé en externe. La machine locale accède le plus souvent à un service par l'intermédiaire d'un navigateur web. Ainsi, la procédure diffère en ces points :

- Choix du fournisseur : choisir un fournisseur de services cloud qui réponde aux besoins en matière de fonctionnalités, de sécurité, de conformité et de coûts.
- Configuration du compte : configurer un compte chez le fournisseur de services cloud, et créer un environnement de déploiement pour le système ERP.

Ces choix dépendent de la taille de l'entreprise, de la complexité de ses processus et de la robustesse de l'ERP choisi. Comme pour les architectures traditionnelles, il n'existe aucune méthode qui garantisse un choix parfaitement optimal. Le décideur est ainsi livré à lui-même pour procéder au choix le plus adapté.

1.2.3.5 Fonctionnalités

Comme cela a été évoqué pour les logiciels de gestion d'entreprises classiques, les ERP de gestion d'entreprise sont aussi des logiciels qui permettent aux entreprises de gérer leurs processus opérationnels et leurs ressources et participent à l'amélioration de leur rendement [43]. Les fonctionnalités varient en fonction des différents systèmes, mais voici les principales fonctionnalités que l'on peut généralement trouver dans les ERP [44] [45] :

- Gestion de la comptabilité et de la finance : comprenant la gestion des comptes clients et fournisseurs, la gestion des factures et des paiements, la gestion des budgets et la création de rapports financiers.
- Gestion des ressources humaines : comprenant la gestion des dossiers des employés, la gestion des salaires et des avantages sociaux, la gestion des absences et la planification des effectifs.
- Gestion des ventes et des achats : comprenant la gestion des devis, des commandes et des factures, la gestion des inventaires et des stocks, et la gestion des relations avec les clients et les fournisseurs.
- Gestion de la production : comprenant la planification de la production, la gestion des ordres de fabrication, la gestion des matières premières et des composants, et la gestion de la qualité.
- Gestion de la logistique : comprenant la gestion des transporteurs et des expéditions, la gestion des entrepôts et la gestion des stocks.
- Gestion des projets : comprenant la planification et la gestion des tâches, la gestion des coûts et des délais, et le suivi des progrès.
- Reporting et analyse de données : comprenant la création de rapports personnalisés et l'analyse des données pour prendre des décisions informées.

- Interconnexion avec d'autres systèmes : comprenant des connecteurs pour les systèmes de gestion de la relation client (CRM) et de la gestion de la relation fournisseur (SRM), entre autres.

En dehors des fonctionnalités précitées, la GUI (interface utilisateur graphique) est un point qu'il est intéressant de souligner. La Graphical User Interface (GUI) ou Interface Graphique Ui permet aux utilisateurs d'interagir avec un ordinateur ou un logiciel en utilisant des éléments graphiques tels que des icônes, des boutons et des menus [46]. Les logiciels traditionnels ou les ERP sont généralement utilisés via une GUI installée sur l'ordinateur de l'utilisateur, qui peut inclure des composants tels que des menus déroulants, des boutons de commande et des boîtes de dialogue pour accéder aux fonctionnalités et aux données.

Les logiciels en cloud, quant à eux, sont généralement accessibles via un navigateur web et n'ont pas besoin d'une GUI installée sur l'ordinateur de l'utilisateur qui accède aux fonctionnalités et aux données en se connectant à un site web hébergeant le logiciel. La GUI de ces logiciels est généralement basée sur une interface web, qui peut inclure des éléments tels que des formulaires et des menus déroulants et s'avère souvent plus moderne et conviviale, conçue pour être utilisée sur des appareils mobiles. Cette dernière particularité constitue un atout considérable vis à vis des logiciels traditionnels.

Les avantages des logiciels en cloud incluent une flexibilité accrue pour les utilisateurs, qui peuvent accéder aux données et aux fonctionnalités à partir de n'importe quel appareil connecté à internet, une meilleure disponibilité et une sécurité supérieure en raison de l'hébergement des données sur des serveurs distants, des mises à jour automatiques, et de nouvelles fonctionnalités plus rapides. Toutefois, ils nécessitent une connexion à Internet stable et sécurisée pour fonctionner correctement, et la plupart de ces avantages peuvent être compromis par d'autres arguments que nous traiterons plus loin.

1.2.3.6 Performance

Il n'y a pas d'architecture ERP qui soit préférable à une autre, car cela dépend des besoins spécifiques de chaque entreprise. Chacune des architectures mentionnées a ses propres avantages et inconvénients en termes de performance.

- L'architecture monolithique peut être efficace pour les petites entreprises qui ont des besoins de fonctionnalités limités, car elle est généralement plus simple à mettre en

place et à maintenir.

- L'architecture client-serveur peut offrir une meilleure performance pour les entreprises de taille moyenne qui ont des besoins en matière de fonctionnalités plus étendus et des exigences en matière de sécurité élevées, car elle offre une meilleure isolation des données et une meilleure gestion des utilisateurs.
- L'architecture en nuage est généralement considérée comme une option de performance pour les grandes entreprises qui ont besoin de scalabilité, de flexibilité et d'une disponibilité élevée, car elle permet aux entreprises de répartir les charges de travail sur plusieurs serveurs et de mettre à l'échelle les ressources en fonction des besoins changeants [47].

Ce sont les besoins de l'entreprise qui prévalent pour choisir l'architecture ERP qui conviendra le mieux [48]. Lorsqu'une entreprise décide de digitaliser son processus de gestion, il est rare qu'elle consulte un expert afin de l'accompagner dans l'étape de réalisation de son cahier de charges. Cette pratique correspond davantage à des entreprises de grandes taille, ayant recours à des consultants spécialisés, quand les TPE et PME de petite taille l'assument en interne. Le choix de la meilleure architecture s'effectue généralement au moment de la phase de négociation commerciale avec l'éditeur de logiciel sélectionné ou bien l'intermédiaire distributeur de la solution. Ainsi, il est courant d'observer des entreprises qui sont déçues par leur équipement, et qui s'en accommodent ou bien qui changent de solution dans le meilleur des cas [49].

Sur le plan de la stabilité, il paraît essentiel de souligner qu'en dehors de l'architecture monolithique, les autres reposent sur un élément matériel essentiel, le réseau. Ainsi les architectures client-serveur sont dépendantes de la stabilité du réseau interne de l'entreprise, donc de l'infrastructure, pour fonctionner dans de bonnes conditions. Un serveur sous dimensionné ou un réseau saturé peuvent entraîner des dysfonctionnements ou un arrêt total de la disponibilité du logiciel. Cependant, le serveur reste généralement toujours accessible en local, ce qui signifie qu'un accès au logiciel est toujours possible depuis la session administrateur de la machine. En revanche, les architectures cloud sont encore plus vulnérables puisqu'elles dépendent de la qualité de la connexion à Internet [50]. Un débit insuffisant ou une coupure temporaire de la connexion rendent le logiciel inaccessible jusqu'à rétablissement, sans possibilité d'accéder aux données de l'entreprise si des solutions de secours n'ont pas été envisagées.

1.2.3.7 Coût

Il est difficile de donner un coût moyen précis pour la mise en place d'un ERP monolithique, car cela dépend de nombreux facteurs tels que la taille de l'entreprise, les exigences en matière de fonctionnalités, les coûts de licence et les coûts de déploiement.

En général, le coût de mise en place d'un ERP monolithique est composé de plusieurs éléments :

- Les coûts de licence pour acheter le logiciel ERP, qui peuvent varier en fonction du fournisseur, du type de licence (par utilisateur, par serveur, etc.).
- Les coûts de déploiement pour installer le logiciel, configurer les paramètres et les données de l'entreprise, et former les utilisateurs.
- Les coûts de maintenance et de mise à niveau pour maintenir le système à jour et pour éventuellement élargir les fonctionnalités.

Les coûts de licence pour un ERP monolithique peuvent varier de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers d'euros, en fonction des fonctionnalités incluses et de la taille de l'entreprise.

Les coûts pour la mise en place d'un ERP client-serveur peuvent être composés des mêmes éléments que pour un ERP monolithique :

- Les coûts de licence pour acheter le logiciel ERP, qui peuvent varier en fonction du fournisseur, du type de licence (par utilisateur, par serveur).
- Les coûts de déploiement pour installer le logiciel, configurer les paramètres et les données de l'entreprise, et former les utilisateurs, avec des coûts supplémentaires pour la configuration du serveur.
- Les coûts pour l'infrastructure (par exemple, pour l'achat et la maintenance de serveurs).
- Les coûts de maintenance et de mise à niveau pour maintenir le système à jour et pour éventuellement élargir les fonctionnalités.

Les coûts peuvent varier considérablement en fonction des besoins de chaque entreprise, de la taille de l'entreprise, des exigences en matière de fonctionnalités et des coûts de licences et de déploiement. Il est donc difficile de donner une estimation précise des coûts pour la mise en place d'un ERP client-serveur sans une évaluation précise des besoins de l'entreprise et un comparatif des différents fournisseurs. Cependant, une approximation réaliste serait de quelques dizaines de milliers d'euros pour une petite TPE, de plusieurs centaines de milliers d'euros pour une PME de taille moyenne, et de plusieurs millions d'euros pour des firmes de plus grande dimension.

Les coûts pour la mise en place d'un ERP en cloud varient considérablement en fonction du fournisseur, des fonctionnalités, de la taille de l'entreprise et des besoins en matière de stockage et de bande passante. Généralement, les ERP en cloud sont facturés sous forme d'abonnement mensuel ou annuel par utilisateur, et les coûts peuvent varier de quelques dizaines à plusieurs milliers d'euros par mois selon les besoins.

Il y a généralement moins de frais induits que dans les solutions d'ERP internes, car les coûts d'infrastructure et d'entretien sont d'ordinaire inclus dans les tarifs de l'abonnement, cependant il est important de vérifier les modalités de support, de maintenance et de mise à jour pour éviter les charges supplémentaires [32].

Les tarifs liés à l'implémentation d'un ERP en cloud peuvent être plus adaptables, car ils autorisent le paiement en fonction du nombre d'utilisateurs et des fonctionnalités requises. De plus, il est aisé d'ajuster le nombre d'utilisateurs en fonction de l'évolution des besoins.

La table 1.1 présente des estimations d'investissements pour la mise en place d'un ERP en fonction de sa typologie et de la dimension de la firme concernée. Ces chiffres n'incluent pas les potentiels coûts induits, en termes de perte de temps de travail des personnels et de baisse d'efficacité des services, ou des coûts parasites liés à la désorganisation et à la dégradation des relations sociales pouvant survenir lors de ce type de mise en place. Ces hypothèses de frais existent et sont principalement constatées lorsque la conduite du changement est ignorée dans le projet d'acquisition et d'implémentation d'un nouvel environnement de travail digital en entreprise.

ERP	Monolithique	Client/Serveur	Cloud
COUT	quelques milliers à quelques dizaines de milliers d'euros	quelques dizaines de milliers à quelques millions d'euros	quelques dizaines à plusieurs milliers d'euros par mois

TABLE 1.1 – Estimation du coût d'acquisition et de mise en place d'un ERP

1.2.3.8 Forces et faiblesses

Les ERP (Enterprise Resource Planning) sont des systèmes de gestion de l'entreprise qui permettent de centraliser les informations et les processus de différents départements d'une entreprise. Ils ont des forces et des faiblesses qui peuvent varier en fonction du système choisi et de la manière dont il est utilisé. Voici quelques points clés à considérer pour les forces et les faiblesses des ERP [43] :

Forces :

- Centralisation des données : les ERP permettent de regrouper les informations de différents départements dans un seul système, ce qui facilite la communication et la coordination entre les différents départements.
- Automatisation des processus : les ERP permettent d'automatiser les processus de l'entreprise, tels que la gestion des commandes, la gestion des stocks, la gestion des factures, etc. Cela permet d'économiser du temps et des ressources.
- Amélioration de la prise de décision : les ERP permettent d'accéder facilement à des informations fiables et à jour, ce qui permet de prendre des décisions plus informées et plus rapides [51].
- Meilleure visibilité sur les performances de l'entreprise : les ERP permettent de suivre les performances de l'entreprise à l'aide de tableaux de bord et de rapports personnalisés, ce qui permet d'identifier les opportunités d'amélioration.

Faiblesses [52] [53] :

- Coûts élevés : la mise en place d'un ERP peut être coûteuse, en particulier pour les

petites et moyennes entreprises.

- Complexité de la mise en place : la mise en place d'un ERP peut être complexe et prendre du temps, en particulier si l'entreprise doit adapter son processus pour s'adapter au système.
- Formation nécessaire : il peut être nécessaire de former les employés pour utiliser correctement le système.
- Nécessité de maintenir et mettre à jour régulièrement le système : les ERP doivent être maintenus et mis à jour régulièrement pour garantir le bon fonctionnement et pour s'adapter aux besoins évolutifs de l'entreprise. Cela peut entraîner des coûts supplémentaires et des perturbations pour les utilisateurs.
- Risques de sécurité : les ERP contiennent de grandes quantités de données sensibles de l'entreprise, il est donc important de mettre en place des mesures de sécurité adéquates pour protéger ces données contre les risques de fuites ou d'attaques.
- Faible flexibilité : les ERP peuvent ne pas s'adapter parfaitement aux besoins spécifiques de l'entreprise et il peut être difficile de personnaliser le système pour s'adapter aux processus de l'entreprise.

Ces forces et faiblesses peuvent varier en fonction des différents systèmes ERP et de la manière dont ils sont utilisés. La flexibilité peut s'avérer être un atout majeur de certaines solutions et constituer une grande faiblesse pour d'autres. Chaque élément est donc à pondérer en fonction de la solution spécifique.

1.2.4 Conclusion

Les ERP sont des systèmes de gestion de l'entreprise qui permettent de centraliser les informations et les processus de différents départements d'une entreprise. Ils offrent de nombreux avantages tels que la centralisation des données, l'automatisation des processus, l'amélioration de la prise de décision et une meilleure visibilité sur les performances de l'entreprise. Cependant, ils peuvent aussi avoir des coûts élevés, une complexité de mise en place, nécessiter une formation et des coûts de maintenance et de mise à jour régulière pour garantir le bon fonctionnement du système. Il est donc préférable d'être accompagné par un consultant ou un

expert qui va être qualifié pour évaluer les besoins spécifiques de l'entreprise, les différentes options disponibles et aider à prendre une décision éclairée quant au choix de l'architecture la plus adaptée ainsi que pour les fonctionnalités nécessaires.

1.3 Intégration des ERP dans l'organisation

1.3.1 Introduction : les problèmes liés à l'intégration des ERP dans l'organisation

L'intégration d'un ERP (Enterprise Resource Planning) dans une organisation peut présenter des défis importants, voici quelques-uns des problèmes les plus couramment rencontrés :

- Complexité de l'intégration : Il peut être complexe de configurer et d'intégrer un ERP dans les processus existants de l'entreprise et cela peut prendre du temps pour s'adapter aux besoins de l'entreprise.
- Coûts élevés : Comme cela a été abordé précédemment, l'acquisition et la mise en place d'un ERP peut être coûteuse et cela peut représenter un investissement financier considérable pour une entreprise, pouvant s'élever à plusieurs millions d'euros.
- Changement organisationnel : L'intégration d'un ERP peut impliquer des changements majeurs dans les processus et les structures de l'entreprise, ce qui peut générer des difficultés d'adaptation de la part du personnel. L'implication de tous les salariés dans l'acceptation du changement est un facteur essentiel à la réussite du processus de digitalisation [54].
- Formation des employés : Les employés doivent être formés pour utiliser correctement le système, cela peut prendre beaucoup de temps et de ressources.
- Interopérabilité : Il peut y avoir des problèmes d'interopérabilité avec d'autres systèmes utilisés dans l'entreprise. Il peut être nécessaire de mettre en place des connecteurs pour relier les différents systèmes entre eux [55].
- Données de migration : Lors de la migration des données dans un nouveau système ERP, il peut y avoir des défis liés à la compatibilité des formats de données entre le système actuel et le nouveau système. Les données peuvent être stockées dans des

formats différents ou dans des structures de données différentes qui peuvent ne pas être compatibles avec le nouveau système. Il peut donc être nécessaire de convertir les données en un format compatible avec le nouveau système, ou d'adapter les structures de données pour s'adapter au nouveau système. Cela peut être un processus complexe qui nécessite un plan de migration bien conçu et une attention particulière pour éviter la perte de données ou d'autres erreurs. Les données peuvent également ne pas être complètes ou à jour, il est donc important de vérifier leur qualité avant de les importer dans le nouveau système. Il est donc important de prévoir suffisamment de temps et de ressources pour gérer adéquatement le processus de migration des données pour minimiser les risques de perturbations ou de pertes de données.

- Sécurité : Les ERP contiennent des données sensibles de l'entreprise, il est donc important de s'assurer qu'ils sont suffisamment sécurisés pour protéger ces données contre les risques de fuites ou d'attaques.
- Adaptation aux besoins de l'entreprise : Les ERP sont généralement conçus pour s'adapter à une variété de besoins d'entreprise, mais ils peuvent ne pas être parfaitement adaptés aux besoins spécifiques de l'entreprise, cela peut nécessiter des personnalisations ou des ajustements pour s'adapter à l'entreprise [56].

En résumé, l'intégration d'un ERP dans une organisation peut présenter des défis importants, tels que la complexité de l'intégration, les coûts élevés, les changements organisationnels, la formation des employés, l'interopérabilité, les problèmes de migration des données et la sécurité [57]. Il est donc important de consulter un expert pour évaluer les besoins de l'entreprise, pour planifier et pour gérer adéquatement cette intégration pour minimiser les risques et maximiser les avantages. Par ailleurs, la création et le développement d'un ERP, dans le cas d'une entreprise qui souhaite détenir une licence exclusive d'utilisation et posséder le code source associé, est un projet d'envergure pour le prestataire. Il est fréquent de constater que certains projets se sont révélés obsolètes avant même d'être arrivés à terme de la conception. D'autres ont été abandonnés, ou ont été mis en place mais n'ont jamais été utilisés, alors qu'ils avaient été payés en totalité.

1.3.2 Les données de l'entreprise

1.3.2.1 Présentation

Les données d'une entreprise peuvent être divisées en plusieurs catégories, chacune ayant un objectif spécifique :

- Les données financières, qui comprennent les informations sur les revenus, les dépenses, les bénéfices et les pertes. Ces données sont utilisées pour évaluer la performance financière de l'entreprise et prendre des décisions stratégiques.
- Les données de gestion des ressources humaines (GRH), qui comprennent des informations sur les employés de l'entreprise, telles que leur nom, leur adresse, leur numéro de sécurité sociale, leur salaire, leur formation et leur expérience professionnelle. Ces données sont utilisées pour gérer les employés et évaluer la performance de l'entreprise.
- Les données de gestion de la relation client (CRM) [58], qui comprennent des informations sur les clients de l'entreprise, telles que leur nom, leur adresse, leur historique d'achats et leur comportement d'achat. Ces données sont utilisées pour gérer les relations avec les clients et améliorer les ventes.
- Les données opérationnelles, qui comprennent des informations sur les produits ou services de l'entreprise, telles que les stocks, les commandes, les livraisons et les coûts de production. Ces données sont utilisées pour gérer les opérations de l'entreprise et évaluer la performance.
- Les données de marché, qui comprennent des informations sur les tendances, les prévisions et la concurrence dans le marché ou les secteurs où l'entreprise opère. Ces données sont utilisées pour évaluer l'environnement d'affaires et prendre des décisions stratégiques.
- Les données de production qui incluent les informations sur les machines, les processus de fabrication, les données de qualité, les données de maintenances, etc.
- Les données de localisation qui incluent les informations sur les emplacements physiques de l'entreprise et ses opérations, les données géographiques, etc.

- Les données sur la sécurité et conformité qui incluent les informations sur la sécurité des données, la conformité réglementaire, les données de sécurité physique, etc.

Dans le contexte des systèmes ERP, la diversité des types de données disponibles pour une entreprise est souvent considérable. Des données telles que les transactions financières, les données des clients, les stocks et bien d'autres peuvent jouer un rôle crucial dans le fonctionnement quotidien [59]. Pour exploiter ces données de manière optimale, les entreprises adoptent des technologies avancées, dont l'analyse de données et l'intelligence artificielle.

L'analyse de données, en utilisant des techniques statistiques et mathématiques, permet aux entreprises d'extraire des informations significatives à partir de leurs données massives. Cela inclut des méthodes telles que l'analyse prédictive pour anticiper les tendances futures, l'analyse descriptive pour comprendre les modèles actuels, et l'analyse diagnostic pour identifier les causes sous-jacentes d'événements spécifiques.

L'intelligence artificielle, en revanche, va au-delà de l'analyse traditionnelle en permettant aux systèmes informatiques de simuler des processus cognitifs humains. Des techniques telles que le machine learning (apprentissage automatique) et le deep learning sont utilisées pour former des modèles capables de prendre des décisions autonomes et d'ajuster leur comportement en fonction des données qu'ils traitent [60].

Pour mettre en œuvre ces technologies, les entreprises peuvent utiliser des outils spécifiques tels que des plateformes d'analyse de données avancées, des frameworks de machine learning comme TensorFlow ou scikit-learn, et des solutions d'automatisation basées sur l'IA. Ces outils contribuent à rendre les systèmes ERP plus agiles, réactifs et capables de fournir des informations exploitables, renforçant ainsi la capacité des entreprises à prendre des décisions éclairées et à rester compétitives sur le marché dynamique d'aujourd'hui.

1.3.2.2 Traitements

Les données d'une entreprise peuvent être traitées à l'aide d'une variété de technologies et de méthodes. Voici quelques exemples de façons courantes de traiter les données :

- Stockage de données : Les données sont stockées dans des bases de données, des systèmes de fichiers ou des systèmes de stockage de données cloud. Les entreprises peuvent utiliser des bases de données relationnelles, des bases de données NoSQL ou des systèmes de gestion de données Hadoop pour stocker et gérer les données [61] [62].

- Traitement de données : Les données sont traitées à l'aide de programmes informatiques pour extraire des informations utiles. Les entreprises peuvent utiliser des outils tels que SQL pour effectuer des requêtes sur les données, des outils d'analyse de données pour générer des rapports et des visualisations de données, ou des algorithmes d'apprentissage automatique pour créer des modèles à partir des données [63].
- Gouvernance des données : Les entreprises peuvent mettre en place des règles et des processus pour s'assurer que les données sont stockées et utilisées de manière efficace et conforme aux normes de conformité réglementaire [64].
- Protection des données : Les entreprises peuvent mettre en place des mesures de sécurité pour protéger les données contre les fuites ou les violations. Les techniques de chiffrement de données, les politiques de mot de passe et la sécurité physique des systèmes de données sont des moyens courants pour protéger les données.

Le traitement de données est un domaine en constante évolution, et de nouvelles technologies et méthodes apparaissent constamment pour améliorer la manière dont les entreprises stockent et utilisent les données.

1.3.2.2.1 Stockage des données

Le stockage de données regroupe l'ensemble des méthodes et des technologies utilisées pour conserver les données d'une entreprise de manière sécurisée et accessible [65]. Il existe différents types de stockage de données, chacun ayant ses propres avantages et inconvénients. Voici quelques exemples de types courants de stockage de données :

- Stockage local : sur des disques durs physiques dans les ordinateurs de l'entreprise. Ce type de stockage est souvent utilisé pour les données sensibles ou critiques car il offre un contrôle et une sécurité maximums.
- Stockage de réseau : sur des serveurs ou des dispositifs de stockage de réseau qui sont connectés en réseau avec les ordinateurs de l'entreprise. Ce type de stockage est souvent utilisé pour les données partagées qui doivent être accessibles à plusieurs utilisateurs.

- Stockage cloud : sur des serveurs distants qui sont gérés par un fournisseur de services cloud. Les entreprises peuvent accéder aux données stockées dans le cloud à l'aide d'Internet. Les utilisateurs peuvent accéder aux données stockées dans le cloud depuis n'importe où, à condition d'avoir une connexion internet [66].
- Stockage de bande : sur des bandes magnétiques qui peuvent être stockées dans des bibliothèques de bandes, et souvent utilisé pour des sauvegardes à long terme et l'archivage.

Ces types de stockage ne sont pas exclusifs et les entreprises peuvent utiliser différents types de stockage pour différentes données en fonction de leurs besoins en termes de performance, de coût, de sécurité et de flexibilité. Par ailleurs, on observe régulièrement l'utilisation d'une combinaison de stockage cloud et local pour avoir des sauvegardes dans les deux, c'est ce qu'on appelle l'hybride.

1.3.2.2.2 Gouvernance des données

La gouvernance des données est l'ensemble des règles, des processus et des responsabilités qui permettent de gérer efficacement les données d'une entreprise, de manière à les rendre fiables, sécurisées et accessibles pour les utilisateurs autorisés. Elle permet également de s'assurer que les données sont utilisées de manière conforme aux normes et réglementations en vigueur. La gouvernance des données comprend généralement les éléments suivants [64] :

- Caractérisation des rôles et des responsabilités liés à la gouvernance des données en les assignant à des personnes ou des équipes spécifiques.
- Définition de politiques et de procédures pour gérer les données de manière efficace. Ces politiques et procédures peuvent inclure des règles pour la collecte, le stockage, l'utilisation et la protection des données.
- Établissement d'un cadre de conformité en s'assurant que les données sont utilisées de manière conforme aux réglementations et normes en vigueur. Par exemple, une entreprise peut être soumise à des normes de protection des données pour les données personnelles de ses employés et clients. Le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) est obligatoire et constitue une préoccupation essentielle dans la gouvernance de l'information [67].

- Mise en place de procédures d’audit pour surveiller et évaluer les activités de gouvernance des données. Ces procédures peuvent inclure des audits internes et externes pour vérifier la conformité avec les politiques et les procédures établies.
- Établissement d’un plan de données qui décrit comment les données sont utilisées dans l’entreprise, comment elles sont stockées et protégées, comment elles sont accessibles et comment elles sont conformes.

La gouvernance des données est un processus continu qui implique la participation de tous les niveaux de l’entreprise, elle est essentielle pour assurer la qualité des données, la conformité réglementaire, la sécurité des données et l’optimisation de l’utilisation des données.

1.3.2.2.3 Protection des données

La protection des données est l’ensemble des méthodes et des technologies utilisées pour protéger les données d’une entreprise contre les fuites, les brèches de sécurité et les abus [68]. Il est important de protéger les données pour garantir la confidentialité, l’intégrité et la disponibilité des données. Des méthodes sont utilisées afin de garantir un certain niveau de protection :

- Chiffrement de données : Les données sont converties en un format illisible pour les personnes non autorisées, en utilisant une clé de chiffrement. Les données chiffrées peuvent être déchiffrées uniquement en utilisant la clé de chiffrement appropriée.
- Authentification : Les utilisateurs doivent prouver leur identité en utilisant des méthodes telles que les mots de passe, les certificats numériques ou les empreintes digitales pour accéder aux données.
- Accès basé sur les rôles : Les utilisateurs ont un accès limité aux données en fonction de leur rôle dans l’entreprise. Par exemple, un employé de comptabilité pourrait avoir accès aux données financières, mais pas aux données de ressources humaines.
- Sauvegarde et restauration : Les données sont sauvegardées régulièrement pour permettre de restaurer les données en cas de perte ou de corruption.

- Détection d'intrusion et surveillance : Les systèmes de détection d'intrusion et de surveillance sont utilisés pour détecter et répondre aux tentatives d'accès non autorisé aux données.
- Conformité réglementaire : Les entreprises peuvent être soumises à des réglementations spécifiques pour protéger les données, comme par exemple le RGPD en France, qui impose des règles strictes pour la collecte, le stockage et la gestion des données personnelles [67].

La protection des données est un processus continu car les menaces peuvent évoluer au fil du temps . Il est donc fondamental de maintenir les systèmes de sécurité à jour et de surveiller les activités pour détecter les tentatives d'accès non autorisées.

1.3.3 Les utilisateurs

1.3.3.1 Présentation

Les systèmes ERP sont des logiciels utilisés par les entreprises pour gérer les différents aspects de leur activité. Les utilisateurs d'un ERP peuvent être regroupés en différentes catégories, en fonction de leurs rôles et de leurs responsabilités dans l'entreprise. Les catégories d'utilisateurs les plus fréquemment rencontrées sont les suivantes :

- Les utilisateurs administratifs sont fréquemment des employés de l'entreprise qui ont des responsabilités administratives et qui utilisent les fonctionnalités de base de l'ERP pour saisir et gérer les données. Ils peuvent inclure des employés des départements de comptabilité, de facturation, de paie et de ressources humaines. Ils utilisent généralement les modules d'ERP liés à la comptabilité, à la gestion des finances, à la gestion des employés et à la gestion des projets pour saisir et gérer les données.
- Les utilisateurs de l'exploitation sont ordinairement des employés de l'entreprise qui ont des responsabilités opérationnelles et qui utilisent les fonctionnalités de l'ERP pour gérer les opérations de l'entreprise et suivre les performances. Ils peuvent inclure des employés des départements de production, d'inventaire, d'achats, de ventes et de logistique. Ils utilisent habituellement les modules d'ERP liés à la gestion des stocks, à la gestion des achats, à la gestion des ventes, à la gestion de la production et à la planification de la production pour suivre les performances de l'entreprise.

- Les utilisateurs de gestion utilisent couramment les modules d'ERP liés à la gestion de la performance, à la planification des ressources d'entreprise (ERP), à la budgétisation et à la gestion de projets pour prendre des décisions stratégiques et gérer la performance de l'entreprise. Ils peuvent utiliser les rapports et les tableaux de bord de l'ERP pour suivre les indicateurs clés de performance ou key performance indicator (KPI) et les tendances de l'entreprise [69], et utiliser les informations pour prendre des décisions informées et améliorer les résultats de l'entreprise.
- Les utilisateurs externes peuvent avoir besoin d'accéder aux données de l'entreprise pour gérer leurs relations d'affaires, les entreprises peuvent utiliser des fonctionnalités d'accès sécurisé de l'ERP pour permettre aux utilisateurs externes d'accéder aux données nécessaires en toute sécurité. cela peut inclure des fonctionnalités comme l'authentification, l'autorisation et le chiffrement pour garantir que seuls les utilisateurs autorisés peuvent accéder aux données. Les entreprises peuvent également utiliser des fonctionnalités de partage de données pour permettre aux utilisateurs externes de collaborer sur des projets ou de partager des données avec des partenaires commerciaux.

1.3.3.2 Hiérarchie

La hiérarchisation des utilisateurs d'un ERP s'organise d'ordinaire en fonction des rôles et des responsabilités des utilisateurs dans l'entreprise. Les utilisateurs peuvent être regroupés en différents niveaux hiérarchiques, chacun ayant des privilèges d'accès et des fonctionnalités différents [70]. Voici les niveaux hiérarchiques courants d'utilisateurs d'un ERP :

- Utilisateurs de base : des employés détenteurs de responsabilités administratives ou opérationnelles de base et qui n'ont pas besoin d'accéder aux fonctionnalités avancées de l'ERP. Ils ont généralement un accès limité aux données et aux fonctionnalités de l'ERP.
- Utilisateurs avancés : des employés avec des responsabilités opérationnelles ou administratives plus avancées et qui ont besoin d'accéder aux fonctionnalités avancées de l'ERP. Ils disposent d'un accès étendu aux données et aux fonctionnalités de l'ERP. Les managers, quant à eux, bénéficient d'un niveau de privilège pour pouvoir modifier ou supprimer des saisies incorrectes de la part des utilisateurs de base.
- Utilisateurs de gestion : des employés avec des responsabilités de gestion et qui ont

besoin d'accéder aux fonctionnalités avancées de l'ERP pour prendre des décisions stratégiques. Ils ont généralement un accès complet aux données et aux fonctionnalités de l'ERP.

- Utilisateurs administrateurs : des employés avec des responsabilités d'administration et de gestion de l'ERP. Ils ont généralement un accès complet aux données et aux fonctionnalités de l'ERP.

Les administrateurs d'ERP disposent du plus haut niveau de privilèges d'accès parce qu'ils ont des responsabilités qui l'exigent. En effet, seuls ces derniers ont le niveau de compétence requis pour effectuer certaines tâches essentielles et critiques :

- Configuration et personnalisation de l'ERP en paramétrant l'ERP pour répondre aux besoins de l'entreprise, créer des rôles d'utilisateurs personnalisés, définir des autorisations d'accès.
- Maintenance et mise à jour en installant des mises à jour logicielles, en résolvant les problèmes de performance et de fiabilité de l'ERP, et en créant des sauvegardes et des copies de sécurité des données.
- Sécurité en gérant les paramètres de sécurité de l'ERP, en définissant les politiques de mot de passe, en configurant les pare-feux, puis en mettant en place des mécanismes d'authentification.
- Support utilisateur en fournissant une assistance aux utilisateurs pour résoudre les problèmes liés à l'utilisation de l'ERP, puis en formant les nouveaux utilisateurs.
- Gestion des données en organisant les données de l'ERP, en effectuant des sauvegardes et des restaurations de données, en gérant les utilisateurs et les autorisations d'accès.

Les administrateurs d'ERP, des employés de haut niveau de l'entreprise, ont souvent une formation technique ou une expérience en informatique suffisante pour comprendre les besoins technologiques de l'entreprise. Ils possèdent également une bonne compréhension des processus métier de l'entreprise pour pouvoir personnaliser et adapter l'ERP aux exigences de celle-ci.

Pour finir, ces niveaux hiérarchiques ne restent pas figés et varient en fonction des besoins de l'entreprise et des exigences de l'ERP. Les administrateurs peuvent également créer des rôles d'utilisateurs personnalisés pour répondre à des besoins spécifiques.

1.3.3.3 Besoins

Les besoins des utilisateurs d'un ERP fluctuent en fonction de leurs rôles et de leurs responsabilités dans l'entreprise. Cependant, il existe certaines fonctionnalités communes que les utilisateurs attendent d'un ERP. Voici quelques exemples de besoins courants des utilisateurs d'un ERP :

- Accès aux données : Les utilisateurs nécessitent un accès rapide et facile aux données de l'entreprise pour prendre des décisions informées et améliorer les résultats de l'entreprise. Ils doivent pouvoir accéder aux données de manière intuitive, en utilisant des interfaces utilisateur familières, et sans nécessiter de connaissances informatiques avancées. Ils recourent souvent à des fonctionnalités de recherche et de filtrage pour trouver rapidement les informations nécessaires.
- Reporting et analyse : Les utilisateurs ont besoin de rapports et de tableaux de bord personnalisés pour suivre les indicateurs clés de performance (KPI) et les tendances de l'entreprise. Ils doivent pouvoir créer des rapports et des tableaux de bord personnalisés en fonction de leurs besoins et de leurs responsabilités. Ils manipulent souvent des fonctionnalités d'analyse avancées pour suivre les tendances et les performances de l'entreprise.
- Automatisation des processus : Les utilisateurs ont besoin d'automatiser les processus répétitifs pour améliorer l'efficacité et réduire les erreurs. Ils peuvent vouloir utiliser des fonctionnalités d'automatisation pour automatiser les processus de l'entreprise, tels que la saisie de données, la facturation, les achats, la production, etc. Cela peut également inclure des fonctionnalités de workflow pour automatiser les processus de validation et d'approbation.
- Accessibilité : Les utilisateurs doivent pouvoir accéder aux données de l'entreprise à partir de n'importe où et à n'importe quel moment. Ils peuvent avoir besoin de fonctionnalités de mobilité pour accéder aux données de l'entreprise à partir de leurs appareils mobiles, ainsi que des fonctionnalités de collaboration pour travailler en temps réel avec d'autres utilisateurs.

- Interopérabilité : L'ERP doit être intégré aux autres systèmes et applications utilisées par l'entreprise pour éviter les doublons de données et améliorer la productivité. Les utilisateurs peuvent avoir besoin de fonctionnalités d'intégration pour connecter l'ERP à d'autres systèmes tels que les systèmes CRM, les systèmes de planification des ressources d'entreprise (ERP), les systèmes de gestion de la chaîne d'approvisionnement.
- Formation et support : Les utilisateurs ont besoin d'une assistance et d'une formation pour utiliser efficacement l'ERP et profiter de toutes ses fonctionnalités. Ils peuvent avoir besoin de fonctionnalités de formation pour se familiariser avec l'ERP et ses fonctionnalités, ainsi que des fonctionnalités de support pour résoudre les problèmes liés à l'utilisation de l'ERP.
- Sécurité des données : Les utilisateurs attendent d'être rassurés sur le fait que leur travail ne risque pas d'être perdu. Ainsi, les entreprises doivent s'assurer que les données stockées dans l'ERP sont protégées contre les accès non autorisés et les violations de sécurité. Les menaces de sécurité courantes pour les systèmes ERP incluent les logiciels malveillants, les pirates informatiques, les erreurs humaines et les accidents naturels. Les administrateurs d'ERP ont donc pour tâche de gérer les paramètres de sécurité de l'ERP, définir les politiques de mot de passe, configurer les pare-feux, mettre en place des mécanismes d'authentification.

En principe, les besoins des utilisateurs d'un ERP se concentrent sur l'amélioration de l'efficacité, la réduction des erreurs et la prise de décisions informées. Les entreprises peuvent utiliser ces besoins pour évaluer les différents systèmes ERP disponibles et choisir celui qui répond le mieux aux besoins de leur entreprise.

1.3.3.4 Préférences

Les préférences des utilisateurs peuvent également jouer un rôle important dans l'utilisation d'un système ERP. Les utilisateurs peuvent avoir des préférences en matière de fonctionnalités, d'interface utilisateur, de workflow, etc. Il est important pour les entreprises de prendre en compte les préférences des utilisateurs lors de la mise en place d'un ERP et de s'efforcer de les satisfaire autant que possible. Voici quelques exemples de préférences courantes des utilisateurs d'ERP :

- Interface utilisateur : Les entreprises peuvent autoriser leurs utilisateurs à personnaliser leur interface en fonction de leurs préférences, par exemple en leur donnant la possibilité de choisir entre différents thèmes de couleurs, de tailles de polices, de dispositions de l'écran.
- Navigation : Les entreprises peuvent permettre aux utilisateurs de personnaliser les options de navigation en fonction de leurs préférences, par exemple en leur donnant la possibilité de choisir entre une navigation à base de menu ou une navigation à base de clic droit.
- Workflow : Les entreprises peuvent consentir aux utilisateurs de personnaliser leur workflow en fonction de leurs préférences, par exemple en leur donnant la possibilité de configurer des raccourcis pour les tâches courantes ou de choisir les étapes de travail qui sont affichées sur leur écran d'accueil.
- Personnalisation : Certaines entreprises peuvent offrir des options de personnalisation avancées pour les utilisateurs, comme la possibilité de créer des champs personnalisés, des tableaux de bord, des rapports et des alertes qui répondent aux besoins spécifiques de l'utilisateur ou de son département. Cela permet aux utilisateurs de disposer des informations dont ils ont besoin de manière plus efficace et de travailler de manière plus productive.

La prise en compte des préférences des utilisateurs ne doit pas compromettre la sécurité des données et les procédures de l'entreprise. Les entreprises doivent maintenir une bonne gouvernance de données pour garantir la sécurité et la qualité des données. Elles peuvent également utiliser des outils d'analyse pour surveiller l'utilisation de l'ERP et identifier les tendances et les problèmes potentiels pour améliorer l'expérience utilisateur.

1.3.3.5 Difficultés

Les utilisateurs peuvent rencontrer des difficultés lors de l'utilisation d'un système ERP [71]. Certaines d'entre elles sont liées à la technologie elle-même, tandis que d'autres sont liées aux processus métier de l'entreprise et à la façon dont l'ERP est configuré et utilisé. Voici quelques exemples de difficultés courantes :

- Complexité de l'interface utilisateur : L'interface utilisateur peut être complexe et difficile à utiliser, ce qui peut rendre difficile pour les utilisateurs de trouver les infor-

mations qu'ils recherchent ou de réaliser des tâches spécifiques. Il est essentiel pour les entreprises de s'assurer que l'interface utilisateur est intuitive et facile à utiliser, de prévoir des guides de formation et des tutoriels pour aider les utilisateurs à utiliser efficacement le système.

- Absence de familiarité avec l'ERP : Les utilisateurs peuvent ne pas être familiers avec les fonctionnalités de l'ERP et peuvent avoir besoin de formation pour utiliser efficacement le système. Il est important pour les entreprises de prévoir des programmes de formation pour aider les utilisateurs à se familiariser avec l'ERP et ses fonctionnalités.
- Divergences entre les processus métier de l'entreprise et les fonctionnalités de l'ERP : Un différentiel d'alignement peut complexifier la réalisation de certaines tâches ou la conformité avec certains processus de l'entreprise. Les entreprises doivent s'assurer que les processus métier sont alignés avec les fonctionnalités de l'ERP et planifier des modifications le cas échéant.
- Erreurs de saisie de données : Les utilisateurs peuvent saisir des données de manière incorrecte, ce qui peut entraîner des erreurs dans les rapports et les analyses. Certaines entreprises mettent en place des contrôles pour vérifier les données saisies et de prévoir des programmes de formation pour aider les utilisateurs à saisir correctement les données.
- Temps de formation : L'utilisation efficace de l'ERP peut prendre du temps aux utilisateurs, pouvant entraîner une perte de productivité pendant la période de formation. Ainsi, les entreprises doivent planifier des programmes de formation de manière à minimiser les pertes de productivité et s'assurer d'une assistance pour les utilisateurs pendant le processus d'apprentissage.
- Changements des processus : Les utilisateurs peuvent être réticents aux changements des processus métier, ils peuvent être réticents à utiliser de nouvelles fonctionnalités ou à apprendre de nouveaux processus. Il est recommandé pour les entreprises de communiquer clairement les changements et de montrer leurs bénéfices aux utilisateurs, de les impliquer dans le processus de changement pour les rendre plus réceptifs.
- Budget et temps : Il peut y avoir des coûts importants liés à l'acquisition, à l'installation et à la configuration d'un système ERP, en plus des coûts liés à la formation et

au support des utilisateurs. Il est essentiel pour les entreprises de bien planifier leur budget pour l'acquisition d'un ERP, et de considérer les coûts à long terme associés à l'utilisation de l'ERP (comme la maintenance, la mise à jour et la formation des utilisateurs).

Pour éviter ou réduire ces difficultés, une bonne méthodologie de mise en place d'un ERP est essentielle, et il faut se concentrer sur les besoins réels de l'entreprise [72]. Enfin, une fois l'ERP est en place, il est conseillé d'évaluer régulièrement les performances et les difficultés rencontrées pour pouvoir améliorer le système et continuer à répondre aux besoins de l'entreprise.

1.3.4 Conclusion

Prometteuse en termes d'efficacité et de rationalisation des processus, l'intégration d'un ERP dans une organisation implique des difficultés. Ces systèmes complexes visent à intégrer diverses fonctions et départements d'une entreprise, mais leur mise en œuvre peut être laborieuse et entraîner des perturbations. Les coûts élevés d'acquisition et de personnalisation des ERP entraînent parfois des pressions financières importantes, surtout pour les petites et moyennes entreprises.

De plus, la résistance au changement parmi les employés constitue un obstacle majeur. L'adoption d'un ERP implique souvent une modification des processus métier établis, ce qui peut entraîner une réticence parmi le personnel. La nécessité de former les employés pour utiliser efficacement le nouvel ERP et s'adapter à ses fonctionnalités peut également entraîner des pertes de productivité temporaire.

La complexité technique des ERP peut également entraîner des problèmes, notamment des retards dans la mise en œuvre, des erreurs de configuration et des problèmes d'intégration avec d'autres systèmes existants. Les entreprises peuvent se retrouver dépendantes des fournisseurs d'ERP pour la maintenance et les mises à jour, créant ainsi des risques de dépendance technologique.

De plus, la personnalisation excessive des ERP peut provoquer des difficultés lors des mises à jour ultérieures, limitant ainsi la flexibilité de l'entreprise. Les problèmes de sécurité liés à la gestion des données sensibles et à l'accès aux informations critiques représentent également des préoccupations majeures.

Une telle intégration doit être envisagée comme un projet de réforme du système d'information en place, avec l'ambition d'impliquer la totalité des collaborateurs, et comme un investissement financier substantiel. C'est dans ces conditions que la firme s'engage sur la voie d'une intégration réussie, avec une rentabilité probable sur le plan économique, et certaine sur le volet organisationnel.

1.4 La gestion du temps

1.4.1 Introduction

Le temps est une notion dont la définition a fait couler beaucoup d'encre. Il s'agit d'une continuité indéfinie parsemée d'évènements et de phénomènes dont on sait qu'il y a un passé qui existe par notre mémoire, un présent par notre attention, et un avenir par notre inventivité, notre supposition ou notre spéculation. Les physiciens le conçoivent comme un corollaire de la notion de mouvement, puisque sans le temps, tout serait immobile. La notion de chronologie pour un évènement, avec ce qui le précède, et ce qui lui succède, n'est admissible que dans l'hypothèse du temps qui passe.

On sait que le temps est mesurable, et son unité de mesure est la seconde. Cependant le temps absolu de Newton, qui considère que le temps est le même en tout point de l'univers, est remis en question par le temps relatif de Einstein qui affirme que la mesure diffère suivant la proximité des observateurs à une masse gravitationnelle. Ainsi, en fonction du domaine à partir duquel le temps est mesuré, le nombre d'évènements et leur correspondance dans une autre unité de mesure peuvent varier. En finance, un trader va mesurer le temps qui passe par la variation de la valeur de son portefeuille, qui peut fluctuer de plusieurs milliards en une seconde. En économie, le temps fait naître l'hypothèse d'impatience ou de préférence pour l'immédiat qui souligne que la plupart des agents économiques préfèrent une utilité (bénéfice) présente à une utilité (bénéfice) future de même montant (Von Mises, 1949; O'Donoghue et Rabin, 1999) [73].

Pour le dirigeant d'entreprise, le temps est une ressource, et comme nous sommes dans une économie basée sur le modèle néo-classique, il va chercher à l'optimiser. Le temps est une ressource non extensible, précieuse, et difficile à gérer parce que cela ne dépend pas que de lui-même. Les gestionnaires ont des difficultés à gérer leur propre temps, et encore davantage celui des autres. Pourtant, un grand nombre d'informations, de méthodes, de techniques et

d'outils sont à leur disposition, mais l'abondance est parfois un désavantage, car l'arbitrage requiert aussi du temps.

1.4.2 Définition et principes

La définition du temps, évoquée en introduction, est très difficile à établir. En revanche, le problème du manque de temps donne une raison d'être à la gestion du temps. Qui sait gérer son temps de façon optimale dispose d'un atout considérable. A ce propos, certains utilisent davantage le terme maîtriser plutôt que gérer en faisant référence au temps [74]. Cependant, en guise de définition, celle de Seiwert (1991) semble assez satisfaisante. La gestion du temps se définit, selon lui, comme l'application conséquente, en vue d'un objectif déterminé, de techniques de travail ayant fait leurs preuves dans la vie courante. Elles visent à orienter et à organiser son existence de sorte que le temps disponible soit utilisé de façon rationnelle et optimale. Plus loin, il précise qu'il s'agit avant tout de modifier sa manière de travailler, désordonnée et soumise à des facteurs extérieurs, et de l'orienter vers un objectif et des tâches planifiées et exécutées de façon systématique.

1.4.3 La gestion humaine du temps en entreprise

1.4.3.1 Individuelle

La gestion individuelle du temps en entreprise constitue une approche visant à autonomiser les employés, en leur offrant des horaires flexibles et la possibilité de télétravail par exemple. En adoptant une perspective axée sur les résultats plutôt que sur la présence physique, elle s'aligne sur les préceptes de Peter Drucker, pionnier du management, qui soulignait que "l'efficacité repose sur la réalisation des résultats plutôt que sur le temps investi".

Les employés sont incités à mettre en œuvre des stratégies de gestion du temps. Les réunions sont structurées pour minimiser les pertes de temps et maximiser la productivité. La communication transparente, inspirée par les principes de la "cinquième discipline" de Peter Senge, favorise un échange ouvert et une compréhension mutuelle. Cela renforce les relations professionnelles et contribue à un environnement où les employés peuvent exprimer leurs besoins et trouver un équilibre entre leur vie professionnelle et personnelle.

Le salarié d'une entreprise peut suivre certaines recommandations pour mieux gérer son temps de travail :

- Faire une liste de tâches afin de pouvoir prioriser ses activités et mieux s'organiser.
- Définir des objectifs à court et à long terme, et travailler de manière à les atteindre.
- Utiliser un calendrier ou un organisateur pour planifier ses activités et s'assurer qu'il consacre du temps à chaque tâche importante.
- Éviter les distractions puisqu'il peut être difficile de se concentrer lorsqu'on est constamment interrompu. Essayer de trouver un endroit calme pour travailler.
- Prendre des pauses régulières pour se reposer de manière à être plus efficace lorsqu'il reprendra ses activités.
- Parler avec son employeur de ses objectifs et de la manière dont il gère son temps de travail. Cela peut l'aider à obtenir le soutien nécessaire pour atteindre ses objectifs et être plus efficace dans son travail [75].

1.4.3.2 Collective

La gestion collective du temps de travail correspond à celle qui est faite par le manager sur son équipe, ou celle du dirigeant sur ses managers. Ainsi, elle dépend de la stratégie de management en vigueur dans l'entreprise, de la politique salariale, et d'autres facteurs encore.

Une stratégie de management est un plan d'action à long terme visant à atteindre les objectifs d'une entreprise. Elle définit les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs, en prenant en compte les ressources et les contraintes de l'entreprise, ainsi que les opportunités et les menaces du marché.

La stratégie de management peut concerner différents aspects de l'entreprise, tels que la production, les ressources humaines, les finances, la commercialisation, etc. Elle peut également être orientée vers des objectifs à court, moyen ou long terme [76].

La mise en œuvre d'une stratégie de management efficace nécessite une bonne compréhension de l'environnement dans lequel l'entreprise évolue, ainsi qu'une bonne gestion des ressources et des compétences de l'entreprise. Elle peut également nécessiter l'adaptation continue de la stratégie en fonction des changements de l'environnement [77].

Un manager, qui est en charge d'une ou de plusieurs équipes de collaborateurs, devrait

veiller à respecter quelques principes de base pour maintenir une atmosphère positive et un niveau de concentration régulier du personnel :

- Fixer des horaires de travail clairs : définir les heures de début et de fin de travail de chaque employé et s'assurer qu'ils les respectent.
- Encourager la flexibilité : permettre de décaler leurs heures de travail et promouvoir le télétravail.
- Encourager la prise de congés : il est important de s'assurer que les salariés prennent régulièrement des congés pour se ressourcer.
- Éviter la surcharge de travail : veiller à ce que les salariés n'aient pas trop de travail et à ce qu'ils puissent gérer leur temps de manière efficace.
- Communiquer avec l'équipe : s'assurer de communiquer de manière claire et ouverte avec l'équipe pour savoir comment ils gèrent leur temps et comment il peut les aider à être plus efficaces.
- Encourager l'organisation et la planification : promouvoir l'utilisation des outils de planification et d'organisation, tels que des calendriers et des listes de tâches.

Dans une politique salariale, un ensemble de règles et de principes détermine la façon dont l'argent est distribué aux employés d'une entreprise. Elle peut couvrir divers aspects de la rémunération des employés, tels que les salaires de base, les augmentations de salaire, les bonus, les avantages en nature. La politique salariale d'une entreprise peut être influencée par de nombreux facteurs, tels que la stratégie de l'entreprise, les compétences et les performances des employés, le marché du travail local, les lois et réglementations en vigueur [78].

Il est capital pour une entreprise de mettre en place une politique salariale équitable et transparente, qui tient compte des compétences et de l'expérience de chaque employé et qui encourage la motivation et la satisfaction au travail [79]. Une bonne politique salariale peut également aider l'entreprise à attirer et à retenir les meilleurs talents.

1.4.3.3 Les méthodes

Le management consiste à diriger un groupe de personnes pour atteindre des objectifs communs. Cela implique de planifier, d'organiser, de diriger et de contrôler les activités des

employés, et de comprendre les besoins et les motivations de chacun, afin de les stimuler pour atteindre les objectifs de départ. La communication efficace est un élément clé du management [80]. Il est essentiel de communiquer clairement les objectifs, les attentes et les instructions aux collaborateurs, ainsi que de favoriser les échanges entre eux. La résolution de conflits joue également un rôle important dans le management. Les conflits peuvent survenir entre les collaborateurs ou avec la direction. Comprendre les causes des conflits et les gérer de manière efficace sert à maintenir une bonne ambiance de travail et éviter que les conflits n'affectent la productivité des employés. La prise de décision est également un aspect sensible du management [81]. Il est utile de prendre des décisions rapidement et efficacement, en tenant compte des informations disponibles et des besoins de l'entreprise et des employés. Enfin, le changement constitue un problème substantiel. Les entreprises évoluent constamment et les employés peuvent également changer. Il est crucial d'être flexible et de s'adapter aux nouvelles situations pour maintenir l'efficacité de l'entreprise.

En tenant compte de tous ces impératifs, le manager ou le dirigeant peuvent avoir recours à plusieurs méthodes pour organiser le temps de travail des responsables ou des collaborateurs subordonnés. Chacune de ces méthodes comporte une approche intéressante, qu'il est parfois possible de combiner à une autre. Voici une synthèse des principales méthodes rencontrées en entreprise :

- La méthode Pomodoro est une technique de gestion du temps basée sur le fractionnement de la durée de travail en intervalles de temps de 25 minutes, appelés "pomodoros". Chacun de ces intervalles est suivi d'une courte pause, généralement de 5 minutes. Cette méthode a pour objectif de maximiser la concentration et la productivité en évitant la fatigue mentale due à une trop longue période de travail ininterrompue [82]. La méthode Pomodoro a été créée par Francesco Cirillo, un entrepreneur et consultant italien, à la fin des années 1980. Le terme "Pomodoro" signifie "tomate" en italien, et la méthode tire son nom d'une minuterie de cuisine en forme de tomate que Cirillo a utilisée lors de ses études à l'université.
- La méthode Eisenhower est une technique de gestion de temps basée sur la classification des tâches en fonction de leur degré d'importance et d'urgence. Les tâches les plus importantes et urgentes sont priorisées, tandis que les tâches moins importantes et non urgentes sont reportées ou déléguées. Cette méthode est basée sur l'idée que la plupart des tâches ne nécessitent pas d'être accomplies immédiatement, et qu'il est possible de les reporter sans causer de dommages importants [83]. La méthode de

gestion du temps d'Eisenhower, également connue sous le nom de matrice d'Eisenhower, n'a pas été créée par Dwight D. Eisenhower lui-même. En réalité, la paternité de cette méthode est souvent attribuée à Stephen Covey, un auteur et consultant en gestion du leadership. Stephen Covey a popularisé la matrice d'Eisenhower dans son livre influent intitulé "First Things First", co-écrit avec A. Roger Merrill et Rebecca R. Merrill, publié en 1994. Covey a utilisé la matrice pour illustrer des principes de gestion du temps et de priorisation des tâches dans le contexte de ses "Sept habitudes de ceux qui réalisent tout ce qu'ils entreprennent". Bien que la matrice d'Eisenhower ait été attribuée à Covey, elle s'inspire des idées et de la philosophie du président américain Dwight D. Eisenhower, qui était réputé pour sa capacité à gérer efficacement son temps et ses responsabilités.

- La méthode GTD, acronyme de "Getting Things Done" (Faire avancer les choses en français), a été développée par David Allen. David Allen est un consultant en productivité et un auteur américain. Il a présenté la méthode GTD dans son livre éponyme, "Getting Things Done : The Art of Stress-Free Productivity", publié pour la première fois en 2001. La méthode GTD propose une approche systématique de la gestion du temps et des tâches, mettant l'accent sur la capture, la clarification, l'organisation, la réflexion et l'engagement envers les actions nécessaires pour atteindre des objectifs. La méthode GTD, devenue très populaire, est largement utilisée dans le monde professionnel et personnel pour améliorer l'efficacité et réduire le stress lié aux responsabilités multiples. Dans la méthode GTD, il est essentiel de capturer toutes les tâches, idées et engagements dans un système externe, que ce soit sur papier ou électronique. Une fois capturé, chaque élément doit être examiné lors de la phase de clarification, où l'on décide de l'action à entreprendre, que ce soit l'exécuter, la reporter, la déléguer ou l'archiver. L'organisation intervient ensuite, impliquant la classification des tâches en catégories, leur regroupement par contexte et l'attribution de niveaux de priorité. La réflexion est un aspect clé, nécessitant des revues régulières pour mettre à jour et ajuster les priorités en fonction des évolutions. Enfin, l'engagement actif à effectuer les tâches définies est essentiel pour maintenir l'efficacité du système GTD.
- La règle de Pareto, également connue sous le nom de principe 80/20, a été formulée par l'économiste italien Vilfredo Pareto au XIXe siècle. Pareto observa que, dans de nombreuses situations, environ 80% des résultats provenaient de 20% des efforts ou des causes [84]. Ce principe a été généralisé pour s'appliquer à de nombreux domaines, y compris la gestion du temps. La première étape de la règle de Pareto en gestion

du temps consiste à identifier les tâches, projets ou activités qui contribuent le plus significativement à vos résultats, représentant potentiellement les 20% d'efforts qui génèrent 80% des résultats. Une fois ces tâches prioritaires identifiées, la priorisation devient cruciale, demandant de concentrer les efforts sur ces activités clés qui sont susceptibles d'avoir un impact significatif sur les objectifs. La règle de Pareto suggère également de libérer du temps et de l'énergie en éliminant ou minimisant les tâches non essentielles qui contribuent de manière marginale aux résultats. En comprenant que la majorité des résultats provient d'une minorité d'efforts, l'optimisation du temps et des ressources devient une priorité, incitant à travailler de manière plus efficace et à diriger délibérément les efforts vers les activités les plus productives. Enfin, la réévaluation constante se révèle cruciale, car les priorités peuvent évoluer, nécessitant une adaptation continue pour maximiser la productivité.

1.4.3.4 Faiblesses

La gestion d'une entreprise est un défi complexe qui nécessite une combinaison de compétences et de qualités pour être réalisée efficacement. Les managers doivent être en mesure de planifier et de prendre des décisions stratégiques, de communiquer efficacement, de gérer les employés et les ressources, et de s'adapter aux changements [85]. Cependant, même les meilleurs managers peuvent être confrontés à des difficultés qui peuvent avoir un impact négatif sur la performance de l'entreprise. Il est donc important pour les managers de reconnaître ces difficultés et de travailler à les surmonter pour maintenir un niveau élevé de productivité et de performance. On constate fréquemment de nombreux points négatifs en matière de management :

- Absence de planification et de prise de décisions stratégiques adéquates : Les managers qui ne prennent pas le temps de planifier et de réfléchir à des stratégies efficaces pour atteindre les objectifs de l'entreprise peuvent causer des retards et des erreurs qui ont un impact négatif sur le rendement de l'entreprise.
- Incapacité à gérer les conflits et à résoudre les problèmes efficacement : Les managers incapables de gérer les conflits et de résoudre les problèmes efficacement peuvent causer des tensions et des retards ayant un impact négatif sur les résultats de l'entreprise [86].
- Absence de transparence et de responsabilité : Les managers manquant de transparence sur les décisions et les actions de l'entreprise et qui ne prennent pas la respon-

sabilité de leurs erreurs peuvent causer un manque de confiance et de respect de la part des employés et des partenaires commerciaux.

- Manque de reconnaissance et de récompenses pour les employés : Les managers qui ne reconnaissent pas et ne récompensent pas les employés pour leur bon travail peuvent causer un manque d’engagement et de motivation de la part des employés.
- Mauvaise communication interne et externe : La communication est un élément clé de la gestion réussie. Les managers qui ne communiquent pas clairement et efficacement avec les employés, les clients et les partenaires commerciaux peuvent causer des malentendus et des erreurs qui ont un impact négatif sur les relations et les résultats.
- Absence de flexibilité et de capacité à s’adapter aux changements : Les managers qui ne sont pas flexibles et qui ne peuvent pas s’adapter aux changements peuvent causer des retards et des erreurs qui ont un impact négatif sur les résultats de l’entreprise.
- Manque de leadership et de motivation des employés : Les managers qui ne sont pas des leaders efficaces et qui ne motivent pas les employés peuvent causer un manque d’engagement et de productivité de la part des employés.

Ainsi, la gestion des ressources humaines, cruciale dans la gestion d’une entreprise, implique la planification, la mise en œuvre et la surveillance des programmes et des politiques visant à attirer, à sélectionner, à former [85], à motiver et à retenir les employés. Les managers en charge de la gestion des ressources humaines doivent être en mesure de comprendre les besoins et les attentes des employés, de gérer les conflits et les relations de travail, de mettre en place des programmes de rémunération et de bénéfices compétitifs et de favoriser une culture d’entreprise positive. Une gestion efficace des ressources humaines est essentielle pour maintenir une main-d’œuvre motivée et engagée, qui contribue à la réalisation des objectifs de l’entreprise.

Cependant, il s’agit là d’individus, avec des systèmes de valeurs probablement différents. Si un individu accorde une grande importance à la qualité de vie au travail, il pourrait être plus enclin à promouvoir des politiques qui favorisent le bien-être des employés, comme des horaires flexibles ou des espaces de détente. S’il est axé sur la performance, il pourrait être plus disposé à mettre en place des mécanismes de mesure de la performance pour évaluer les employés et à récompenser les meilleurs, sous forme d’élitisme. Les valeurs personnelles

peuvent également influencer la manière dont un individu gère les conflits, communique avec les employés et prend des décisions. Autant de singularités qui rendent le management acrobatique.

1.4.4 La gestion logicielle du temps en entreprise

1.4.4.1 Les GTA

Un logiciel de gestion du temps et des activités d'une entreprise (GTA) est un type de logiciel qui permet de suivre et de gérer les activités et les tâches d'une entreprise, ainsi que les heures travaillées par les employés. Il peut aider les entreprises à améliorer la productivité et l'efficacité en suivant les activités des employés, en planifiant les projets et en gérant les heures de travail [87].

Les fonctionnalités d'un logiciel de gestion du temps et des activités d'une entreprise peuvent inclure la saisie des heures travaillées, la planification des projets et des tâches, la gestion des absences, la gestion des vacances, la gestion des notes de frais, le suivi des performances des employés, la génération de rapports et la gestion des projets.

Il est utilisé pour optimiser l'utilisation du temps des employés et pour planifier les ressources humaines et matérielles nécessaires pour les projets. Il peut aider les entreprises à suivre les coûts, les délais et les performances des employés et des projets pour améliorer la productivité et l'efficacité de l'entreprise. Ces logiciels proposent généralement ce type de fonctionnalités :

- Les employés peuvent entrer leur temps de travail quotidien, hebdomadaire ou mensuel dans le logiciel, permettant aux gestionnaires de suivre les heures travaillées et de vérifier les heures supplémentaires et les heures absentes.
- Planification des projets et des tâches en permettant aux utilisateurs de créer et de suivre des projets et des tâches, de définir les objectifs et les deadlines, de planifier les ressources nécessaires et de suivre les performances.
- Gestion des absences et des vacances en permettant aux employés de demander des absences ou des vacances, aux gestionnaires d'approuver ou de refuser les demandes, et de suivre les jours de congé pris par les employés.

- Suivi des performances en fournissant des tableaux de bord et des indicateurs relatifs aux employés et aux projets, aux tâches et aux activités effectuées.
- Des fonctionnalités pour générer des rapports sur les heures travaillées, les projets et les tâches, les absences et les vacances, les performances et les coûts pour permettre aux gestionnaires de prendre des décisions informées.

Un GTA automatise et centralise, de la même manière qu'un ERP, des informations essentielles à la gestion du personnel dans une entreprise.

1.4.4.2 Forces et faiblesses

Les GTA peuvent remplacer une partie de la gestion manuelle et humaine du temps, mais ils ne peuvent pas se passer complètement de la supervision humaine, la communication et la prise de décision. Les employeurs doivent encore utiliser leur jugement pour décider comment utiliser les données fournies par le logiciel, comment gérer les conflits et comment prendre les décisions importantes concernant les employés et les projets. Les GTA offrent des fonctionnalités qui sont appréciées par les gestionnaires et les employés :

- La précision : Les logiciels de gestion du temps de travail permettent de suivre précisément les heures de travail, les heures supplémentaires et les heures de départ anticipé, ce qui permet aux managers de faire des prévisions plus précises et de planifier les horaires de travail plus efficacement.
- L'automatisation : Les logiciels de gestion du temps de travail peuvent automatiser de nombreuses tâches administratives, comme la saisie des heures de travail, la gestion des congés et les calculs de paie, ce qui permet aux managers de consacrer plus de temps à la gestion des employés et moins de temps à des tâches administratives fastidieuses.
- La transparence : Les logiciels de gestion du temps de travail permettent de suivre les heures de travail en temps réel, ce qui permet aux managers de savoir rapidement qui est en ligne et qui est absent, ce qui facilite la prise de décisions en cas de besoin.
- La flexibilité : Les logiciels de gestion du temps de travail peuvent être utilisés par les employés et les managers à distance, ce qui permet de gérer les heures de travail

de manière flexible, indépendamment de l'emplacement physique de l'employé ou du manager.

Cependant les GTA comportent aussi quelques inconvénients qui pourraient constituer des axes d'amélioration à prendre en compte pour leur évolution :

- Les coûts : Les logiciels de gestion du temps de travail peuvent être coûteux à l'achat et à l'utilisation, ce qui peut être un frein pour certaines entreprises.
- La complexité : Les logiciels de gestion du temps de travail peuvent être complexes à utiliser, notamment pour les employés qui ne sont pas à l'aise avec les outils informatiques.
- La sécurité : Les logiciels de gestion du temps de travail stockent des informations sensibles sur les employés, il est donc important de protéger ces informations contre les risques de piratage ou de fuite. La question du devenir des données est également essentielle en fonction de la législation. Le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) s'applique à toutes les entreprises, organisations et organismes qui traitent des données à caractère personnel des citoyens de l'Union Européenne, qu'ils soient situés dans l'UE ou non. Le RGPD donne droit à une personne de contrôler l'utilisation des données qui la concernent. Un GTA stocke des informations très complètes sur les utilisateurs, et il serait inefficace dans le cas contraire. Il est donc crucial de demander l'approbation de l'utilisateur pour garantir légalité et performance.
- La dépendance : Les entreprises dépendent des logiciels de gestion du temps de travail pour gérer les heures de travail, il est donc important de s'assurer que ces logiciels sont fiables et disponibles en tout temps.

En dehors des questions de sécurité et de complexité, le problème de la dépendance est accentué lorsque le GTA est en architecture cloud. Pour ce genre de logiciel, une architecture client-serveur locale est à privilégier, réduisant ainsi les probabilités d'indisponibilité.

1.4.5 Conclusion

Lorsqu'il s'agit de gérer les employés et les activités d'une entreprise, il existe deux approches principales : la gestion humaine et la gestion logicielle. La gestion humaine, également appelée gestion par les ressources humaines (GRH), se concentre sur les relations interpersonnelles, la communication et la motivation des employés. Elle vise à maintenir un bon climat de travail et à résoudre les problèmes de manière efficace. Cette approche est basée sur l'analyse des comportements humains et des relations sociales, et repose sur des méthodes qualitatives telles que les entretiens, les questionnaires et les observations.

La gestion logicielle, également appelée gestion informatisée, se concentre sur l'automatisation, la précision et l'analyse de données. Elle utilise des outils informatiques pour gérer les processus administratifs, suivre les performances et améliorer la prise de décisions. Cette approche est basée sur l'analyse quantitative des données, et repose sur des méthodes quantitatives telles que les statistiques, les indicateurs de performance, et les tableaux de bord.

Les deux approches ont leurs propres avantages et inconvénients. La gestion humaine peut aider à maintenir un bon climat de travail et à résoudre les problèmes de manière efficace, mais elle peut être plus coûteuse et moins précise que la gestion logicielle. La gestion logicielle, quant à elle, peut aider à accélérer les processus administratifs, à améliorer la prise de décisions et à optimiser l'utilisation des ressources, mais elle peut être moins efficace pour maintenir un bon climat de travail et pour résoudre les problèmes de manière efficace.

En fin de compte, pour obtenir des résultats optimaux, il est recommandé d'utiliser une combinaison des deux approches. Il est possible d'utiliser des outils informatiques pour automatiser les processus administratifs, suivre les performances et améliorer la prise de décisions, tout en utilisant des méthodes qualitatives pour maintenir un bon climat de travail et pour résoudre les problèmes de manière efficace. Cette combinaison permet de tirer parti des avantages de chaque approche pour maximiser les performances de l'entreprise.

2

L'aide à la décision

2.1	Introduction	57
2.2	Présentation	58
2.3	Les acteurs	59
2.4	Les problématiques	60
2.4.1	Problématique du choix	60
2.4.2	Problématique du tri	60
2.4.3	Problématique du rangement	61
2.4.4	Problématique de la description	61
2.4.5	Problématique de la typologie	62
2.5	Les critères	62
2.5.1	Introduction	62
2.5.2	Rôle dans l'aide à la décision	62
2.5.3	Critère unique	63
2.5.4	Multicritère	64
2.6	La décision	65
2.6.1	Les types de décisions	65
2.6.2	La solution satisfaisante	66
2.7	Les alternatives	69
2.8	Les préférences	70
2.9	La méthode AHP	71
2.9.1	Introduction	71
2.9.2	Présentation	72
2.9.3	Application	73

2.1 Introduction

Dans le contexte concurrentiel actuel, et face à la dynamique des besoins des clients, l'entreprise doit répondre aux attentes de manière flexible et efficace par une exploitation de ses connaissances et de ses compétences dans la prise de décision. La décision est un choix qui s'opère dans un domaine quel qu'il soit et dont l'objectif est d'apporter une solution à un problème. Cependant, les outils d'aide à la décision dépendent des différents paramètres et de la nature du problème à résoudre.

La prise de décision et son exécution sont les buts fondamentaux de toute organisation et de tout management. Toute organisation dépend structurellement de la nature des décisions qui sont prises en son sein par des décideurs qu'ils soient individuels ou collectifs. Les organisations ont quotidiennement recours à des systèmes qui permettent de soutenir des décisions concernant, entre autres, la planification stratégique, l'analyse des liquidités, le lancement de nouveaux produits et la gestion du personnel. De façon générale, prendre une décision revient à choisir parmi plusieurs alternatives susceptibles de résoudre un problème dans un contexte donné. Plus particulièrement, la prise de décision est une activité intrinsèque au métier d'ingénieur et de manager où une aide à la décision est souvent nécessaire afin de faire face à la complexité que certains problèmes de décision peuvent représenter.

Les premières réflexions ont été émises par des penseurs et philosophes tels que Aristote ou Platon qui considéraient déjà qu'une décision complexe est intrinsèquement liée à différents points de vue correspondant à ce que l'on appelle des critères. Pendant longtemps, la seule manière d'énoncer un problème de décision était de le définir par rapport à un seul critère, auquel cas le problème est considéré comme étant monocritère. De nombreuses méthodes de résolution de tels problèmes ont été proposées par la recherche opérationnelle, comme la théorie de la décision avec fonction d'utilité, la programmation dynamique ou l'optimisation sous contraintes et bien d'autres encore. Cependant, dans la réalité, la prise de décision doit prendre en compte un ensemble de critères avec leurs avantages et leurs inconvénients. On parle alors de l'aide à la décision multicritère, domaine qui aujourd'hui, est en plein essor.

Deux écoles se démarquent dans l'approche de l'aide à la décision multicritère. L'école européenne, souvent caractérisée par une approche plus qualitative et orientée vers les processus, accorde une importance particulière à la contextualisation des critères et à la considération des nuances propres à chaque situation. Elle met l'accent sur la compréhension approfondie des aspects qualitatifs et sur l'implication des parties prenantes dans le processus de décision.

En revanche, l'école américaine tend à adopter une approche plus quantitative et formalisée de l'AHP. Elle met en avant l'objectivité des données quantitatives, la modélisation mathématique et l'application rigoureuse des matrices de comparaison pair-à-pair. Cette approche favorise une prise de décision basée sur des données chiffrées et une évaluation plus structurée des critères. Cet affrontement, bien que souvent présenté de manière simplifiée, réside davantage dans les nuances que dans une opposition frontale. Certains chercheurs affirment que l'école américaine a arrêté la recherche trop tôt, de sorte que son potentiel est surestimé [88]. Néanmoins les praticiens peuvent, en réalité, emprunter des éléments des deux écoles en fonction des besoins spécifiques de leur contexte décisionnel.

2.2 Présentation

Le champ d'étude de l'aide à la décision implique l'utilisation de techniques et de méthodologies pour améliorer l'efficacité de la prise de décision individuelle. Il est largement utilisé dans des domaines tels que la finance, la banque, les assurances, l'informatique, la politique et la gestion de crise. Les outils d'AAD visent à fournir des moyens simples pour vérifier et analyser rapidement les informations, sans avoir besoin de connaissances poussées en mathématiques ou en informatique.

Lorsque l'on aborde un problème multicritère, la recherche de la "solution la plus adéquate" implique généralement un processus structuré en quatre grandes étapes pour aboutir à une dernière étape de décision [89] :

- Dresser la liste des actions potentielles.
- Former la liste des critères à prendre en considération.
- Établir le tableau des performances.
- Agréger les performances.
- Proposer une recommandation.

La théorie de la décision, les arbres de décision, et d'autres méthodes d'aide à la décision, permettent aux décideurs de faire un choix parmi plusieurs solutions, en se basant sur des critères établis, de manière plus transparente et robuste. Ils permettent de résoudre des

problèmes variés en proposant plusieurs choix possibles, tels que l'implantation de sites industriels, la stratégie de dépollution d'un lac, la constitution de portefeuilles de valeurs, etc. Ils aident également au diagnostic et facilitent la prise de décision stratégique ou opérationnelle en environnements imprécis ou incertains.

Il existe des méthodes mathématiques d'analyse multicritère et des algorithmes qui permettent de résoudre des problèmes d'aide à la décision multicritère, tels que la méthode AHP (Analyse Hiérarchique des Critères). Cette méthode permet de hiérarchiser les critères et les alternatives en utilisant des pondérations et des matrices d'analyse pour obtenir une solution optimale. AHP a été développée par le mathématicien et chercheur américain Thomas L. Saaty qui a introduit la méthode AHP dans les années 1970 et a formalisé ses principes dans plusieurs articles et ouvrages, dont son livre influent "The Analytic Hierarchy Process" publié en 1980.

En résumé, l'aide à la décision est un domaine crucial pour aider les décideurs à prendre des décisions efficaces en utilisant des outils et des méthodes pour rassembler, analyser et interpréter les informations, et en utilisant des techniques mathématiques pour résoudre des problèmes complexes. Les méthodes d'aide à la décision permettent de prendre des décisions plus informées, plus transparentes et plus robustes, en utilisant des techniques d'analyse multicritère pour hiérarchiser les critères et les alternatives, et en utilisant des méthodes mathématiques pour résoudre des problèmes d'optimisation.

2.3 Les acteurs

Même si en dernier ressort la responsabilité de la décision incombe à un individu clairement identifié, cette décision est généralement la résultante d'une interaction entre ses propres préférences et celles d'autrui. La décision peut être le fait d'intervenants, qui conditionnent directement la décision en fonction du système de valeur dont ils sont porteurs, tels que :

- des individus.
- des corps constitués (assemblée élue, conseil, comité, commission, syndicat).
- des collectivités (groupe de pression, association de défense, opinion publique).

La décision a des conséquences qui sont, quant à elles, subies par les agis (administrés,

contribuables, consommateurs, étudiants d'une université, personnel d'une entreprise). Le couple (intervenants, agis), par la confrontation permanente des préférences de chacun d'eux, représente le processus de décision [90].

2.4 Les problématiques

Les problèmes de décision sont généralement compartimentés en 5 catégories, considérées comme des problématiques de référence.

2.4.1 Problématique du choix

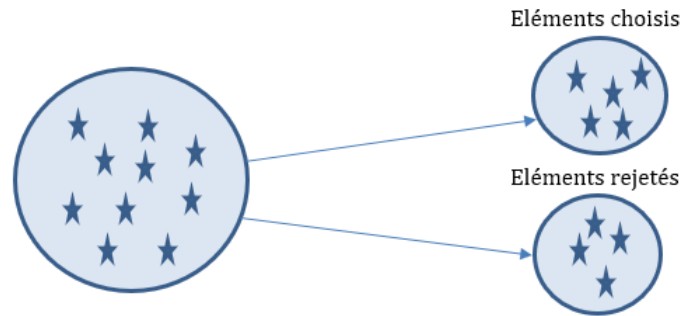


FIGURE 2.1 – Problématique du choix

Il s'agit de la problématique la plus classique en aide à la décision. Elle généralise la problématique de la recherche opérationnelle. Elle consiste à sélectionner un sous ensemble aussi restreint que possible d'actions A' d'un ensemble de A . Elle aboutit à la mise au point d'une procédure de sélection.

2.4.2 Problématique du tri

Elle consiste à affecter les actions de A à des catégories prédéfinies (caractérisées par exemple par des actions de référence). La comparaison ne concerne pas les actions entre elles mais on se fonde uniquement sur les comparaisons des actions de A aux actions de référence. On parle dans ce cas de procédure d'affectation à des catégories.

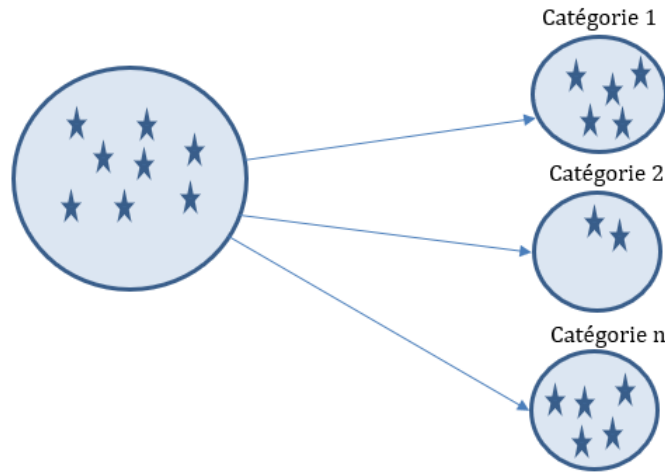


FIGURE 2.2 – Problématique du tri

2.4.3 Problématique du rangement

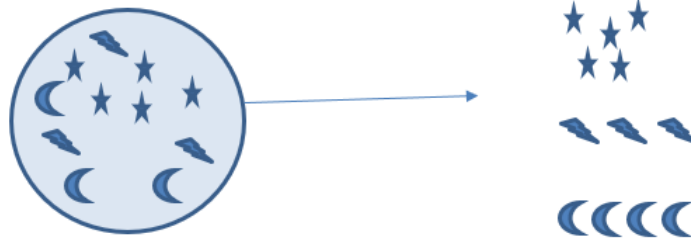


FIGURE 2.3 – Problématique du rangement

Son objectif est d'ordonner les actions de A. Le but n'est pas nécessairement un ordre complet sur les actions au sens d'une relation de préférence globale. On cherche plutôt à regrouper les actions en classes d'équivalence, celles-ci étant totalement ou partiellement ordonnées. La procédure recherchée est une procédure de classement.

2.4.4 Problématique de la description

Elle fait partie de la première phase d'analyse des problématiques précédentes. Elle consiste à éclairer l'analyse des actions en définissant des conséquences élémentaires, des critères ainsi que le choix ultérieur d'une autre problématique. L'éventuelle procédure dans ce cas est appelée procédure cognitive.

2.4.5 Problématique de la typologie

C'est une problématique complémentaire à celle du Tri, consistant à considérer des catégories qui correspondent à des décisions. Cependant, l'objectif n'est pas d'affecter des actions à des catégories prédéfinies mais de regrouper les actions en sous-ensembles d'actions qui méritent de recevoir une même décision [90].

2.5 Les critères

2.5.1 Introduction

Un critère est une fonction qui associe un nombre à chaque décision et qui croît avec les préférences du décideur. Afin de traiter un problème de décision, nous devons effectuer les opérations suivantes :

- Ranger les décisions dont les conséquences sont certaines (ce qui revient à établir nos préférences).
- Établir le rapport entre nos préférences et l'optimisation d'un critère.

Dans le cas de décisions rationnelles sans incertitude :

- Pour choisir l'une des meilleures décisions, il faut d'abord les avoir ordonnées en remontant des conséquences aux décisions elles-mêmes (exprimer son ordre de préférence).
- Si les décisions ont plusieurs composantes (classement $A : X$ en fonction de Y et classement $B : Y$ en fonction de X), alors il faudra définir un critère permettant de tout regrouper en un seul et unique classement.

2.5.2 Rôle dans l'aide à la décision

L'aide à la décision à critère unique et l'aide à la décision multicritère sont deux approches différentes pour prendre des décisions.

L'aide à la décision à critère unique est une approche qui permet de prendre des décisions en fonction d'un critère unique, généralement un critère quantitatif comme le coût ou

le rendement. Cette approche est souvent utilisée dans des contextes simples où les critères de décision sont clairement définis et peu nombreux.

L'aide à la décision multicritère, quant à elle, permet de prendre des décisions en tenant compte de plusieurs critères simultanément, qui peuvent être qualitatifs ou quantitatifs. Cette approche est utilisée dans des contextes plus complexes où les critères de décision sont nombreux et peuvent avoir des objectifs différents. Cette approche permet de prendre en compte les interactions entre les critères et de prendre des décisions plus informées et plus robustes.

2.5.3 Critère unique

L'aide à la décision à critère unique est une approche utilisée pour prendre des décisions en fonction d'un seul critère, dans des contextes simples où les critères de décision sont clairement définis et peu nombreux. Elle permet de sélectionner l'alternative qui présente les meilleures performances sur le critère considéré.

Il existe plusieurs méthodes, qui ont été développées au cours des dernières décennies, chacune ayant ses propres avantages et limites. Les méthodes les plus courantes incluent :

- La méthode du coût-bénéfice qui consiste à évaluer les alternatives en fonction du rapport entre les coûts et les bénéfices associés.
- La méthode de la Valeur Attendue (VE) qui consiste à évaluer les alternatives en fonction de la somme pondérée des gains potentiels et des pertes potentielles.
- La méthode des coûts minimaux qui consiste à choisir l'alternative qui a le coût le plus faible.

L'aide à la décision à critère unique ne tient pas compte des interactions entre les critères, ce qui entraîne des décisions qui ne sont optimales que sur l'unique critère. Cependant, dans les situations où les critères de décision sont multiples et/ou complexes, il est préférable d'utiliser une approche d'aide à la décision multicritère pour prendre en compte les interactions entre les critères et obtenir de meilleures décisions.

Selon Roy, dans toute situation devant entraîner une décision, il en existe au moins une

qui, avec suffisamment de temps et de moyens, peut être démontrée comme optimale [90].

2.5.4 Multicritère

L'aide à la décision multicritère est une méthodologie utilisée dans des contextes variés, tels que la sélection de sites industriels, la planification de projets, la gestion de portefeuilles de valeurs, la définition de politiques publiques, et d'autres encore. Il existe de nombreuses entreprises qui utilisent l'aide à la décision multicritère dans leur gestion. Entre autres, Boeing pour optimiser la conception de ses avions, Walmart pour optimiser la gestion de ses stocks et la localisation de ses magasins, Google pour optimiser la pertinence des résultats de recherche, la NASA afin d'optimiser la planification des missions spatiales, ou encore les entreprises du secteur automobile dans le but d'optimiser les processus de production et la sélection de leurs fournisseurs.

Il existe plusieurs méthodes d'aide à la décision multicritère qui ont été développées au cours des dernières décennies, chacune ayant ses propres avantages et limites. Les méthodes les plus citées incluent :

- La méthode AHP (Analyse Hiérarchique des Critères), qui permet de hiérarchiser les critères et les alternatives en utilisant une matrice de comparaison pair-à-pair [91].
- La méthode PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), qui utilise des fonctions de préférence pour évaluer les alternatives [92].
- La méthode ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la REalité), qui utilise des seuils de décision pour éliminer les alternatives non viables [93].

Les méthodes d'aide à la décision multicritère prennent en compte les interactions entre les critères, ce qui permet de prendre des décisions plus informées et plus robustes. C'est un domaine scientifique qui utilise des méthodes mathématiques pour aider les décideurs à prendre des décisions en tenant compte de plusieurs critères simultanément, et en permettant d'évaluer les alternatives en fonction de leurs performances sur un ensemble de critères, pour déterminer la solution la plus appropriée en fonction de leurs objectifs et de leurs contraintes.

2.6 La décision

Une décision est une action qui est prise pour faire face à une difficulté ou répondre à une modification de l'environnement, c'est-à-dire pour résoudre un problème qui se pose à l'individu ou à l'organisation. Prendre une décision c'est faire un geste de capture orienté vers un but dans l'espace. Décider revient à choisir un chemin, et ce choix exige un travail de comparaison, de réflexion, d'arbitrage entre les avantages et les inconvénients des diverses routes [94].

2.6.1 Les types de décisions

2.6.1.1 Les décisions structurées

Les décisions structurées, qui sont des décisions programmables ou déterministes, permettent de déterminer les résultats avec certitude.

La décision structurée, dite opérationnelle, est une décision qui est dans la plupart des cas prise sur une base assez fréquente et basée directement sur les intrants. Avec des décisions structurées, une fois que vous connaissez les informations nécessaires, vous connaissez également la décision qui doit être prise. Par exemple, les niveaux de réapprovisionnement des stocks peuvent être des décisions structurées. Une fois que votre stock est inférieur à un certain seuil, on déclenche une commande. Les décisions structurées sont de bons candidats pour l'automatisation [95].

2.6.1.2 Les décisions semi-structurées

Les décisions semi-structurées qui sont des décisions peu ou moins structurées pour lesquelles on peut préétablir certaines procédures décisionnelles, mais pas suffisamment pour recommander une décision déterminée. Une décision semi-structurée, dite tactique, est une décision dans laquelle la plupart des facteurs nécessaires à la prise de décision sont connus, mais l'expérience humaine et d'autres facteurs extérieurs peuvent encore avoir un impact sur la décision. Un bon exemple de décision semi-structurée serait le diagnostic d'un problème médical.

2.6.1.3 Les décisions non structurées

Les décisions non structurées, dites stratégiques, comportent beaucoup d'inconnues. Souvent, les décisions non structurées sont prises pour la première fois. Un système d'information peut soutenir ces types de décisions en fournissant aux décideurs des outils de collecte d'in-

formations et des capacités de collaboration. Un exemple de décision non structurée pourrait être la gestion d'un problème de main-d'œuvre ou la définition d'une politique pour la mise en œuvre d'une nouvelle technologie [95].

2.6.2 La solution satisfaisante

En aide à la décision, on ne cherchera pas toujours une solution optimale, mais plutôt une solution satisfaisante. Herbert Simon a introduit le concept de "satisficing" dans son ouvrage "Administrative Behavior : A Study of Decision-Making Processes" publié en 1947. Le terme "satisficing" est une fusion de "satisfy" (satisfaire) et "suffice" (suffire), et il suggère que dans de nombreuses situations de prise de décision, les individus optent pour une solution qui est satisfaisante ou suffisante plutôt que de rechercher la solution optimale, souvent en raison de contraintes de temps et de ressources [96]. Dans la littérature, il y a deux approches pour trouver des solutions satisfaisantes.

2.6.2.1 L'efficience de Pareto

L'efficience de Pareto, concept économique qui décrit une situation où il est impossible d'améliorer les performances d'un critère sans détériorer celles d'un autre critère, a été formulé pour la première fois par le sociologue et économiste italien Vilfredo Pareto dans les années 1890. Il est souvent utilisé pour expliquer les relations entre différents critères de performance et pourquoi il est difficile d'améliorer les performances d'un système ou d'un processus sans affecter négativement les autres critères [97].

Ainsi, une alternative est préférée à une autre si elle est considérée comme meilleure sur au moins un critère, et au moins aussi bonne sur tous les autres critères. Cela respecte le principe de Pareto, dans lequel on ne doit pas détériorer l'importance (la valeur) d'un critère au profit d'un autre.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- L'incomparabilité n'est pas permise.
- La transitivité est respectée.
- Il y a compensation entre les critères.

2.6.2.2 La relation de surclassement

La relation de surclassement, concept lié à l'efficacité de Pareto, décrit une situation où une alternative A est dite surclassée par une autre alternative B si A est moins bonne que B sur tous les critères considérés. Cela signifie qu'il n'y a pas de critère sur lequel A est meilleure que B. Il est donc inutile de considérer A comme une alternative possible car B est toujours préférable [98].

Elle est souvent utilisée en analyse multicritère pour éliminer les alternatives qui ne sont pas compétitives par rapport aux autres alternatives considérées. Elle permet de simplifier les choix et de se concentrer sur les alternatives les plus prometteuses.

Elle ne s'applique qu'à des alternatives comparées sur les mêmes critères, dans les mêmes contextes et avec les mêmes objectifs. Il est donc important de bien définir les critères, les objectifs et les alternatives avant de déterminer la relation de surclassement.

Quelques conditions sont à respecter :

- Les solutions possibles doivent être mutuellement exclusives (condition de globalité)
- Les solutions doivent constituer un ensemble bien défini et déterminé (condition de stabilité)
- Il doit être possible d'ordonner les alternatives de la meilleure à la moins bonne (condition de complète comparabilité transitive)

2.6.2.3 La notion d'échelle

La notion d'échelle est aussi essentielle. Est-il possible de ranger, classer, caractériser les actions d'un ensemble A afin de répondre à un problème de décision ?

- Soit un ensemble d'actions noté A

$$A = a(1) \dots a(j) \dots a(m)$$

- Soit un ensemble de critères noté C

$$C = c(1) \dots c(i) \dots c(n)$$

- Une action $a(j)$ peut être décrite par le vecteur suivant :

$$a(j) = (g(1)(a(j)) \dots g(i)(a(j)) \dots g(n)(a(j)))$$

La Pareto-dominance n'étant pas systématique dans un ensemble A , l'idée serait de fusionner ces informations pour en améliorer le sens. Pour cela, on doit transformer les valeurs de départ en échelle, grâce à la théorie du mesurage.

Le mesurage est une théorie mathématique qui permet la description, la classification et l'évaluation de grandeurs physiques ou perceptuelles [99]. Il s'agit d'un processus d'assignation de symboles à un système d'attributs de manière telle que les symboles assignés soient le reflet des propriétés des attributs (exemple : la masse, la beauté, la température, la performance). Cela s'appuie sur trois théorèmes [100] :

- Le théorème de représentation permet de représenter toutes les alternatives possibles dans un espace à n dimensions, où chaque dimension correspond à un critère de décision, en utilisant une fonction de synthèse pour combiner les critères en un seul critère. Il est souvent utilisé pour démontrer la validité de différentes méthodes d'analyse multicritère et pour faciliter la comparaison des alternatives en utilisant des indicateurs de performance synthétiques. Il est important de sélectionner une fonction de synthèse qui reflète au mieux les objectifs et les besoins de l'analyse multicritère.
- Le théorème d'unicité énonce qu'il existe une solution unique qui optimise tous les critères de décision simultanément. Ce théorème ne garantit pas qu'une solution optimale sera trouvée, ni même qu'une solution existe. Il est essentiel de prendre en compte les préférences des décideurs pour sélectionner la meilleure solution possible.
- Le théorème de la signifiante énonce qu'une différence entre deux alternatives n'est significative que si elle est supérieure à un certain seuil pour au moins un critère. Il est utilisé pour éviter de considérer des différences minimales entre les alternatives comme significatives lors de la prise de décision et il est particulièrement important dans les cas où il existe de nombreux critères de décision et où les différences entre les alternatives sont minimales pour la plupart des critères.

Une échelle associe donc un symbole, une valeur, un rang, à un objet, ou plus exactement à l'attribut d'un objet. Les échelles peuvent être nominales, ordinales, d'intervalle, de ratio, absolues.

2.7 Les alternatives

Une alternative se définit comme une action, une proposition, ou solution envisageable parmi un ensemble d'options disponibles pour résoudre un problème ou atteindre un objectif déterminé. Elle constitue une entité discrète, soumise à évaluation, et représentative d'une approche distincte dans le contexte de la prise de décision. Leur utilité est multiple :

- Diversité des options : Les alternatives englobent une diversité de stratégies pour aborder un problème, offrant ainsi une pluralité de choix aux décideurs.
- Évaluation comparative : Elles font l'objet d'une évaluation comparative sur la base de critères multiples, permettant ainsi de déterminer la solution optimale en tenant compte des aspects diversifiés du problème.
- Flexibilité de choix : La présence d'alternatives confère aux décideurs une latitude décisionnelle pour ajuster leurs choix conformément aux contraintes, préférences et fluctuations de la situation.
- Prise de décision informée : L'évaluation des diverses alternatives autorise une prise de décision plus éclairée et réfléchie, contribuant ainsi à minimiser les risques associés à ce processus.
- Adaptation aux contraintes : Dans le cas de contraintes spécifiques, les alternatives offrent une marge de manœuvre pour trouver des solutions en harmonie avec ces contraintes.
- Gestion des incertitudes : La présence de multiples alternatives facilite la gestion des incertitudes en permettant la considération de divers scénarios et l'évaluation de la robustesse des solutions face à l'incertitude.
- Optimisation globale : La comparaison entre alternatives vise à rechercher une solution qui optimise globalement les résultats, prenant en compte une multitude de critères,

au-delà de l'optimisation sur un critère unique.

Les alternatives, en tant que choix envisageables, enrichissent la démarche décisionnelle en proposant une gamme d'options à évaluer et à comparer. Elles confèrent aux décideurs la possibilité de sélectionner la solution la plus adaptée en fonction de leurs objectifs, contraintes et des critères pertinents pour le problème sous-jacent.

2.8 Les préférences

La préférence est l'expression d'un choix, en raison de critères soit subjectifs (on parle alors de goût) plus ou moins conscients, soit objectifs, basés sur des critères clairement énoncés et conscients. Ainsi, la préférence correspond à une manifestation affective évaluative relativement stable qui porte sur les objets, les situations ou les personnes, qui nous attirent ou que nous rejetons [101].

En théorie de la décision, une préférence est un élément de motivation, en tant qu'attitude favorable ou défavorable envers telle ou telle chose, idée, personne, pratique. Ainsi ce qui est censé apporter le bonheur est généralement préféré à ce qui est considéré comme cause potentielle de souffrance.

Avoir un penchant, un faible, désigne une orientation plus permanente qu'une préférence. De même un objectif est plus fort qu'une intention.

Les préférences sont supposées hiérarchisées (pyramide des besoins) et transitives [?]. Si je préfère A à B, et B à C, je suis censé préférer A à C. Mais dans certaines situations il peut y avoir saturation de l'utilité marginale, ou encore inversion de préférences (consommer plus d'un bien est généralement préféré à en consommer moins, mais ce n'est pas toujours vrai).

Deux règles importantes :

- Règle 1 : A est meilleur que B si et seulement si (ssi) A est au moins aussi bon que B, mais B n'est pas au moins aussi bon que A, soit :

$$A > B \text{ si et seulement si } A \geq B \text{ et non } B \geq A$$

- Règle 2 : A est également bon que B ssi A est au moins aussi bon que B et B est au moins aussi bon que A, soit :

$$A = B \text{ si et seulement si } A \geq B \text{ et } B \geq A$$

2.9 La méthode AHP

2.9.1 Introduction

La méthode AHP (Processus Analytique Hiérarchique) est une méthode d'aide à la décision qui, avec plus de 25 000 articles académiques et études dédiées à son application, s'impose comme une référence incontestée. Elle a été développée par Thomas Saaty dans les années 1970 et elle est largement utilisée dans de nombreux domaines tels que la gestion des projets, la gestion des risques, la planification stratégique et les sciences sociales.

Cette prolifération importante de travaux scientifiques atteste de la prépondérance de l'AHP au sein de la communauté de recherche. Sa diffusion considérable dans la littérature spécialisée démontre sa pertinence et sa popularité croissante.

La simplicité d'utilisation d'AHP n'est pas ce qui m'a motivé dans mon choix. Il y a des raisons plus significatives, notamment sa nature non compensatoire qui souligne un aspect fondamental de ce cadre d'aide à la décision. Contrairement à certaines méthodes qui permettent une compensation entre des critères forts et faibles, l'AHP adopte une approche rigoureuse où les avantages d'un critère ne peuvent pas compenser les lacunes d'un autre. Cette caractéristique reflète la volonté de capturer les préférences des décideurs de manière plus stricte, en évitant les compromis entre des critères divergents.

La méthode AHP utilise une approche hiérarchique pour analyser les critères qui sont importants dans la prise de décision [102]. Elle décompose le problème en différents niveaux de critères, en commençant par un niveau global et en décomposant ensuite les critères en sous-critères de niveau inférieur jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de décomposition possible.

La force de l'AHP réside non seulement dans sa robustesse conceptuelle, mais également dans sa praticité opérationnelle. En effet, sa structure hiérarchique et son processus de comparaison pair-à-pair rendent son utilisation accessible, facilitant ainsi sa mise en œuvre concrète. Dans AHP, les utilisateurs doivent d'abord définir les critères importants pour la décision et ensuite les hiérarchiser en utilisant des matrices de comparaison pair-à-pair [103]. Ces matrices permettent de comparer chaque critère à un autre, et de donner une note qui reflète le degré de préférence ou d'importance relatif de chaque critère par rapport à un autre. Les notes sont ensuite utilisées pour calculer un poids pour chaque critère. Une fois les poids calculés pour chaque critère, ils peuvent être utilisés pour évaluer les différentes options et ainsi prendre une décision en fonction de l'importance relative de chaque critère.

La richesse de l'AHP réside dans sa capacité à s'adapter à diverses interprétations et à répondre à des préférences méthodologiques variées. Ainsi, cette dualité culturelle renforce la polyvalence de la méthode et sa capacité à s'adapter à une variété de situations décisionnelles.

2.9.2 Présentation

C'est une méthodologie systématique, flexible et simple permettant de comparer plusieurs objectifs ou alternatives, au moyen d'une structure hiérarchique et d'une évaluation. Elle se décompose en 5 étapes [104] :

- **Étape 1** : Décomposer le problème en une hiérarchie d'éléments inter-reliés.
- **Étape 2** : Procéder à des comparaisons par paires des éléments de chaque niveau hiérarchique par rapport à un élément de niveau hiérarchique supérieur. Ceci revient à faire des matrices de comparaison pair-à-pair pour hiérarchiser les critères. Ces matrices permettent aux utilisateurs de comparer deux critères à la fois et de donner une note de préférence (par exemple, 9 pour indiquer que le critère A est très préféré par rapport au critère B , ou $1/9$ pour indiquer que le critère A est très peu préféré par rapport au critère B). Quel que soit le cas, et pour toute valeur de la matrice :

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Ces notes, qui proviennent de l'échelle de notation de Saaty (qui sera présentée plus loin) sont ensuite utilisées pour calculer les poids relatifs de chaque critère.

Le poids relatif d'un critère C_i par rapport à un critère C_j est a_{ij} .

La formule pour calculer le poids relatif du critère C_i par rapport à tous les autres poids (ou le poids moyen du critère C_i) est :

$$w_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n a_{ik}$$

Où a_{ik} est le coefficient de comparaison pair-à-pair entre les critères C_i et C_k , et n est le nombre total de critères.

- **Étape 3** : Déterminer l'importance relative des éléments en calculant les vecteurs propres correspondants aux valeurs propres maximales des matrices de comparaison. La formule pour calculer le vecteur propre V est donnée par l'équation matricielle :

$$AV = \lambda V$$

Où A est la matrice de comparaison, λ_{max} est la valeur propre maximale et V est le vecteur propre correspondant.

- **Étape 4** : Vérifier la cohérence des jugements à travers l'indice de cohérence (IC), et le ratio de cohérence (RC), puis choisir l'indice aléatoire (IA) correspondant à la dimension de la matrice.

Les formules pour calculer l'indice de cohérence (IC) et le ratio de cohérence (RC) sont données par :

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Où IA est l'indice aléatoire.

- **Étape 5** : Établir la performance relative de chacune des alternatives sur chaque critère.

Pour chaque possibilité d'action P_l , $l \in \{1, \dots, L\}$ on crée un vecteur de préférence normalisé pour chaque critère $R_l = (r_{li})$.

À partir des préférences et des w_i , on crée un vecteur de priorité :

$$P_l = (P_{li})$$

où $P_{li} = w_i r_{li}$.

Il y a différentes façons d'agréger les vecteurs de priorités pour déterminer la stratégie à choisir. La plus simple est de faire la somme : $S_l = \sum_{i=1}^n P_{li}$ et de choisir S_{\max} .

Ces notations peuvent être obtenues par des évaluations subjectives ou des données quantitatives, selon la nature du problème.

2.9.3 Application

Supposons qu'une entreprise cherche à décider quel site de production installer pour sa nouvelle usine. Les critères importants pour prendre cette décision pourraient inclure les coûts, l'accès aux matières premières, l'accès au marché, l'accès aux talents, l'infrastructure,

la réglementation, la qualité de vie. Afin de traiter cette question avec la méthode AHP, on procède dans cet ordre :

- Définir les critères : Les critères importants pour prendre cette décision sont énumérés ci-dessus. Élaboration des matrices de comparaison pair-à-pair : Utiliser les préférences ou les jugements établis pour les différents critères. Les utilisateurs peuvent utiliser des notes de préférence telles que celles décrites précédemment (9 pour indiquer que le critère A est très préféré par rapport au critère B, ou 1/9 pour indiquer que le critère A est très peu préféré par rapport au critère B) pour comparer les critères entre eux.
- Calculer les poids relatifs : Une fois la matrice de comparaison pair à pair réalisée, il faut normaliser la matrice en divisant chaque élément de la matrice par la somme de la colonne correspondante. Il est alors possible de calculer les vecteurs propres et les valeurs propres pour chaque critère et d'utiliser ces valeurs pour déterminer les poids relatifs de chaque critère.
- Évaluer des options en fonction des critères hiérarchisés : Il faut utiliser les poids relatifs des critères pour évaluer chaque option selon chaque critère. Pour cela, il faut déterminer une notation subjective ou objective de la performance de chaque option selon chaque critère. Finalement, il reste à combiner les résultats pour obtenir une notation globale pour chaque option. La notation globale de chaque option est le résultat de la multiplication de la notation de chaque option pour chaque critère et le poids relatif correspondant.
- Prise de décision : les sites de production peuvent être comparés et la meilleure option peut être choisie en fonction des résultats de l'évaluation.

Valeur	Correspondance
1	Égalité d'importance
3	Légère importance de l'un par rapport à l'autre
5	Importance modérée de l'un par rapport à l'autre
7	Forte importance de l'un par rapport à l'autre
9	Extrême importance de l'un par rapport à l'autre

TABLE 2.1 – Échelle de Saaty pour l'évaluation des préférences des utilisateurs

L'échelle de Saaty, présentée ci-dessus, permet aux décideurs de comparer les options par paire, attribuant des valeurs de 1 à 9 pour exprimer l'intensité de la préférence entre chaque paire. Ces valeurs sont ensuite agrégées pour obtenir une vision globale des préférences du décideur par rapport à toutes les options et critères.

2.10 Conclusion

La recherche en aide à la décision constitue un domaine dynamique cherchant à appliquer des techniques et des outils scientifiques pour optimiser le processus de prise de décision individuelle de manière efficiente. Ce champ d'étude s'étend à divers secteurs professionnels, de la finance à la gestion de crise, en passant par l'informatique et la politique. L'objectif principal de l'aide à la décision vise à fournir des moyens accessibles pour vérifier et analyser rapidement des informations complexes, sans nécessiter une expertise avancée en mathématiques ou informatique, et donc d'être utilisable par la majorité des collaborateurs, à tout niveau de responsabilité, dans une organisation.

Les outils d'aide à la décision, reposant sur des méthodes mathématiques d'analyse multicritère et des algorithmes sophistiqués, sont conçus pour résoudre une gamme variée de problèmes. La méthode AHP permet la hiérarchisation des critères et des alternatives en utilisant des pondérations et des matrices d'analyse pour parvenir à une solution optimale.

Les méthodes basées sur la théorie des jeux et les modèles de décision robustes témoignent de la nécessité de gérer l'incertitude et les risques dans des environnements complexes. Les méthodes de décision basées sur les données, qui intègrent données, modèles et algorithmes pour optimiser les décisions, connaissent également une popularité croissante dans le contexte scientifique actuel.

L'intégration de la méthode AHP avec la théorie des jeux représente une approche novatrice pour résoudre des problèmes de prise de décision dans le cadre d'un modèle de recommandation multiacteur. AHP apporte une structure hiérarchique et des pondérations qui permettent de hiérarchiser les critères et alternatives, tandis que la théorie des jeux offre un cadre robuste pour analyser les interactions stratégiques entre différentes parties prenantes. Cette combinaison synergique permet de prendre en compte à la fois les préférences individuelles et les interactions dynamiques entre les parties impliquées dans la décision. Ainsi, elle offre une perspective plus holistique pour élaborer des solutions optimales, en tenant compte des relations complexes qui peuvent influencer le processus de décision.

3

Les systèmes de recommandation

3.1	Introduction	76
3.2	Contexte et origine	78
3.3	Fonctionnement	78
3.3.1	Le filtrage collaboratif	81
3.3.2	Le filtrage sur le contenu	85
3.4	Recommandation multi-acteur	87
3.4.1	Présentation	87
3.4.2	Les opérateurs d'agrégation	88
3.5	Conclusion	91

3.1 Introduction

Un système de recommandation est un système informatique ou un logiciel dont l'objectif est de proposer des items pertinents à un utilisateur en fonction de ses préférences. Un item peut être un produit à acheter, un morceau de musique à écouter, un film à regarder, un livre à lire, une page web à consulter, ou une décision à prendre [105]. Une autre définition consisterait à dire que la tâche du système de recommandation est de transformer les données sur les utilisateurs et leurs préférences en prédictions des goûts et des intérêts futurs possibles des utilisateurs [106].

Le système de recommandation est largement utilisé pour suggérer des contenus pertinents tels que des articles, pour améliorer l'expérience utilisateur et augmenter, par exemple,

les conversions, qui correspondent aux actions prises par les utilisateurs en réponse aux recommandations fournies par le système. Ces actions peuvent inclure l'achat de produits, la souscription à des services, ou d'autres engagements pertinents en fonction du contexte du système de recommandation. L'évaluation des conversions est cruciale pour mesurer l'efficacité d'un système de recommandation. Elle permet de déterminer dans quelle mesure les suggestions proposées influencent le comportement des utilisateurs en les incitant à effectuer des actions souhaitées, telles que finaliser un achat ou interagir avec du contenu.

Il existe plusieurs types de systèmes de recommandation basés sur différents algorithmes et types de données, tels que les systèmes de filtrage collaboratif, les systèmes de filtrage basés sur le contenu, et les systèmes hybrides [107]. Ceux-ci sont largement utilisés dans les entreprises de médias en ligne et les plateformes de commerce électronique pour améliorer l'expérience utilisateur et augmenter les conversions.

Dans les types de systèmes de recommandation précédemment mentionnés, il en existe basés sur la dynamique des utilisateurs, qui tiennent compte de la temporalité dans les données de l'utilisateur. Ces systèmes utilisent des techniques d'analyse de séries chronologiques pour suivre les tendances et les préférences des utilisateurs au fil du temps. Il y a aussi des systèmes de recommandation basés sur les contextes qui prennent en compte les informations supplémentaires telles que l'heure, la localisation, et les données démographiques pour adapter les recommandations en fonction de la situation de l'utilisateur. Enfin, il existe des systèmes de recommandation en temps réel qui peuvent adapter leurs recommandations en temps réel, en fonction des actions de l'utilisateur [108].

À l'évidence, la qualité des données est cruciale pour obtenir des résultats pertinents, et il est souvent nécessaire de tester différents algorithmes puis de les ajuster pour s'adapter à une situation donnée [109]. Les systèmes de recommandation peuvent également être utilisés pour résoudre des problèmes tels que la surcharge d'information, en aidant les utilisateurs à trier les éléments pertinents parmi une grande quantité de contenu, en analysant le comportement passé de l'utilisateur, ainsi que les préférences et les caractéristiques similaires d'autres utilisateurs. Ainsi, ils utilisent le filtrage basé sur le contenu pour recommander des éléments similaires à ceux déjà appréciés, le filtrage collaboratif en se basant sur les préférences similaires entre utilisateurs, et l'apprentissage automatique pour anticiper les goûts. Certains systèmes tiennent également compte du contexte, ajustant les recommandations en fonction de facteurs comme le moment de la journée ou la localisation de l'utilisateur. Cette combinaison d'approches permet d'offrir des suggestions personnalisées, facilitant ainsi la

recherche d'éléments pertinents dans une grande quantité de contenu.

3.2 Contexte et origine

L'un des premiers systèmes de recommandation connu est "Tapestry", développé par les chercheurs Jon Herlocker, Joseph A. Konstan, Loren G. Terveen, et John T. Riedl au sein du GroupLens Research Project à l'Université du Minnesota [110]. Ce système, introduit en 1994, utilisait le filtrage collaboratif comme approche principale. Il analysait les préférences passées d'un utilisateur et suggérait des éléments que d'autres utilisateurs aux goûts similaires avaient appréciés. L'industrie a ensuite exploité cette technologie afin d'en extraire des avantages commerciaux.

Pour la plupart des entreprises du numérique, les systèmes de recommandation sont développés pour aider les utilisateurs à découvrir de nouveaux contenus et à faire des choix pertinents dans un univers de plus en plus vaste et varié d'options. C'est Amazon, en 1996, qui ouvre le bal en utilisant un système de recommandation pour améliorer l'expérience utilisateur en aidant les clients à découvrir de nouveaux livres qu'ils aimeraient lire.

3.3 Fonctionnement

Les systèmes de recommandation fonctionnent généralement en utilisant l'apprentissage automatique pour modéliser les préférences et les comportements des utilisateurs, et en utilisant ces modèles pour prédire les préférences des utilisateurs pour des éléments qu'ils n'ont pas encore consommés. Il existe plusieurs approches différentes pour construire ces modèles, mais les approches les plus courantes sont les suivantes :

- Les systèmes de recommandation basés sur les contenus utilisent des techniques d'analyse sémantique et de traitement du langage naturel pour extraire des informations significatives des éléments [111]. Ils adoptent des modèles de classification et de représentation des caractéristiques, tels que les vecteurs d'embedding, pour améliorer la précision des recommandations. L'utilisation d'algorithmes de filtrage du contenu, comme les modèles de topic modeling (technique de traitement automatique du langage naturel utilisée pour découvrir des thèmes ou des sujets à partir d'un ensemble de documents textuels qui repose sur des algorithmes statistiques visant à identifier des structures thématiques inhérentes aux documents sans qu'il soit nécessaire de les annoter manuellement), renforce la capacité à déterminer des associations subtiles

entre les préférences de l'utilisateur et les attributs des éléments. Ainsi, ces systèmes intègrent des avancées en intelligence artificielle pour optimiser la pertinence des recommandations. Ces systèmes exploitent également des techniques avancées de recherche d'information, telles que l'analyse de sentiments, pour mieux comprendre les préférences des utilisateurs. L'intégration de méthodes d'apprentissage profond offre une capacité accrue à capturer des caractéristiques complexes et non linéaires des contenus. De plus, l'utilisation de mécanismes d'attention permet d'accorder une importance variable aux différentes composantes des éléments, améliorant ainsi la finesse des recommandations.

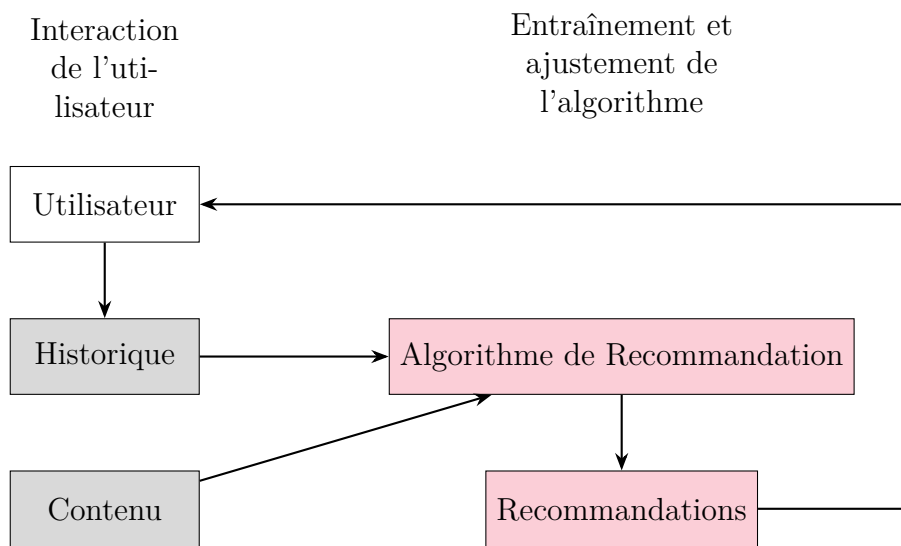


FIGURE 3.1 – Les systèmes de recommandation basés sur les contenus

- Les systèmes de recommandation basés sur les utilisateurs, également connus sous le nom de filtrage collaboratif, s'appuient sur l'analyse des préférences et des comportements des utilisateurs pour générer des recommandations [112]. En exploitant des données telles que les films appréciés ou les articles achetés, ces systèmes évaluent les similitudes entre utilisateurs et suggèrent des éléments appréciés par des utilisateurs partageant des goûts similaires. Cependant, il y a la problématique de la sparsité des données, dans la situation où la matrice utilisateur-élément ou matrice des préférences (où les lignes représentent les utilisateurs et les colonnes représentent les éléments, et où chaque entrée de la matrice indique l'interaction ou la préférence d'un utilisateur pour un élément spécifique) est largement incomplète, c'est-à-dire qu'il existe un grand nombre d'éléments possibles, mais les utilisateurs n'interagissent qu'avec un sous-ensemble limité de ces éléments [113]. Pour surmonter cette lacune, les algorithmes utilisent la factorisation matricielle. Cette technique décompose la matrice

en deux matrices de facteurs latents, capturant les caractéristiques sous-jacentes des utilisateurs et des éléments. Ainsi, elle offre une représentation plus concise et abstraite, facilitant la prédiction des évaluations pour les éléments non encore évalués par un utilisateur particulier. La gestion de la sparsité des données et la préservation de la confidentialité des informations utilisateur sont essentiels. Pour atténuer ces problèmes, des variantes de la factorisation matricielle, comme la factorisation matricielle probabiliste, ont été développées. Cette approche introduit des distributions probabilistes, rendant le modèle plus robuste et capable de gérer l'incertitude associée aux préférences des utilisateurs [114].

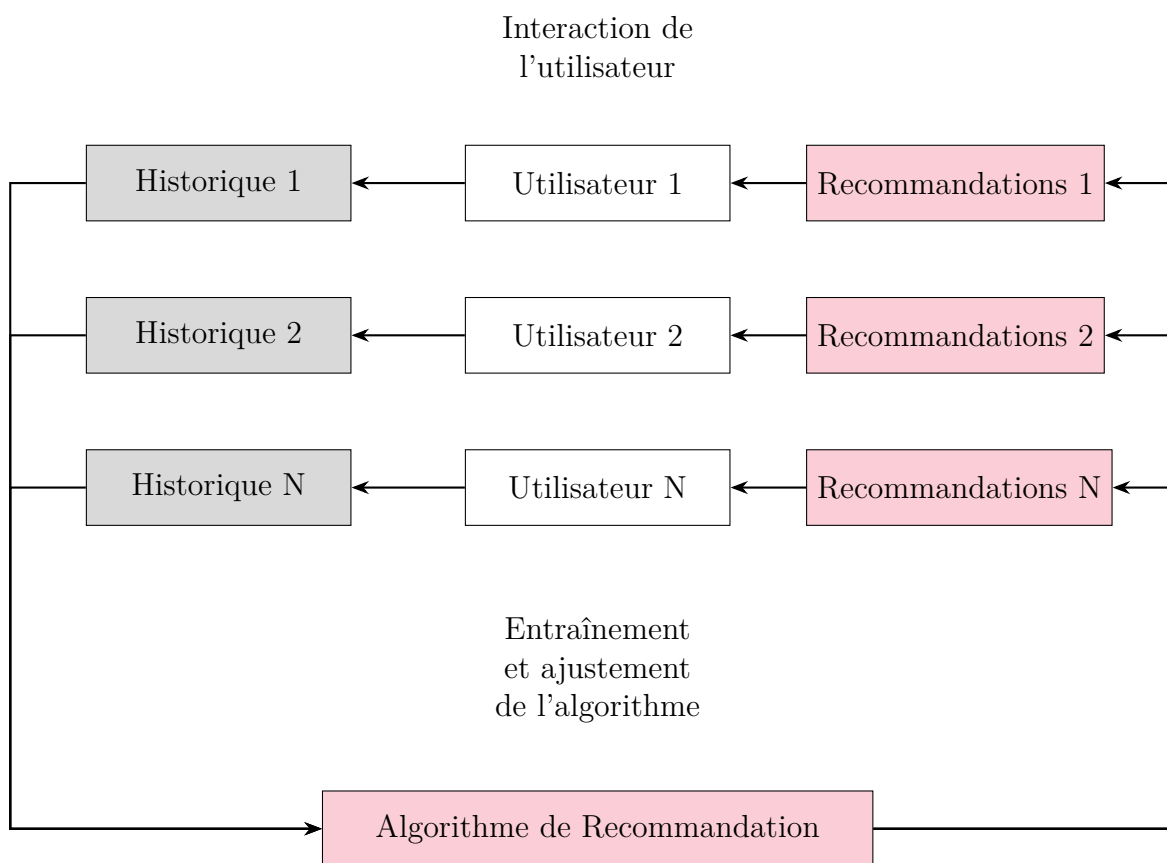


FIGURE 3.2 – Systèmes de recommandation basés sur les utilisateurs

- Les systèmes de recommandation basés sur les utilisateurs-contenus, également connus sous le nom de filtrage hybride, représentent une approche avancée dans le domaine de la recommandation. Ces systèmes tirent parti des forces des deux méthodes précédentes, combinant le filtrage collaboratif basé sur les utilisateurs et le filtrage basé sur les contenus [115]. L'intégration de ces deux approches vise à pallier certaines

limitations intrinsèques. Comme nous l’avons mentionné précédemment, le filtrage collaboratif peut être sensible à la ”malédiction de la dimensionnalité”, où la matrice utilisateur-élément devient très creuse à mesure que le nombre d’utilisateurs et d’éléments augmente, rendant difficile la découverte de similarités significatives. D’autre part, le filtrage basé sur les contenus peut être limité par la qualité des métadonnées associées aux éléments et peut ne pas saisir les nuances des préférences utilisateur. Dans un contexte hybride, les informations sur les éléments (telles que le contenu des articles, les genres de films, etc.) et les informations sur les utilisateurs (historique d’interaction, préférences explicites) sont intégrées de manière synergique. Des approches avancées, telles que l’utilisation de modèles d’apprentissage profond, sont souvent adoptées pour extraire des représentations latentes complexes des données, permettant une compréhension plus fine des préférences et des similarités [116]. Sur le plan algorithmique, le filtrage hybride peut impliquer des techniques de pondération, où l’influence relative des deux sources d’information est ajustée dynamiquement en fonction des caractéristiques du contexte. Des méthodes de régularisation et de validation croisée peuvent également être employées pour éviter le surajustement et garantir la généralisation du modèle.

3.3.1 Le filtrage collaboratif

3.3.1.1 Présentation

Le filtrage collaboratif (CF) est une technique de recommandation qui utilise les données d’interaction entre utilisateurs et articles (comme les notes données à un film, les articles achetés, les musiques écoutées, etc.) pour déterminer les similarités entre les utilisateurs et les articles, puis utilise ces similarités pour recommander des articles à des utilisateurs. Il existe différents types de CF mais nous ne traiterons ici que les principaux.

- Le filtrage collaboratif basé sur les utilisateurs (User-Based CF) s’appuie sur la mesure de la similarité entre les utilisateurs, souvent calculée à l’aide de méthodes telles que la corrélation de Pearson ou la similarité cosinus. Ces mesures évaluent la proximité des comportements passés des utilisateurs en termes de préférences pour des items spécifiques. Algorithmiquement, le processus de recommandation implique la construction d’une matrice utilisateur-item, où les lignes représentent les utilisateurs, les colonnes représentent les items, et les entrées contiennent les évaluations ou les interactions passées des utilisateurs avec les items. La similarité entre les utilisateurs est ensuite

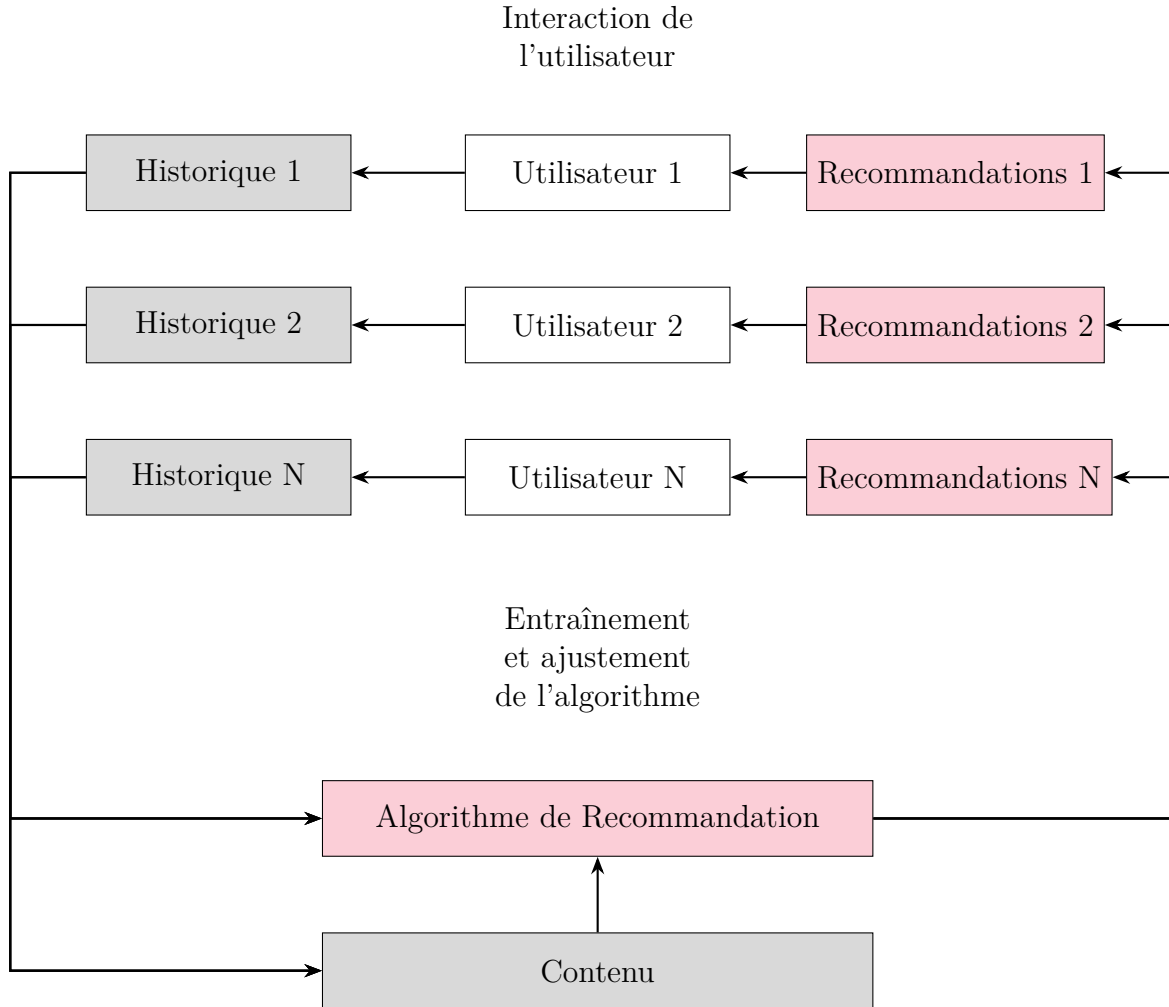


FIGURE 3.3 – Les systèmes de recommandation basés sur les utilisateurs-contenus (hybride)

calculée à partir de cette matrice, et les utilisateurs similaires sont identifiés. Une des forces majeures du Filtrage Collaboratif basé sur les utilisateurs est sa capacité à fournir des recommandations personnalisées, même pour de nouveaux items, car il se base sur les comportements passés des utilisateurs plutôt que sur les caractéristiques intrinsèques des items. Cela en fait une approche adaptée aux scénarios où la base d'items est en constante évolution. En termes de robustesse, le Filtrage Collaboratif basé sur les utilisateurs peut être sensible à la malédiction de la dimensionnalité, en particulier lorsque le nombre d'utilisateurs est important. Cependant, diverses techniques, telles que la normalisation des évaluations, peuvent être appliquées pour atténuer ce problème.

— Le filtrage collaboratif basé sur les items (Item-Based CF) s'appuie sur le principe

dans lequel des items similaires seront appréciés par les utilisateurs qui ont montré un intérêt pour un item particulier [117]. Le concept clé derrière cette approche est la mesure de la similarité entre les items, souvent réalisée à l'aide de techniques telles que la similarité cosinus. Sur le plan algorithmique, le processus de recommandation implique généralement la création d'une matrice d'items, où les lignes représentent les items et les colonnes représentent les utilisateurs. La similarité entre les items est calculée en fonction des préférences passées des utilisateurs. Les items similaires sont ensuite identifiés et recommandés à un utilisateur en fonction de ses interactions antérieures. L'approche Item-Based CF offre plusieurs avantages. Tout d'abord, elle résout le problème de la malédiction de la dimensionnalité souvent associée au Filtrage Collaboratif basé sur les utilisateurs. En se concentrant sur les items, qui sont généralement moins nombreux que les utilisateurs, la matrice item-item reste relativement dense, ce qui facilite la découverte de similarités significatives. Item-Based CF est capable de fournir des recommandations précises même pour les nouveaux utilisateurs, car il se base sur la similarité entre les items plutôt que sur les comportements passés d'autres utilisateurs. Cela en fait une approche particulièrement robuste dans des scénarios où l'historique de l'utilisateur est limité.

- Le filtrage collaboratif basé sur les modèles (Model-Based CF) repose sur l'utilisation de modèles statistiques et d'algorithmes pour générer des recommandations personnalisées [118]. Le fonctionnement de cette approche consiste à construire un modèle à partir des données d'entraînement, en capturant les relations et les tendances sous-jacentes entre les utilisateurs et les items. Ce modèle est ensuite utilisé pour effectuer des prédictions sur les préférences d'un utilisateur pour des items non encore évalués. L'un des avantages clés de Model-Based CF réside dans sa capacité à être efficace pour des ensembles de données volumineux, offrant une performance accrue en raison de son approche basée sur des modèles. De plus, cette méthode confère une flexibilité significative dans le choix des modèles, permettant d'adapter la méthode à des scénarios spécifiques. Cependant, il convient de noter que l'implémentation de Model-Based CF nécessite un processus de modélisation plus complexe, impliquant la sélection, l'entraînement et l'optimisation des modèles statistiques, ce qui peut constituer un inconvénient en termes de complexité de mise en œuvre et de maintenance du système.
- Le filtrage collaboratif basé sur la mémoire (Memory-Based CF) se fonde sur la conservation et l'utilisation directe des données d'interaction entre les utilisateurs et les items [119]. Son fonctionnement repose sur l'utilisation de mesures de similarité telles

que le cosinus ou le coefficient de corrélation de Pearson pour identifier des utilisateurs ou des items similaires dans la base de données. L'avantage majeur de cette approche réside dans sa simplicité d'implémentation, en particulier pour des bases de données de petite taille. Cette méthode s'avère adaptée aux systèmes où l'ensemble d'interactions est gérable sans nécessiter de processus de modélisation complexe. Cependant, il convient de noter que Memory-Based CF peut rencontrer des limitations de performance lorsque l'ensemble de données devient volumineux, car le calcul de similarité pour des paires d'utilisateurs ou d'items peut devenir coûteux en termes de temps de traitement. Ainsi, bien que simple à mettre en œuvre, cette approche peut présenter des défis d'évolutivité pour des ensembles de données plus importants.

3.3.1.2 Atouts et faiblesses

Comme introduit plus haut, le filtrage collaboratif, technique de recommandation, utilise les informations fournies par les utilisateurs pour générer des recommandations personnalisées. Il utilise les préférences, les commentaires et les notes des utilisateurs pour comprendre leurs intérêts et leur fournir des recommandations adaptées.

Les atouts du filtrage collaboratif incluent sa capacité à inclure des informations provenant de différentes sources, comme les préférences des utilisateurs, les commentaires et les notes. Cela permet de tenir compte de différents critères pour améliorer la qualité des recommandations. Il peut également prendre en compte les interactions entre les utilisateurs, ce qui permet de tenir compte de l'opinion d'experts ou de personnes de confiance dans une communauté. Enfin, il peut prendre en compte les contextes d'utilisation, par exemple en observant les préférences à différents moments de la journée.

Les faiblesses du filtrage collaboratif incluent son potentiel pour les biais de popularité. Les objets les plus fréquemment notés sont surreprésentés dans les recommandations, cela peut donc conduire à une sous-représentation des objets moins populaires mais tout aussi pertinents [120]. Il peut également être sujet à des biais de goupillage, où les utilisateurs ont tendance à suivre les préférences d'autres utilisateurs qui leur ressemblent. Le filtrage collaboratif peut également être sensible aux données manquantes ou aux utilisateurs qui ne fournissent pas de feedback, cela peut entraîner des recommandations basées sur un sous-ensemble des données disponibles et ainsi être moins efficace. Enfin, Il peut avoir des difficultés à prendre en compte les utilisateurs qui ont des goûts atypiques, qui ont peu d'interactions avec les autres utilisateurs, ou qui ont un nombre limité de données disponibles.

3.3.2 Le filtrage sur le contenu

3.3.2.1 Présentation

Le filtrage basé sur le contenu (Content-Based Filtering en anglais) utilise des informations sur les caractéristiques des éléments recommandés pour effectuer des comparaisons et déterminer les similitudes et les différences entre ces éléments [121]. Le système utilise ces informations pour identifier les éléments qui ont des caractéristiques similaires aux éléments précédemment appréciés par l'utilisateur, et les recommande à l'utilisateur en conséquence.

Pour fonctionner, le filtrage basé sur le contenu nécessite une représentation adéquate des éléments à recommander, généralement sous forme de vecteurs de caractéristiques. Ces caractéristiques peuvent être des mots clés, des catégories, des genres, des thèmes, etc. Ces vecteurs peuvent ensuite être utilisés pour calculer des mesures de similarité entre les différents éléments, telles que la similarité cosinus. Pour calculer la similarité cosinus, on utilise la formule suivante :

$$\text{similarité cos} = (\text{vecteur}_A \cdot \text{vecteur}_B) / (\|\text{vecteur}_A\| * \|\text{vecteur}_B\|) \quad (3.1)$$

Où \cdot représente le produit scalaire entre les deux vecteurs et $\|\text{vecteur}\|$ représente la norme euclidienne (ou la longueur) d'un vecteur.

La similarité cosinus varie entre -1 et 1. Une similarité de 1 signifie que les deux vecteurs sont identiques, une similarité de 0 signifie qu'ils sont orthogonaux (n'ont aucune caractéristique en commun) et une similarité de -1 signifie qu'ils sont complètement opposés. Ainsi, la similarité cosinus est utilisée car elle est simple à calculer, rapide et donne des résultats intuitifs. Elle est aussi invariante par translation.

Une fois que les mesures de similarité sont calculées, le système peut utiliser différentes stratégies pour trier les éléments et les recommander à l'utilisateur, comme par exemple :

- La recherche des plus similaires : Il retourne les n éléments les plus similaires à l'élément en cours d'analyse.

- La pondération : Il utilise une pondération pour donner plus d'importance aux caractéristiques plus pertinentes.

Il est important de noter que le filtrage basé sur le contenu ne tient pas compte des préférences des utilisateurs, il se base uniquement sur les propriétés du contenu pour faire des recommandations.

3.3.2.2 Atouts et faiblesses

Le filtrage basé sur le contenu est une méthode de recommandation se basant sur les propriétés des items à recommander, plutôt que sur les interactions ou les préférences des utilisateurs. Il s'appuie sur les informations extraites des items pour identifier les similitudes entre eux. Ces informations peuvent être extraites de différentes sources : des métadonnées comme les titres, les catégories, les genres, les tags, les descriptions, les acteurs, etc. ou encore des caractéristiques déduites de l'analyse de contenus (exemple : analyse sémantique pour des textes). Ce type de filtrage comporte des avantages :

- Il peut prendre en compte les préférences de l'utilisateur, qui ont pu évoluer au cours du temps en se basant sur les propriétés des items qu'il a précédemment aimés.
- Il peut également suggérer des items qui ne sont pas nécessairement très similaires à ce que l'utilisateur a déjà aimé, mais qui ont des propriétés très proches. Cela permet d'élargir les recommandations de l'utilisateur tout en les gardant pertinentes.
- Il est simple à implémenter, et ne requiert pas de données d'utilisateurs pour fonctionner.

Mais il a également des limites :

- Il repose fortement sur les caractéristiques explicites des éléments et peut avoir du mal à recommander des éléments en dehors des préférences établies d'un utilisateur, limitant ainsi l'élément de surprise dans les recommandations.
- Il peut sur-spécialiser les recommandations en fonction des interactions passées d'un utilisateur, renforçant potentiellement les préférences existantes et limitant l'exposition à des contenus diversifiés [122].

- Dans des scénarios où le contenu disponible est limité ou ne change pas fréquemment, le filtrage basé sur le contenu peut rencontrer des difficultés à proposer des recommandations variées.
- Il dépend de la qualité et de la pertinence des caractéristiques utilisées pour décrire les éléments. Si ces caractéristiques ne sont pas bien définies ou ne capturent pas avec précision les préférences des utilisateurs, les recommandations peuvent en souffrir.

3.4 Recommandation multi-acteur

3.4.1 Présentation

Dans la pratique, les problèmes de décision sont souvent abordés dans un cadre impliquant plusieurs décideurs, chacun ayant ses propres perceptions, attitudes, motivations et personnalités vis-à-vis des choix possibles. L'objectif est alors de parvenir à un consensus collectif qui prenne en compte les préférences de tous les participants [123].

Pour résoudre ces problèmes, plusieurs étapes sont généralement suivies : tout d'abord, une phase d'élicitation où les caractéristiques du problème sont définies, puis une phase d'évaluation des différentes alternatives, et enfin une phase de sélection et de recommandation, qui peut intégrer un processus de recherche de consensus par le biais d'une agrégation.

En ce qui concerne l'évaluation des alternatives, il existe deux approches principales : l'agrégation d'entrée et l'agrégation de sortie. Dans le premier cas, les décideurs s'entendent sur un ensemble commun d'attributs et de poids dès le départ, ce qui équivaut à résoudre le problème comme s'il s'agissait d'un seul décideur. Dans le deuxième cas, chaque décideur évalue les alternatives individuellement, et l'agrégation des décisions se fait à la fin.

Étant donné la multiplicité des parties prenantes, les recommandations doivent être produites en équilibrant les besoins de chacune d'entre elles. Cela nécessite souvent de trouver un équilibre entre les différentes préférences afin de fournir des recommandations qui bénéficient à l'ensemble des acteurs impliqués. La capacité à répondre efficacement aux besoins diversifiés des parties prenantes est essentielle pour assurer la pertinence et l'acceptabilité des recommandations dans divers contextes d'application, tels que le commerce électronique,

la publicité, l'éducation, les rencontres, et la recherche d'emploi [124], ou encore la firme.

Les modèles de recommandation multi-acteur sont fondamentalement conçus et théorisés selon les principes de l'économie du bien-être néoclassique [125]. Cette assertion est étayée par le constat que ces modèles, tout comme l'économie du bien-être néoclassique, cherchent à concilier les préférences multiples des parties prenantes pour optimiser le bien-être social ou la satisfaction globale du système. Par conséquent, ils considèrent les intérêts de divers acteurs et tentent de maximiser l'utilité sociale en proposant des recommandations qui prennent en compte ces différentes perspectives. Cette approche permet également d'analyser les externalités et les impacts des recommandations sur l'ensemble du système, ce qui renforce la similitude méthodologique entre ces modèles et l'économie du bien-être néoclassique.

La prise de décision de groupe dans un contexte possiblement conflictuel ou faisant état d'un différentiel hiérarchique très déséquilibré, peut s'avérer énigmatique. La méthode d'agrégation des préférences joue un rôle essentiel dans la pertinence de la décision finale et son acceptation par le décideur. La légitimité réside principalement dans la capacité du modèle à représenter l'ensemble des parties prenantes en maximisant l'équité. Le contexte de la firme est caractéristique de ce schéma de décision, puisque ses conséquences ont une éventuelle incidence sur le décideur, ses collaborateurs, la direction, la firme elle-même, la sous-traitance, et d'un point de vue plus agrégé, la nation.

La littérature scientifique regorge de recherches sur l'aide à la décision multicritère, mais le domaine de la décision multi-acteur reste relativement sous-exploité. Cela représente une opportunité fascinante pour combler cette lacune en explorant comment les différentes parties prenantes peuvent influencer les processus décisionnels. En se concentrant sur les interactions et les conflits potentiels entre les acteurs impliqués, de nouvelles méthodologies et approches peuvent être développées pour faciliter la prise de décision collaborative. Une meilleure compréhension de ces dynamiques pourrait contribuer à améliorer la gouvernance, la résolution de problèmes complexes et la durabilité des décisions prises dans divers contextes.

3.4.2 Les opérateurs d'agrégation

Concernant les méthodes utilisées pour l'agrégation des préférences, il existe de nombreux opérateurs d'agrégation hérités des systèmes d'aide à la décision, et notamment de la décision de groupe. Un opérateur d'agrégation peut être considéré comme une fonction mathématique qui prend une ou plusieurs entrées, appelée(s) argument(s), et produit une sortie unique représentant le score global des entrées [126]. L'objectif principal d'un opérateur d'agrégation

est d'évaluer le score global d'une alternative en combinant ses performances locales et les préférences de l'utilisateur. Cela permet de comparer cette alternative à d'autres dans le cadre de la prise de décision. Le score global ainsi obtenu est utilisé pour établir un classement, ce qui aide le décideur à arbitrer.

L'une des propriétés les plus importantes des opérateurs d'agrégation est la compensation [127], qui peut être formulée mathématiquement comme suit :

$$\min_{i=1}^n(x_i) \leq \text{Résultat d'agrégation} \leq \max_{i=1}^n(x_i)$$

où x_i représente les éléments à agréger.

Cette formulation indique que le résultat de l'agrégation se situe toujours entre le plus petit et le plus grand des éléments agrégés.

Comme il existe un grand nombre d'opérateurs d'agrégation, nous ne les aborderons pas tous. Cependant, il convient de présenter les principaux.

3.4.2.1 La moyenne arithmétique pondérée

La formule mathématique de la somme pondérée (ou moyenne arithmétique pondérée) en tant qu'opérateur d'agrégation est représentée comme suit :

$$\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i$$

où :

- n représente le nombre d'alternatives ou de critères,
- w_i représente le poids ou la pondération associé à l'alternative ou au critère i ,
- x_i représente la performance ou la valeur associée à l'alternative ou au critère i .

Cette moyenne combine des éléments en attribuant des poids à chacun [127]. Chaque élément est multiplié par son poids, puis les produits sont additionnés et divisés par la somme des poids. Cette méthode donne plus de poids aux éléments les mieux notés tout en tenant compte de leur contribution relative. Son intérêt réside dans sa capacité à synthétiser des données diverses de manière représentative.

3.4.2.2 La moyenne géométrique pondérée

La formule mathématique de la moyenne géométrique pondérée en tant qu'opérateur d'agrégation est représentée comme suit :

$$\left(\prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i}}$$

où :

- n représente le nombre d'alternatives ou de critères,
- w_i représente le poids ou la pondération associé à l'alternative ou au critère i ,
- x_i représente la performance ou la valeur associée à l'alternative ou au critère i .

Cette moyenne combine des éléments en tenant compte de leurs poids respectifs [127]. Chaque élément est élevé à la puissance de son poids, puis les produits sont multipliés ensemble et élevés à la puissance inverse de la somme des poids. Cette méthode peut donner des résultats très différents de ceux de la somme pondérée.

3.4.2.3 L'intégrale de Choquet

La formule mathématique de l'intégrale de Choquet en tant qu'opérateur d'agrégation est représentée comme suit :

$$\int_0^1 \left(\inf_{i \in S} \{ \mu(A_i) \} \right) dF_\omega(t)$$

où :

- S représente l'ensemble des critères,
- $\mu(A_i)$ représente la mesure floue de l'alternative A_i ,
- $F_\omega(t)$ représente la fonction de distribution cumulative des poids ω .

L'intégrale de Choquet est une méthode d'agrégation qui combine des mesures floues des alternatives en fonction de leur importance respective, représentée par une fonction de distribution cumulative des poids [126]. Contrairement aux moyennes arithmétiques et géométriques pondérées, qui combinent linéairement les éléments, l'intégrale de Choquet prend en compte les relations d'ordre entre les alternatives pour agréger les mesures floues. Cela permet de modéliser des situations où l'importance d'une alternative dépend non seulement de sa performance individuelle, mais aussi de sa relation avec d'autres alternatives. L'intérêt de l'intégrale de Choquet réside dans sa capacité à capturer des préférences non linéaires

et à fournir des résultats plus précis dans des contextes où les relations d'ordre entre les alternatives sont importantes.

3.5 Conclusion

Les systèmes de recommandation sont des outils informatiques qui utilisent des algorithmes pour prédire les préférences des utilisateurs et les aider à prendre des décisions. Ils sont largement utilisés dans le secteur du e-commerce, des réseaux sociaux, de la musique, des films et de la télévision en streaming, et d'autres encore. Ils ont évolué au fil du temps pour devenir de plus en plus précis et personnalisés, grâce aux avancées de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique. Ils jouent un rôle clé dans l'amélioration de l'expérience utilisateur, en permettant aux utilisateurs de découvrir de nouveaux produits et services pertinents.

D'un point de vue optimiste, l'avenir des systèmes de recommandation est prometteur, car les avancées technologiques continuent de développer de nouveaux outils et méthodes pour les améliorer. L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique permettent de traiter des volumes de données plus importants et plus complexes, ce qui permet d'analyser des informations plus détaillées et de faire des recommandations plus précises. Les systèmes de recommandation basés sur l'IA utilisent des techniques de traitement automatique du langage, des réseaux de neurones, et des modèles d'apprentissage automatique pour comprendre les préférences des utilisateurs et les prédire.

D'un point de vue plus contrasté, il y a des risques et des enjeux liés à l'avenir des systèmes de recommandation. L'un des principaux risques est la polarisation de l'information, la tendance à présenter aux utilisateurs des contenus correspondant à leurs préférences existantes, entraînant une perte de diversité des perspectives et augmentant la polarisation politique et sociale. Les systèmes de recommandation basés sur l'IA peuvent également être sujets à des biais, étant entraînés sur des données potentiellement biaisées, générant des recommandations inappropriées ou discriminatoires.

Dans ce contexte, les approches hybrides émergent comme des solutions intéressantes pour atténuer ces dérives. En combinant le Filtrage Collaboratif, qui utilise les préférences des utilisateurs, avec le Filtrage basé sur le contenu, qui exploite les caractéristiques des éléments, les systèmes hybrides cherchent à diversifier les recommandations. Cette diversification peut contribuer à réduire la polarisation en exposant les utilisateurs à une gamme plus large de

contenus, contrecarrant ainsi la tendance à la ségrégation informationnelle.

De plus, les systèmes hybrides peuvent aider à atténuer les risques de biais en compensant les lacunes potentielles d'une méthode par les forces d'une autre. Par exemple, si le Filtrage Collaboratif est sensible à la polarisation, le Filtrage basé sur le contenu peut introduire des éléments plus variés, favorisant une représentation plus équilibrée des préférences.

En termes de confidentialité, les approches hybrides peuvent également offrir un avantage en minimisant la collecte de données sensibles. En utilisant des caractéristiques d'éléments pour les recommandations, plutôt que des données utilisateur directes, elles réduisent le risque d'utilisation abusive des informations personnelles et pourraient ainsi constituer une réponse plus éthique.

Pour finir, en combinant un système de recommandation avec un modèle d'agrégation multi-acteur, il devient envisageable de résoudre des problèmes de décision complexes, comme ceux rencontrés au sein d'une organisation. Cette approche permettrait de prendre en compte les multiples perspectives des parties prenantes impliquées dans le processus décisionnel, facilitant ainsi la prise de décisions plus inclusives.

Deuxième partie

**LA GESTION DU TEMPS DANS
UNE TPE**

4

Le contexte de mise en oeuvre

4.1	Introduction	94
4.2	Hôte	95
4.2.1	Présentation de Ai-Soft	95
4.2.2	Historique des données	97
4.2.3	Ressources et fonctionnement	97
4.2.4	Gestion interne du temps	98
4.3	Conclusion	102

4.1 Introduction

La réalisation d'une phase expérimentale dans une TPE offre à cette thèse une opportunité précieuse d'étudier un cas concret et d'explorer les performances du système d'information dans un environnement physique. Travailler en collaboration avec une entreprise en activité présente à la fois des avantages et des défis.

L'un des principaux avantages de cette approche est la possibilité d'interagir avec un système d'information opérationnel. Cela permet une observation directe des processus, des collaborateurs et des flux de données. En travaillant avec les ressources matérielles et logicielles de l'entreprise, cela permet d'obtenir des données pertinentes et actualisées, reflétant ses activités quotidiennes et assurant une pertinence et une applicabilité directe des résultats de recherche.

Travailler en conditions réelles permet de prendre en compte les contraintes et les spécificités propres à l'entreprise. Les interactions avec les collaborateurs, les utilisateurs et les responsables du système d'information offrent une compréhension approfondie de leurs besoins, de leurs attentes et des défis auxquels ils sont confrontés au quotidien. Cette proximité avec les acteurs concernés favorise une meilleure prise en compte des réalités du terrain et une adaptation des méthodologies de recherche.

Cependant, il convient de reconnaître que réaliser un travail expérimental dans une entreprise en conditions de fonctionnement présente également des difficultés. Tout d'abord, il peut y avoir des contraintes temporelles liées à la disponibilité des ressources et aux activités opérationnelles. Il est essentiel de coordonner les activités de recherche avec les contraintes de l'entreprise pour minimiser les perturbations.

De plus, il peut être difficile de contrôler tous les facteurs externes pouvant influencer les résultats de l'expérience. Les fluctuations du marché, les variations des demandes client, les changements dans l'environnement économique peuvent tous avoir un impact sur les performances du système d'information. Il est important de prendre en compte ces facteurs dans l'analyse des résultats et de considérer les limites de généralisation des conclusions.

Malgré ces défis, il s'agit d'une opportunité unique d'appréhender les réalités pratiques de la gestion d'un système d'information. Les résultats obtenus peuvent être plus significatifs et pertinents pour l'entreprise, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des enjeux et à des recommandations plus adaptées.

4.2 Hôte

4.2.1 Présentation de Ai-Soft

Ai-Soft est une entité partenaire de Cortex-Informatique qui endosse la totalité de l'activité liée à la transition digitale des entreprises. Plus précisément, il s'agit de la création de logiciels, d'applications mobiles, ou de sites web. Cortex-Informatique était initialement l'éditeur de Cortex-Gestion, mais Ai-Soft tient désormais ce rôle.

Le fonctionnement de cette entité est assuré par deux employés permanents qui sont des développeurs, renforcés par une équipe de développeurs occasionnels qui sont généralement appelés lorsque leur contribution est nécessaire sur de gros projets.



FIGURE 4.1 – Logo de Ai-Soft



FIGURE 4.2 – Salle de développement

Lors des étapes cruciales de conception d'interfaces et de codage, l'utilisation des méthodes Agile et Scrum [128] est privilégiée. Cette approche vise à maintenir une forte implication du client tout au long du processus de développement. Cette démarche est particulièrement bénéfique pour faciliter la gestion des changements de décision, une problématique fréquente dans le domaine du développement logiciel [129]. En optant pour les méthodes Agile et Scrum, l'équipe de développement peut s'adapter plus aisément aux évolutions des besoins du client, favorisant ainsi une flexibilité accrue et une meilleure réactivité face aux ajustements nécessaires tout au long du cycle de développement. Cette approche collaborative renforce la communication entre les développeurs et le client, contribuant ainsi à la création de solutions logicielles plus alignées sur ses attentes et ses exigences.

4.2.2 Historique des données

La disponibilité d'une quantité suffisante de données est un élément essentiel pour la mise en place d'un système de recommandation efficace. Dans le cadre de cette thèse, l'avantage majeur était que Cortex-Informatique utilisait déjà son ERP Cortex-Gestion depuis plusieurs années, ce qui signifie que l'ensemble des données antérieures étaient accessibles et utilisables pour la phase expérimentale.

La nature des données utilisées dépend du secteur d'activité dans lequel l'ERP est implémenté. Dans le cas présent, le secteur commercial a été choisi comme domaine d'application pour le système de recommandation (qui sera traité dans la partie 3, c'est à dire la phase expérimentale). Par conséquent, l'accent a été mis sur l'exploitation de l'historique des données commerciales, telles que les transactions, les commandes, les clients, les produits, etc. Ce choix du secteur commercial provient à la fois d'une préférence de la direction et d'un besoin évoqué majoritairement par les utilisateurs.

L'utilisation de données commerciales offre plusieurs avantages. Tout d'abord, ces données contiennent des informations précieuses sur les préférences des clients, les tendances d'achat, les relations entre les produits, et d'autres éléments clés. Le volume d'informations à traiter est tellement important, que parmi les collaborateurs, personne ne pourrait les exploiter de façon à pouvoir les synthétiser et en extraire des informations utiles à la prise de décision. Or, l'utilisation de l'ERP offre des possibilités d'actions qui, elles aussi, sont nombreuses. La convergence de ces deux enjeux est la raison pour laquelle le système de recommandation GTiA a été développé.

Enfin, l'utilisation de données historiques présente également des défis. Il est nécessaire de nettoyer et de prétraiter les données pour éliminer les erreurs, les doublons et les valeurs aberrantes. De plus, il est important de respecter les règles de confidentialité et de protection des données lors de l'utilisation des informations clients, pour assurer une conformité aux contraintes du RGPD.

4.2.3 Ressources et fonctionnement

Cortex-Informatique et Ai-Soft étant complémentaires, il n'était pas envisageable de les aborder séparément. Les ressources des deux entités sont communes, puisqu'elles occupent les mêmes locaux et disposent de ressources humaines communes. D'un point de vue matériel, il s'agit du serveur de fichier de Cortex-Informatique, qui contient l'ERP ainsi que les bases

de données associées qui a été utilisé pour héberger le système de recommandation. Les performances du serveur, du NAS et de l'infrastructure réseau locale, standard en catégorie 6, étaient correctement adaptées pour faire fonctionner le système. Quelques surcharges réseaux ont été observées mais elles n'ont pas eu d'incidence sur les résultats obtenus. Voici le détail des configurations matérielles correspondantes :

- Serveur de fichiers : Lenovo ThinkSystem ST250 7Y46 Serveur - tour - 4U - 1 voie - 1 x Xeon E-2224 / 3.4 GHz, RAM 16 Go, SATA, hot-swap 2.5" SSD 1To Samsung Pro, Windows Server 2019.
- Switch principal : TigerSwitch SMC8024L2 Manageable 10/100/1000.
- Serveur NAS : Synology DS418 16To en configuration RAID5 sur 4 x HDD 4To WD Red.

Du point de vue du fonctionnement, la répartition de l'activité commerciale entre Cortex-Informatique et Ai-Soft est totalement asymétrique.

Ai-Soft ne traite que de gros projets qui s'étalent souvent sur plusieurs mois. Ainsi, sur un exercice comptable annuel, on ne décompte que deux ou trois projets. Pour conduire davantage de projets, cela impliquerait de recruter plus de personnel et sans doute de disposer de plus d'espace, or les locaux ne sont pas extensibles.

Cortex-Informatique est un magasin de vente de matériel et de prestations de services, de réparation et de maintenance informatique. Plusieurs transactions commerciales sont réalisées au quotidien, entre les dépôts de matériel pour intervention, et les ventes de matériel aux particuliers ou aux professionnels. Il est dès lors logique que Cortex-Informatique ait été retenue pour devenir l'hôte du système de recommandation.

4.2.4 Gestion interne du temps

4.2.4.1 Introduction

Les TPE peuvent rencontrer de nombreuses difficultés qui les mettent en concurrence défavorable avec les structures plus grandes. Elles peuvent souffrir d'un manque de main-d'œuvre qualifiée pour remplir les différents rôles, ce qui peut entraîner une surcharge de travail pour les employés restants, et de la fatigue, ou même de l'épuisement professionnel. Par ailleurs, ces entreprises peuvent avoir des difficultés à trouver le temps de s'organiser efficacement, car elles sont souvent trop occupées à gérer les tâches du quotidien au détriment

de la planification à long terme, pourtant essentielle. En conséquence, cela peut entraîner des retards dans les projets et des erreurs dans les décisions stratégiques.

Sur le plan financier, l'obtention de financements pour favoriser leur croissance constitue souvent un défi, étant donné leurs ressources financières généralement plus limitées par rapport aux grandes entreprises. Par conséquent, le développement de nouveaux produits ou services, l'exploration de nouveaux marchés, voire le maintien de leurs activités en cours, peuvent parfois s'avérer difficile.

En termes de visibilité, elles font face à des obstacles pour se faire connaître et se démarquer en raison de contraintes budgétaires. Cette absence de visibilité complique la recherche de nouveaux clients et la fidélisation de leur clientèle existante.

Enfin, les normes et réglementations en vigueur constituent souvent une contrainte significative, car elles disposent généralement de moins de moyens pour se conformer aux exigences imposées par les autorités, engendrant ainsi des coûts supplémentaires et parfois des sanctions.

Ai-Soft n'est pas épargnée par ces préoccupations. Elle a des difficultés à s'organiser efficacement, manque de personnel qualifié, de ressources financières, de visibilité et ces difficultés la mettent souvent en concurrence défavorable avec les structures plus grandes qui ont des ressources et des compétences supplémentaires pour relever ces défis.

4.2.4.2 Les difficultés rencontrées

Étant une entreprise de petite taille avec un effectif restreint, les tâches incompressibles de gestion sont pour Ai-Soft très chronophages, et difficilement déléguables. En effet, le dirigeant est souvent le seul à connaître les méthodes de traitement des certaines obligations administratives. Or ce n'est pas sa seule fonction, puisqu'il est aussi développeur, et commercial. Voici quelques exemples de difficultés récurrentes :

- La gestion des absences : lorsqu'un salarié est absent dans une TPE, la production peut être totalement bloquée. Il s'agit donc d'un point critique.
- La flexibilité des horaires : un roulement est assuré par les deux salariés pour assurer la totalité de la plage horaire d'ouverture de la boutique. Si l'un des salariés est absent, la boutique est susceptible d'être fermée.

- La gestion des heures supplémentaires : il peut être difficile pour les très petites entreprises de suivre les heures supplémentaires et les horaires travaillés par les employés, ce qui peut entraîner des erreurs de paie et des problèmes de conformité.
- La planification et l’attribution des tâches dans les projets : le suivi de l’avancement des tâches dans les projets est important car il permet de définir le positionnement actuel au regard de la planification initiale du projet. Pour respecter les échéances de livrables, il faut être vigilant dans le suivi. Or il est difficile de suivre l’avancement des employés lorsqu’ils occupent aussi plusieurs postes dans l’entreprise.
- La fonction commerciale : le secteur informatique est un marché très particulier. Les prix sont très volatiles, et les technologies changent rapidement. Par ailleurs, c’est un domaine très concurrentiel. Il est toujours difficile d’adapter ses prix par rapport au marché et à la concurrence. Les tarifs sont parfois révisés à plusieurs reprises dans la même journée, en fonction des périodes.

4.2.4.3 Les tentatives d’actions réalisées

Comme cela a été évoqué plus tôt dans ce chapitre, Ai-Soft utilise l’ERP Cortex-Gestion depuis sa création, en 2012. Lorsqu’une difficulté est rencontrée dans l’entreprise, une solution est recherchée par l’automatisation du processus dans l’ERP. Toutefois cette option n’est pas toujours possible car certaines tâches ne sont malheureusement pas destinées à être traitées par un logiciel, ou bien partiellement tout au plus.

Ainsi, de nouvelles fonctionnalités sont régulièrement intégrées à la solution ERP pour décharger les employés et le dirigeant de tâches à faible valeur ajoutée mais cependant importantes. Si ces actions paraissent être parfaitement adaptées, elles génèrent paradoxalement d’autres types de problèmes. Si les données utilisées pour l’automatisation sont biaisées ou incomplètes, elles peuvent entraîner des décisions ou des actions inappropriées. Or dans une entreprise de petite taille, le volume de données est inconstant, et ce biais est fréquent.

Concernant les projet de développement, une approche combinée en Agile et Scrum a toujours été utilisée chez Ai-Soft. L’approche agile en gestion de projet informatique est une méthode flexible qui se base sur les principes de l’interaction humaine, de la collaboration avec le client et de l’adaptation aux changements. Elle utilise des méthodes telles que Scrum,

Kanban, Lean et XP pour organiser les projets en itérations courtes appelées "sprints". Elle permet une meilleure gestion des risques, une amélioration de la qualité et de la satisfaction des clients et une meilleure communication et collaboration au sein de l'équipe. Cependant, cela ne permet pas de s'affranchir d'un membre de l'équipe. Ainsi, pour assainir l'affectation du temps de travail de chaque employé, un partage entre les projets et la boutique a été mis en place. Chaque employé a ainsi la garantie d'avoir cinq heures continues sur le développement chaque jour, et seulement deux heures sur la partie commerciale et technique en boutique.

4.2.4.4 L'intérêt d'un système de recommandation

Malgré toutes les actions engagées jusqu'alors, la partie commerciale reste la plus contraignante. De nouvelles fonctionnalités permettant de soulager les utilisateurs ont été ajoutées mais cela n'a pas solutionné l'intégralité des difficultés rencontrées. Un système de recommandation qui viendrait suggérer des actions aux utilisateurs pourrait apaiser le climat interne de l'entreprise.

- Assainir la gestion du temps d'utilisation de l'ERP, en proposant à l'utilisateur un objectif clair et précis, par une recommandation ciblée sur une action simple et unique.
- Rassurer la direction sur la stratégie convergente en vigueur à l'endroit du logiciel ERP.
- Impliquer les utilisateurs dans l'importance significative de la saisie de leurs préférences dans le système, compte tenu de l'incidence directe que cela provoque sur les actions qui leur sont recommandées.
- Tranquilliser les consciences sur la responsabilité de chaque collaborateur dans le cadre de son utilisation de l'ERP.
- Valoriser les membres de l'équipe par la conviction individuelle que chaque voix compte, au même titre qu'un vote.

Tous les points évoqués ici constituent la base de travail du système de recommandation qui sera présenté dans le chapitre 6, à la nuance près que son développement devra correspondre également à d'autres problématiques, d'entreprises différentes. Ainsi, la scalabilité et

la déclinabilité sont des objectifs d'ores et déjà pris en compte dans l'étude et la réalisation de la solution apportée.

4.3 Conclusion

Le contexte de mise en œuvre d'une phase expérimentale dans une TPE offre une opportunité profitable d'étudier les performances d'un système d'information dans un environnement réel. Travailler en collaboration avec une entreprise fonctionnelle permet d'observer directement les processus, les interactions et les flux de données réels, fournissant des données pertinentes et actualisées pour la recherche.

Les avantages de cette approche, tels que la pertinence directe des résultats de recherche et la compréhension approfondie des besoins des utilisateurs, sont accompagnés de défis, notamment des contraintes temporelles et la difficulté de contrôler tous les facteurs externes.

Ai-Soft, en tant qu'hôte de cette étude, présente une structure fonctionnelle avec des ressources partagées entre Cortex-Informatique et elle-même. L'historique des données, provenant de l'utilisation de l'ERP Cortex-Gestion, offre une base intéressante pour la phase expérimentale du système de recommandation.

La gestion interne du temps chez Ai-Soft est un défi inhérent aux TPE, avec des contraintes liées à la gestion des absences, la flexibilité des horaires, la gestion des heures supplémentaires, la planification des projets et la fonction commerciale. Les tentatives d'actions, telles que l'automatisation des processus dans l'ERP, ont permis d'apporter des améliorations, mais cela se révèle insuffisant.

Dans ce contexte, l'introduction d'un système de recommandation apparaît comme une solution potentielle pour soulager les utilisateurs, améliorer la performance commerciale, renforcer la cohésion au sein de l'équipe, et optimiser les ressources. Les avantages potentiels incluent également un gain de temps, une amélioration de la satisfaction des clients et une meilleure visibilité sur les données commerciales.

Le chapitre suivant se penchera sur la conception et le développement du système de recommandation, en tenant compte des défis spécifiques rencontrés par Ai-Soft et en visant à fournir une solution adaptée aux besoins de cette TPE tout en restant scalable et déclinable pour d'autres entreprises.

5

L'ERP Cortex-Gestion

5.1	Historique	103
5.2	Présentation	104
5.2.1	Architecture	104
5.2.2	Conception	105
5.2.3	Interface	105
5.2.4	Fonctionnalités	107
5.3	Conclusion	108

5.1 Historique

Cortex-Gestion, un ERP de gestion d'entreprise, a été initialement conçu en 2011 par Cortex-Informatique dans le but de remplacer un logiciel de gestion vieillissant utilisé en interne. À ses débuts, l'ERP ne proposait que des fonctionnalités de base, telles que la gestion commerciale, la gestion de stock et quelques éléments comptables rudimentaires.

Au fil des années et particulièrement à partir de 2015, l'ERP a connu une évolution significative. Les mises à jour régulières ont permis de le compléter, de le perfectionner et de l'affiner en fonction des besoins et des retours d'utilisateurs. Cette progression a attiré l'attention des commerciaux d'un grand distributeur en informatique, séduits par l'ergonomie originale de l'ERP et ses performances. Ils ont ainsi suggéré sa commercialisation par leur intermédiaire.

Deux ans plus tard, la première version disponible à la vente de l'ERP a été présentée, marquant ainsi une nouvelle étape dans son parcours. Depuis lors, plusieurs entreprises opérant dans des secteurs variés tels que la restauration, la construction, l'industrie médicale et le transport ont adopté Cortex-Gestion pour gérer plus efficacement leurs activités quotidiennes.

Dans une perspective d'amélioration continue, une application mobile est actuellement en développement afin de compléter la solution existante.

5.2 Présentation

5.2.1 Architecture

L'architecture de Cortex-Gestion repose sur un modèle client/serveur, offrant une solution ERP multi-utilisateur. Dans ce modèle, le logiciel lui-même est installé sur un serveur centralisé, tandis que chaque poste client dispose d'un accès au fichier exécutable de démarrage et aux bases de données partagées.

Cette approche permet de centraliser les ressources et les données sur le serveur, offrant ainsi une gestion plus efficace et sécurisée. Les utilisateurs peuvent accéder à l'ERP à partir de différents postes de travail au sein de l'entreprise.

Les données sont stockées localement, c'est-à-dire sur les serveurs de l'entreprise, ce qui garantit la confidentialité et la disponibilité des informations. Les accès distants sont possibles lorsque la configuration réseau le permet.

Cette architecture client/serveur offre plusieurs avantages. Elle facilite la gestion centralisée des données et des fonctionnalités, permettant une coordination harmonieuse entre les différents utilisateurs et départements de l'entreprise. De plus, elle permet de garantir la sécurité des données sensibles, en contrôlant les accès et les autorisations.

Cependant, cette architecture présente également des limites en termes de flexibilité et de mobilité, car l'accès aux données et aux fonctionnalités est limité aux emplacements où le réseau de l'entreprise est disponible.

Cortex-Gestion a été conçu dans une optique de performance et de stabilité, offrant ainsi une solution fiable et robuste pour la gestion d'entreprise.

5.2.2 Conception

La conception de Cortex-Gestion a été réalisée en utilisant le langage de programmation VB.Net, qui est un langage orienté objet appartenant à la plateforme de développement Microsoft .NET. Ce choix de langage permet de bénéficier des fonctionnalités avancées de programmation objet, telles que l'encapsulation, l'héritage et le polymorphisme, qui favorisent la modularité et la maintenabilité du code.

L'utilisation de Microsoft Visual Studio comme environnement de développement (IDE) offre une puissante suite d'outils. Ses fonctionnalités, telles que l'achèvement automatique du code, reposent sur des analyses statiques et dynamiques, améliorant la productivité. Le débogage pas à pas, basé sur des algorithmes sophistiqués, facilite l'identification et la résolution des erreurs. La gestion des versions, appuyée sur des systèmes de contrôle de version comme Git, garantit l'intégrité du code source. L'interopérabilité avec divers langages et plateformes est promue, crucial dans des projets multidisciplinaires. Les outils de déploiement avancés répondent aux besoins de distribution d'applications, assurant stabilité et compatibilité.

Pour le stockage des données, Cortex-Gestion utilise des fichiers de base de données Microsoft Access (.mdb). Microsoft Access est un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR) qui offre une solution légère et facile à utiliser pour stocker et manipuler les données. Les fichiers de base de données Access sont organisés en tables, avec des relations établies entre les différentes tables pour assurer l'intégrité des données.

L'utilisation de fichiers Access comme base de données présente des avantages tels que la facilité d'utilisation, la compatibilité avec de nombreux environnements, et la possibilité d'effectuer des requêtes et des analyses de données. Cependant, les fichiers Access peuvent être moins adaptés aux environnements de production à grande échelle nécessitant une gestion plus avancée des données et des performances élevées. Ainsi, le passage au SGBDR Microsoft SQL Server est en cours de réalisation et sera effectif au cours de l'année 2024.

5.2.3 Interface

L'esthétique de Cortex-Gestion constitue l'un de ses principaux atouts. L'interface utilisateur a été conçue dans une perspective centrée sur l'utilisateur, visant à faciliter le suivi de l'activité de l'entreprise. Le tableau de bord, conçu tel un cockpit, affiche de manière intuitive et conviviale tous les indicateurs nécessaires à l'utilisateur, qu'ils soient présentés sous forme

de graphiques ou de textes. Ces informations d'analyse de données sont adaptées en fonction du service auquel appartient l'utilisateur, assurant ainsi une personnalisation sectorielle. Ainsi, un commercial disposera d'un tableau de bord différent de celui d'un acheteur ou d'un logisticien.

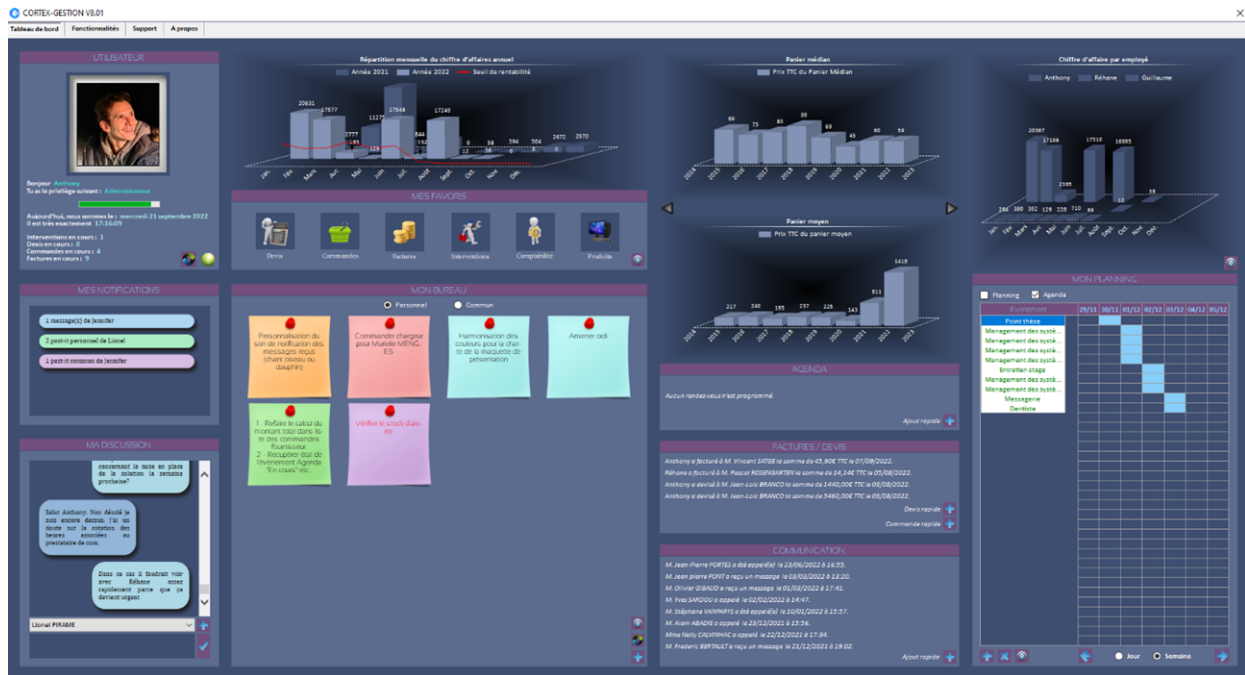


FIGURE 5.1 – Tableau de bord

Un autre aspect clé de Cortex-Gestion est la promotion de la communication entre les collaborateurs. Un bureau virtuel central permet aux utilisateurs de déposer des post-it virtuels à destination de leurs collègues, favorisant ainsi les échanges d'informations. Un espace de notifications situé sur la gauche permet à l'utilisateur d'être alerté par le logiciel des activités qui le concernent. La messagerie instantanée située en bas à gauche facilite le dialogue entre les collaborateurs. De plus, l'organisation et la planification sont mises en avant grâce à un diagramme de GANTT miniaturisé affiché sur la droite.

Par ailleurs, Cortex-Gestion offre aux utilisateurs la possibilité de personnaliser leurs préférences d'ouverture de formulaire, leur permettant ainsi d'accéder plus rapidement aux fonctionnalités les plus pertinentes pour leur travail. Cette fonctionnalité évite ainsi la nécessité de passer d'un formulaire à un autre pour accéder à la liste complète des fonctionnalités.

Enfin, un élément discret mais essentiel de Cortex-Gestion est le bouton d'alerte. Lorsqu'un utilisateur se trouve en situation de danger, il lui suffit de cliquer sur ce bouton pour

déclencher un protocole d’alerte silencieux. Le logiciel envoie alors un message d’alerte à cinq contacts privilégiés, qui peuvent être des personnes extérieures à l’entreprise. Ses contacts, ainsi informés de la situation à risque de l’utilisateur sur son lieu de travail, sont encouragés à prendre contact avec lui et à prévenir les secours si nécessaire. L’idée de départ de cette fonctionnalité est venue des évènements terroristes observés en France et à l’étranger et de la façon dont les victimes ont décrit leur ressenti à cet instant. La paralysie liée au traumatisme les a souvent empêchés d’utiliser leur téléphone pour avertir leurs proches ou les services de police au moment opportun. Cependant, en limitant la procédure à un seul clic et sans risquer de représailles de la part des protagonistes puisqu’ils ne peuvent pas le constater, le dénouement pourrait être différent.

5.2.4 Fonctionnalités

La structuration des fonctionnalités par secteur d’activité dans Cortex-Gestion repose sur des principes de classification et d’organisation, qui sont des concepts clés en science de l’information. En regroupant les fonctionnalités selon les différents départements de l’entreprise, on facilite la recherche et l’accès aux outils pertinents pour chaque utilisateur. Cette approche s’inspire des principes de l’ergonomie cognitive, qui met l’accent sur la conception d’interfaces utilisateurs intuitives et adaptées aux besoins spécifiques des utilisateurs.



FIGURE 5.2 – Liste des fonctionnalités

La conception du tableau de bord axée sur l’esthétique et la convivialité reflète les prin-

cipes de l'expérience utilisateur (UX design) et de la psychologie cognitive. En plaçant les indicateurs et les informations pertinentes au centre de l'interface, le tableau de bord permet à l'utilisateur d'obtenir rapidement une vue d'ensemble de l'activité de l'entreprise. L'utilisation de graphiques visuels dynamiques facilite la perception et la compréhension des données, conformément aux principes de la science cognitive.

Enfin, l'intégration de fonctionnalités de communication et de collaboration, telles que la messagerie instantanée et les espaces de notification, s'appuie sur les théories de la communication organisationnelle et de la collaboration en entreprise. Ces fonctionnalités favorisent l'échange d'informations entre les collaborateurs, améliorant ainsi la coordination des activités et la prise de décision collective.

Dans l'ensemble, la conception de Cortex-Gestion s'appuie sur des principes scientifiques et des connaissances approfondies dans des domaines tels que l'ergonomie cognitive, la psychologie cognitive et la communication organisationnelle. Cette approche vise à optimiser l'efficacité, la convivialité et la performance des utilisateurs dans la gestion de leurs activités quotidiennes.

5.3 Conclusion

Cortex-Gestion est un ERP de gestion d'entreprise qui a été développé avec rigueur et en s'appuyant sur des principes scientifiques et des connaissances spécialisées. Depuis sa création, il a connu une évolution progressive pour répondre aux besoins croissants des entreprises dans différents secteurs d'activité.

L'architecture client/serveur de Cortex-Gestion permet une gestion centralisée des données et offre une performance d'exécution appréciée des utilisateurs, tandis que la conception du logiciel dans le langage VB.Net et l'utilisation de bases de données Microsoft Access garantissent une compatibilité et une simplicité de mise en oeuvre.

L'ergonomie et l'esthétique de l'interface de Cortex-Gestion sont conçues pour placer l'utilisateur au centre de ses activités. La structuration des fonctionnalités par secteur d'activité facilite l'accès aux outils pertinents, sachant qu'il est délicat de trouver la présentation idéale dans la mesure où cela dépend des préférences des utilisateurs qui sont susceptibles de varier d'un utilisateur à l'autre et parfois même d'un utilisateur vis à vis de lui-même à deux instants suffisamment éloignés.

De plus, le tableau de bord intuitif et visuellement attractif offre une vue d'ensemble

des indicateurs clés et facilite la communication et la collaboration entre les employés. Les fonctionnalités de communication, les espaces de notification et la messagerie instantanée favorisent l'échange d'informations et la coordination des activités au sein de l'entreprise.

En adoptant une approche scientifique dans la conception et le développement de Cortex-Gestion, l'objectif est d'offrir aux entreprises un outil performant, fiable et adapté à leurs besoins spécifiques. Le logiciel continue d'évoluer pour répondre aux nouvelles exigences du marché, avec notamment le développement d'une application mobile en cours.

6

Le logiciel de recommandation

6.1	Introduction	111
6.2	Le logiciel GTiA	111
6.2.1	Présentation	111
6.2.2	Mise en oeuvre	112
6.2.3	Interfaces	114
6.2.4	Base de données	128
6.2.5	Langages de programmation	130
6.3	Le modèle d'agrégation : Théorie des jeux	131
6.3.1	Présentation	131
6.3.2	Fonctionnement	132
6.3.3	Équilibre de Nash	132
6.3.4	Matrice des paiements	134
6.3.5	Exemple d'application	134
6.4	Application du modèle	135
6.4.1	Introduction	135
6.4.2	Présentation et choix	136
6.4.3	Démonstration numérique	140
6.5	Conclusion	162

“Aucun homme ne marche jamais deux fois dans la même rivière, car ce n’est pas la même rivière et ce n’est pas le même homme.”

Héraclite

6.1 Introduction

La transition digitale des entreprises a fait entrer dans leur quotidien l’utilisation d’un logiciel pour la gestion de leurs activités. Chaque secteur de l’entreprise dispose d’un module qui centralise les ressources qu’il utilise au sein de ce logiciel. Le fait d’assurer l’homogénéité des informations, de garantir leur actualisation en temps réel, de permettre une meilleure gestion des processus et une coordination facilitée entre les services, constitue la raison d’être de l’ERP, et il s’en acquitte avec succès. Néanmoins, dans cet océan d’informations qui occupe jour après jour de plus en plus d’espace, l’utilisateur peut se retrouver face à un choix difficile quant à l’affectation de son temps de travail. Le stockage des données et leur mise à disposition sont assurés par le logiciel, mais l’exploitation de ces données est une tâche qui incombe à l’utilisateur et à sa subjectivité. Ainsi, une mauvaise interprétation est envisageable, conduisant l’utilisateur à allouer du temps de travail à une tâche qui ne le méritait pas au détriment d’une autre tâche dont l’exécution aurait été plus bénéfique. Or le temps a cette propriété fort incommode : lorsqu’il est passé, il l’est définitivement. Le logiciel de recommandation qui est le sujet de cette étude permet, après avoir défini des critères et des alternatives, de proposer à l’utilisateur une affectation de son temps de travail qui satisfasse les conditions initialement précisées, limitant ainsi les risques d’une interprétation inadéquate et générant une perte sèche pour l’entreprise.

6.2 Le logiciel GTiA

6.2.1 Présentation

La création et le développement de GTiA (Gestion du Temps et des Activités par Intelligence Artificielle) ont débuté en septembre 2020, dans l’optique de proposer une solution à un problème précis : le doute de l’utilisateur d’un ERP quant à l’action la plus adaptée dès lors qu’il est face au logiciel et qu’il doit en faire usage.

Les logiciels de gestion et les ERP, comme cela a été expliqué de façon détaillée en première partie, offrent un grand nombre de possibilités d’actions. En conséquence, l’utilisateur doit continuellement prendre des décisions pour déterminer quelle tâche est prioritaire parmi toutes les tâches potentielles. Or, pour identifier cette priorité, il est susceptible de faire un

choix inadapté. La probabilité de faire le bon choix diminue logiquement au même rythme que le nombre de données à traiter augmente. Un utilisateur reste avant tout un humain, avec le paradoxe d'un cerveau plus puissant que toute technologie actuelle, mais nettement moins performant en calcul et en traitement d'informations provenant d'une base de données en temps réel qu'un simple smartphone. Un journal de vente dont l'ordinateur extrait les totaux en moins d'une seconde, l'humain prendrait des jours pour en additionner le contenu, avec un résultat probablement inexact tant la tâche s'avère fastidieuse. Dans ces conditions, il n'est pas raisonnable d'ambitionner des moyennes ou des taux de progression du chiffre d'affaire en temps réel. Pourtant, c'est en partie de ces données dont l'utilisateur aurait besoin, ainsi que de l'avis de son responsable, doublé de celui du directeur commercial sur la stratégie en vigueur sur la période, sans oublier celui des collaborateurs à propos des actions qu'ils ont effectuées récemment. Le nombre d'informations à traiter avant chaque prise de décision serait déraisonnable.

Le bilan de ce constat est évident : l'utilisateur ne peut pas savoir avec exactitude ce qu'il est opportun de faire avant chaque action. Dès lors, il pourrait être appréciable pour lui de bénéficier d'une aide dans ses choix. Ainsi, GTiA a été conçu pour proposer une recommandation d'action à l'utilisateur du logiciel, qui tiendra compte de ses préférences, ainsi que celles de tous les autres utilisateurs, incluant ses responsables, et la direction. Cela ne signifie pas que l'utilisateur n'aura plus de liberté dans ses actions, puisqu'il garde son libre arbitre et peut s'affranchir de la recommandation. Cependant, un appui est ajouté, et une charge mentale soustraite.

Ce logiciel de recommandation basé sur un modèle d'agrégation multi-acteur pourrait être classé comme un système de recommandation basé sur le contenu adapté spécifiquement aux fonctionnalités et aux besoins des utilisateurs d'un ERP, utilisant trois critères (qui seront présentés plus loin) pour personnaliser les recommandations, sans algorithme d'apprentissage. Le choix de ne pas intégrer d'apprentissage a principalement été déterminé par le contexte. En effet, les données nécessaires pour entraîner un modèle d'apprentissage automatique n'étaient pas de qualité suffisante pour constituer un dataset exploitable dans le cadre de cette étude.

6.2.2 Mise en oeuvre

Comme pour la conception d'un logiciel traditionnel, celle d'un logiciel de recommandation requiert une méthodologie rigoureuse. Les phases de conception et de développement sont étroitement liées à la cible qui exploitera le logiciel produit. Dans le cas de GTiA, il était préférable de considérer que les cibles étaient très hétérogènes. En effet, les utilisateurs étaient peu nombreux, et leur niveau de responsabilité dans l'entreprise très différent. Une

approche généraliste a été favorisée, pour permettre une utilisation ultérieure par un type d'entreprise non similaire. Ainsi, l'élaboration d'un avant projet avec une planification a précédé l'exécution, dont voici l'amplitude :

- Analyse des besoins en recueillant des informations auprès des utilisateurs, en analysant les processus métier, en définissant les objectifs du logiciel et en établissant les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles.
- Conception de l'architecture logicielle qui décrit la structure générale du logiciel, les composants et les interfaces, sans négliger les aspects tels que la scalabilité, la disponibilité, la sécurité, la performance et la flexibilité.
- Conception des interfaces utilisateur sous forme de maquettes ou de prototypes pour permettre aux utilisateurs de visualiser comment le logiciel sera utilisé et pour obtenir des commentaires sur leur expérience.
- Collecte et préparation des données de l'entreprise afin de les formater pour l'analyse et la modélisation. Cette étape a été complexifiée par la contrainte d'une base de données utilisée et enrichie en continu par l'activité en cours de l'entreprise pendant mes travaux.
- Implémentation ou intégration du logiciel de recommandation dans l'ERP hôte et mise en production, c'est à dire test du logiciel pour s'assurer qu'il fonctionne correctement et formation des collaborateurs sur son utilisation.
- Maintenance et amélioration continue par la mise en surveillance des performances du logiciel de recommandation et optimisation des algorithmes pour améliorer les résultats.

Pour fonctionner, un logiciel de recommandation a besoin d'un hôte. Comme cela a été évoqué précédemment, L'ERP Cortex-Gestion a été sélectionné pour la phase expérimentale qui sera abordée plus loin dans cette étude.

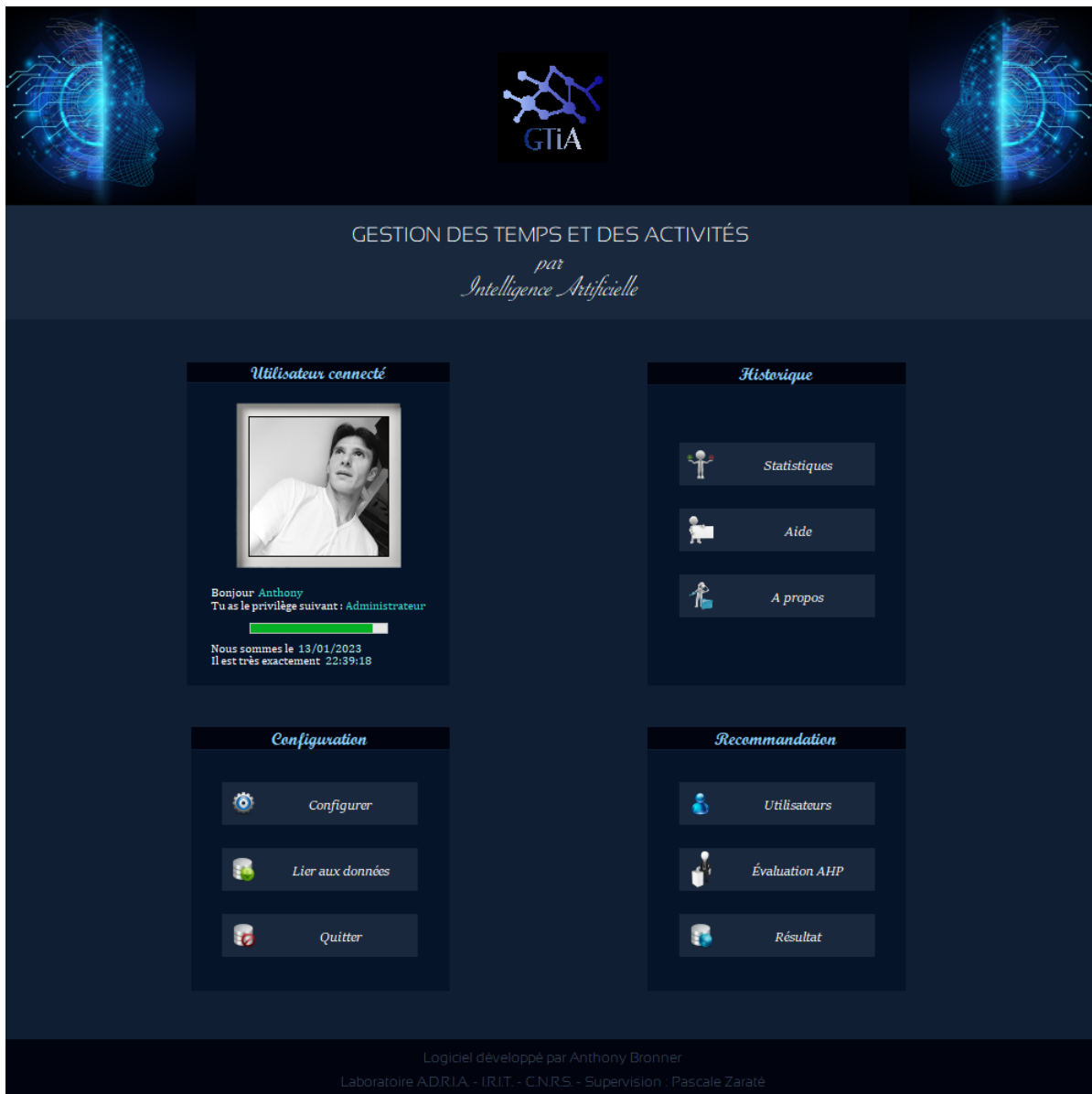


FIGURE 6.1 – Interface d’accueil

6.2.3 Interfaces

6.2.3.1 Accueil

En succession de la phase d’authentification, le tableau de bord ci-dessous fait son apparition. GTiA dispose ainsi de sa propre interface totalement indépendante de l’ERP hôte. Les informations présentées sont cependant synchronisées avec l’hôte afin de respecter la cohérence de la centralisation qui est la raison d’être d’un ERP. Les fonctionnalités sont regroupées en quatre blocs distincts :

- Le premier bloc rassemble les informations du profil de l'utilisateur connecté, en précisant son identité et son niveau de privilège dans l'ERP.
- Le bloc de configuration permet d'accéder aux formulaires des critères et des alternatives, ainsi qu'au formulaire de paramétrage de la liaison à la base de données principale de l'ERP hôte.
- Le bloc de l'historique propose un accès aux statistiques d'utilisation du logiciel de recommandation. Des conseils d'utilisation sont également disponibles dans la rubrique "Aide".
- Le dernier bloc est celui des paramétrages de la recommandation. On y trouve les formulaires de saisie des préférences de la méthode AHP, ainsi que le formulaire de la recommandation finale.

6.2.3.2 Utilisateurs

Les utilisateurs du logiciel de recommandation sont regroupés dans le formulaire présenté plus bas. Les informations de base y figurent, ainsi qu'un indicateur spécifique : l'influence. Ce paramètre permet de déterminer la pertinence des recommandations pour un utilisateur en particulier. Il permet de prendre en compte les préférences et les comportements de cet utilisateur dans les calculs de recommandation.

Plus précisément, le niveau d'influence d'un utilisateur peut être utilisé à des fins spécifiques, dont certaines méritent d'être clarifiées.

- Peser les préférences de l'utilisateur : en fonction de son niveau d'influence, les préférences de l'utilisateur peuvent être considérées comme plus ou moins importantes dans les calculs de recommandation.
- Personnaliser les recommandations : en utilisant le niveau d'influence d'un utilisateur, le logiciel peut adapter les recommandations à ses préférences et à ses comportements pour les rendre plus pertinentes.
- Gérer les conflits d'intérêts : si plusieurs utilisateurs ont des préférences ou des comportements divergents, leur niveau d'influence peut être utilisé pour déterminer qui a

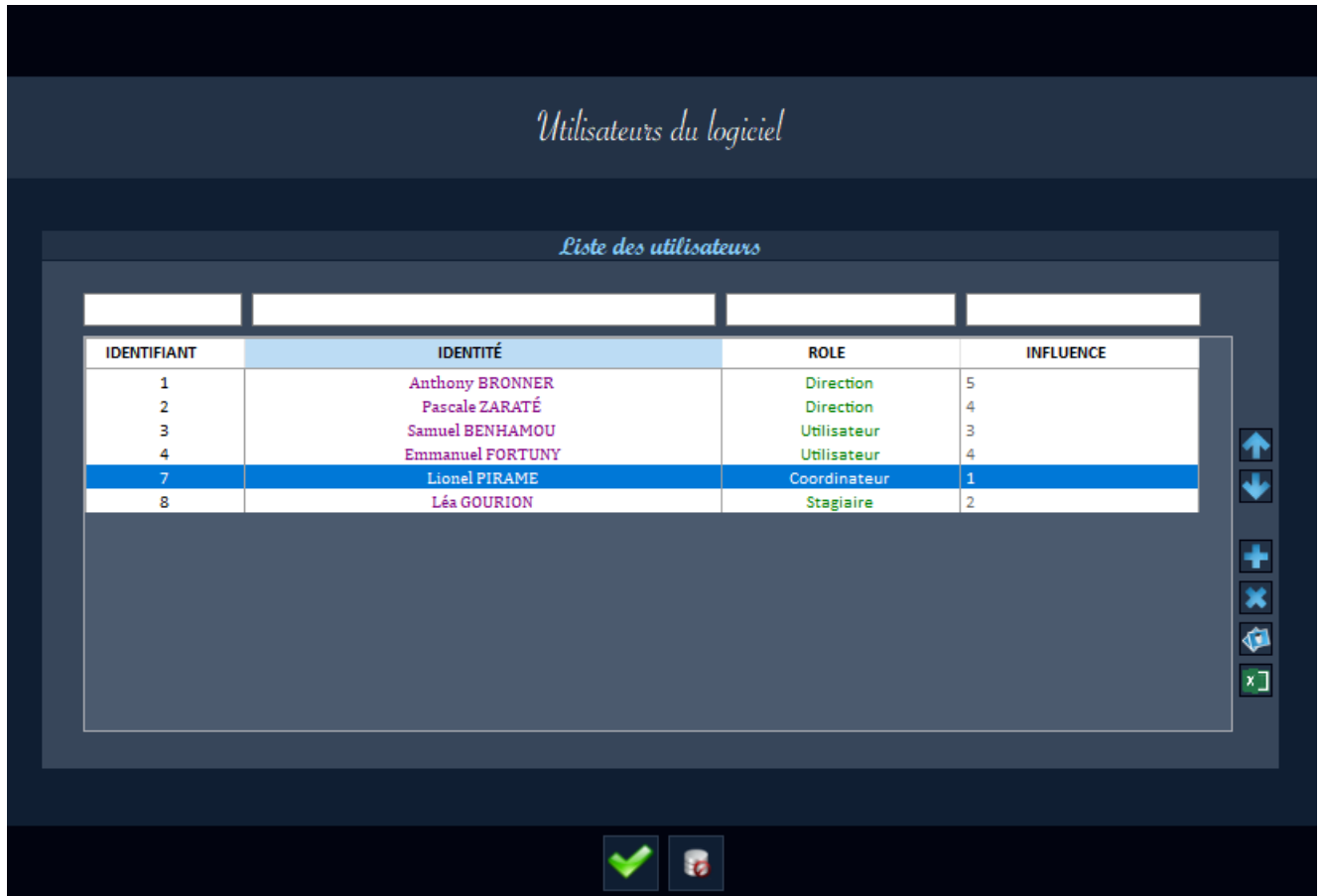


FIGURE 6.2 – Liste des utilisateurs

le plus d’influence sur les recommandations.

- Favoriser l’engagement : en donnant aux utilisateurs un certain niveau d’influence sur les recommandations, cela peut les inciter à utiliser davantage le logiciel et à donner des retours sur les recommandations reçues.

Le niveau d’influence d’un utilisateur n’est pas nécessairement lié à son statut ou à sa position dans l’entreprise, il peut être basé sur des comportements, tels que la fréquence d’utilisation du programme.

6.2.3.3 Critères

Les critères sont utilisés pour évaluer la pertinence des recommandations pour les utilisateurs. La configuration de ces critères comprend différents paramètres qui ont des fonctions

spécifiques pour améliorer la qualité des recommandations :

Critère de choix

Informations

Identifiant	6
Utilisateur	Pascale ZARATÉ
Date	22/09/2020
Libellé	Satisfaction client
Sens	Min
Unité	Qualitatif
Echelle	5 {Très mauvais,Mauvais,Moyen,Bon,Très bon}
Influence	<input type="radio"/> Actif <input checked="" type="radio"/> Inactif
Coefficient d'abattement	

Poids du critère

IDENTITÉ	DATE	POIDS
----------	------	-------

+

x

FIGURE 6.3 – Configuration d'un critère

- Le sens, qui est généralement défini comme maximisant ou minimisant, permet de spécifier si un critère doit être utilisé pour augmenter ou diminuer la pertinence des recommandations. Par exemple, si le critère est la notation, un sens maximisant serait utilisé pour recommander les éléments avec les meilleures notes, tandis qu'un sens minimisant serait utilisé pour recommander les éléments avec les notes les plus basses.
- L'unité, qui désigne la mesure utilisée pour exprimer la valeur d'un critère. Cela peut être une mesure numérique donc quantitative, ici une note sur une échelle de 1 à 5, ou

une mesure catégorique donc qualitative, comme mauvais, moyen, bon. L'unité d'un critère est importante car elle permet de déterminer comment les valeurs de ce critère doivent être comparées et pondérées par rapport aux autres critères dans le logiciel de recommandation.

- L'échelle, qui est généralement définie en utilisant une échelle numérique, permet de spécifier comment les valeurs de ce critère doivent être pondérées par rapport aux autres critères. Ainsi, il s'agit d'une échelle de pondération qui va de 1 à 9, où 1 indique que les deux critères sont équivalents et 9 indique que l'un des critères est extrêmement plus important que l'autre. Les utilisateurs doivent évaluer les critères les uns par rapport aux autres en utilisant cette échelle pour déterminer les pondérations relatives de chaque critère dans le système de décision. Cette échelle ayant été inventée par Thomas Saaty, on la nomme "L'échelle de Saaty". Elle sera de nouveau présentée plus loin.
- L'influence, un booléen, permet de contrôler l'importance relative d'un critère par rapport aux autres critères. Cela permet de garantir que certains critères ont une influence plus importante sur les recommandations que d'autres. Ceci vient affiner le poids du critère provenant des évaluations par les utilisateurs.
- Le coefficient d'abattement, défini en utilisant un facteur de réduction ou un facteur de pondération, permet de limiter l'influence d'un critère sur les recommandations pour éviter les biais ou les surpondérations. Cela permet d'éviter que les recommandations soient exclusivement basées sur un seul critère, ce qui peut entraîner des résultats non pertinents pour les utilisateurs. Ce coefficient pourra être utilisé de façon optionnelle lors de la phase expérimentale.

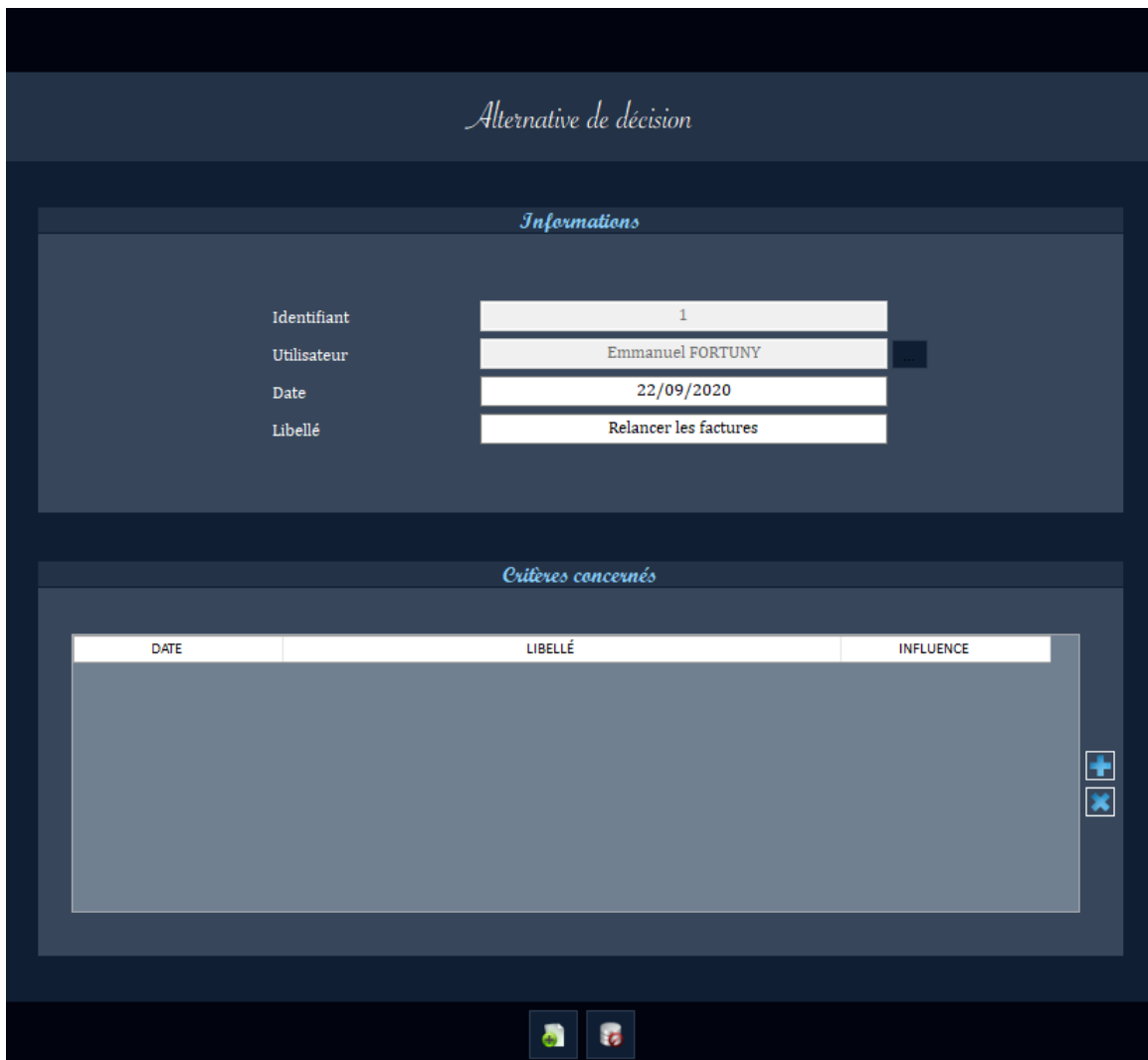
6.2.3.4 Alternatives

Dans le contexte des systèmes de recommandation, une alternative de décision désigne la solution potentielle qui sera proposée à l'utilisateur lorsqu'il utilisera le système. Dans ce formulaire, la configuration des alternatives prévoit la correspondance avec les critères. Ainsi, il est parfaitement envisageable d'exclure un critère dans l'évaluation d'une alternative.

L'exclusion d'un critère de l'évaluation d'une alternative peut avoir des conséquences sur les résultats finaux. En effet, lorsqu'un critère est exclu, cela modifie la pondération des autres

critères. Si le critère exclu est important pour la décision, l'exclusion peut fausser les résultats finaux. Il est donc important de justifier pourquoi un critère est exclu et de considérer les conséquences de cette exclusion avant de prendre une décision. Aussi, l'exclusion d'un critère de l'évaluation d'une alternative peut entraîner une perte d'informations importantes. En effet, certaines caractéristiques importantes de l'alternative en question pourraient ne pas être prises en compte. Il est donc important de peser soigneusement les avantages et les inconvénients de l'exclusion d'un critère avant d'y procéder.

Par ailleurs, comme pour les critères, l'utilisateur ayant créé l'alternative est enregistré. Cette valeur peut être modifiée dans l'hypothèse où un utilisateur différent de celui ayant créé l'alternative viendrait en modifier les caractéristiques.



Alternative de décision

Informations

Identifiant	1
Utilisateur	Emmanuel FORTUNY
Date	22/09/2020
Libellé	Relancer les factures

Critères concernés

DATE	LIBELLÉ	INFLUENCE
------	---------	-----------

+

-

+

-

FIGURE 6.4 – Configuration d'une alternative

6.2.3.5 Configuration

Les formulaires de configuration des critères et des alternatives ayant déjà été traités, il ne reste que celui de la liaison aux bases de données.

Le logiciel GTiA possède sa propre base de données, dont le détail sera abordé plus loin dans ce chapitre, qui est susceptible d'être localisée dans un répertoire différent de celui assigné au code source. Le formulaire de configuration permet de modifier ce répertoire et de rétablir la liaison aux données après la saisie du mot de passe correspondant.

Le logiciel hôte, ici l'ERP Cortex-Gestion, possède également une base de données, ou plusieurs dans l'hypothèse où l'entreprise souhaite gérer plus d'un site. Les informations relatives à la liaison aux données de l'hôte sont aussi modifiables dans ce formulaire.

6.2.3.6 Évaluation

Le principe de base de la méthode AHP est d'évaluer les critères entre eux et les alternatives entre elles pour déterminer l'importance relative de chaque critère et de chaque alternative pour chaque utilisateur. Comme cela a été détaillé dans les chapitres antérieurs, nous avons retenu 3 critères et 3 alternatives pour réaliser cette phase expérimentale. Lors des évaluations à venir, les matrices sont ainsi dans un format 3x3, conformément aux nombres respectifs de critères et d'alternatives. Les formulaires présentés ensuite sont destinés à la saisie de ces informations.

6.2.3.7 Les critères entre eux

Pour évaluer les critères entre eux, la première matrice de saisie des valeurs doit être remplie par l'utilisateur. Comme cette matrice de comparaison pair à pair est positive réciproque, si une valeur est saisie d'un côté de la diagonale des 1, le logiciel calcule et affiche directement la valeur correspondante, de l'autre côté de la diagonale, sachant que cette valeur est l'inverse de sa correspondante. Les valeurs servant à saisir les préférences, dans le cadre "Saisie des valeurs", proviennent de l'échelle de Saaty présentée dans la table 6.1 tandis que la matrice de la table 6.2 présente les calculs associés. Les informations présentées ici serviront de base de calcul dans l'étude expérimentale du chapitre 7.

Dans cet exemple, a_{ij} représente la valeur de comparaison entre le critère i et le critère j .

Liaison des bases de données

Base de données principale

Emplacement: Z:\CORTEX-BDD\IA.mdb

Mot de passe: ●●●●●●

Confirmation du mot de passe: ●●●●●●

Base de données de l'hôte

Emplacement: Z:\CORTEX-BDD\AiSoft.mdb

Mot de passe: ●●●●●●●●●●

Confirmation du mot de passe: ●●●●●●●●●●

FIGURE 6.5 – Liaisons aux bases de données

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

TABLE 6.1 – Matrice de comparaison pair à pair

Dès lors que le cadre "Saisie des valeurs" est entièrement complété, le cadre suivant affiche en temps réel la matrice normalisée correspondante. C'est à partir de cette matrice que le poids de chaque critère, utilisé plus tard dans le calcul de la recommandation, sera révélé.

Étape 1 - évaluation des critères entre eux

Saisie des valeurs

CRITERE	Chiffre d'affaires	Satisfaction client	Marge
Chiffre d'affaires	1	3	6
Satisfaction client	0,12500	1	0,33333
Marge	0,16667	3	1
TOTAUX	1,29167	12,00000	7,33333

Normalisation

CRITERE	Chiffre d'affaires	Satisfaction client	Marge	POIDS CRITERE
Chiffre d'affaires	0,77419	0,66667	0,81818	0,75301
Satisfaction client	0,09677	0,08333	0,04545	0,07518
Marge	0,12903	0,25000	0,13636	0,17180

Consistance

CRITERE	Chiffre d'affaires	Satisfaction client	Marge	SOMME POIDS	POIDS CRITERE	CONSISTANCE
Chiffre d'affaires	0,75301	0,60144	1,03080	2,38525	0,75301	3,16762
Satisfaction client	0,09413	0,07518	0,05727	0,22658	0,07518	3,01383
Marge	0,12550	0,22554	0,17180	0,52284	0,17180	3,04331

Amax = 3,07492 Index de consistance = 0,03746 Taux de consistance = 0,06459

FIGURE 6.6 – Évaluation des critères entre eux

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{a_{12}}{a_{21}} & \frac{a_{13}}{a_{31}} & \dots & \frac{a_{1n}}{a_{n1}} \\ \frac{a_{21}}{a_{12}} & 1 & \frac{a_{23}}{a_{32}} & \dots & \frac{a_{2n}}{a_{n2}} \\ \frac{a_{31}}{a_{13}} & \frac{a_{32}}{a_{23}} & 1 & \dots & \frac{a_{3n}}{a_{n3}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{a_{1n}} & \frac{a_{n2}}{a_{2n}} & \frac{a_{n3}}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

TABLE 6.2 – Matrice normalisée

La formule pour calculer chaque élément n_{ij} de la matrice normalisée est donnée par :

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

où a_{ij} est l'élément correspondant dans la matrice de comparaison pair à pair.

Enfin, le dernier cadre qui traite de la consistance est rempli également en temps réel lors de la de la saisie complétée du cadre "Saisie des valeurs". Si la consistance n'est pas satisfaisante, l'index et le taux de consistance, en bas, sont colorés en rouge et l'utilisateur est invité à rectifier sa saisie, jusqu'à ce que leur couleur passe au bleu.

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \dots & c_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

TABLE 6.3 – Matrice de consistance

La formule pour calculer chaque élément c_{ij} de la matrice de consistance est donnée par :

$$c_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} \cdot w_k}{w_j}$$

où a_{ik} est l'élément correspondant dans la matrice de comparaison pair à pair, w_k est la pondération associée au critère k , et n est le nombre total de critères.

6.2.3.8 Les alternatives entre elles

Pour évaluer les alternatives entre elles, la première matrice de saisie des valeurs doit être remplie par l'utilisateur. Comme c'était le cas pour les critères, cette matrice de comparaison pair à pair est positive réciproque, si une valeur est saisie d'un côté de la diagonale des 1, le logiciel calcule et affiche directement la valeur correspondante, de l'autre côté de la diagonale.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

TABLE 6.4 – Matrice de comparaison pair à pair

Dans cet exemple, a_{ij} représente la valeur de comparaison entre le critère i et le critère j .

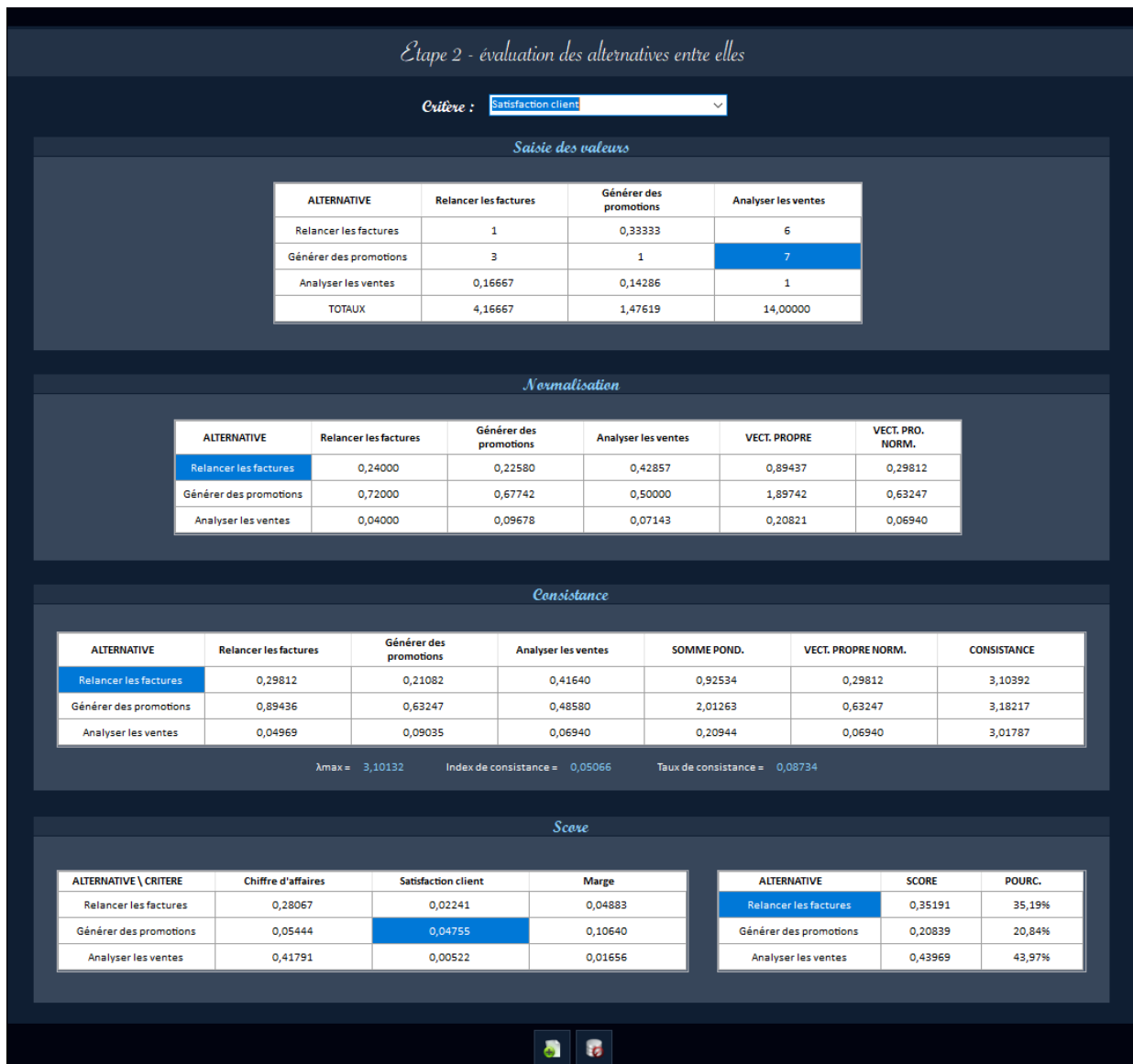


FIGURE 6.7 – Évaluation des alternatives entre elles

$$\begin{bmatrix}
 1 & \frac{a_{12}}{a_{11}} & \frac{a_{13}}{a_{11}} & \dots & \frac{a_{1n}}{a_{11}} \\
 \frac{a_{21}}{a_{11}} & 1 & \frac{a_{23}}{a_{11}} & \dots & \frac{a_{2n}}{a_{11}} \\
 \frac{a_{31}}{a_{11}} & \frac{a_{32}}{a_{11}} & 1 & \dots & \frac{a_{3n}}{a_{11}} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \frac{a_{n1}}{a_{11}} & \frac{a_{n2}}{a_{11}} & \frac{a_{n3}}{a_{11}} & \dots & 1
 \end{bmatrix}$$

TABLE 6.5 – Matrice normalisée

La formule pour calculer chaque élément n_{ij} de la matrice normalisée est donnée par :

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

où a_{ij} est l'élément correspondant dans la matrice de comparaison pair à pair.

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \dots & c_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

TABLE 6.6 – Matrice de consistance

La formule pour calculer chaque élément c_{ij} de la matrice de consistance est donnée par :

$$c_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} \cdot w_k}{w_j}$$

où a_{ik} est l'élément correspondant dans la matrice de comparaison pair à pair, w_k est la pondération associée au critère k , et n est le nombre total de critères.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

TABLE 6.7 – Matrice de comparaison pair à pair pour les alternatives

Dans cet exemple, a_{ij} représente la valeur de comparaison entre l'alternative i et l'alternative j .

La formule pour calculer chaque élément n_{ij} de la matrice normalisée des alternatives est

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{a_{12}}{a_{21}} & \frac{a_{13}}{a_{31}} & \cdots & \frac{a_{1n}}{a_{n1}} \\ \frac{a_{21}}{a_{12}} & 1 & \frac{a_{23}}{a_{32}} & \cdots & \frac{a_{2n}}{a_{n2}} \\ \frac{a_{31}}{a_{13}} & \frac{a_{32}}{a_{23}} & 1 & \cdots & \frac{a_{3n}}{a_{n3}} \\ a_{13} & a_{23} & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{a_{1n}} & \frac{a_{n2}}{a_{2n}} & \frac{a_{n3}}{a_{3n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

TABLE 6.8 – Matrice normalisée pour les alternatives

donnée par :

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

où a_{ij} est l'élément correspondant dans la matrice de comparaison pair à pair.

Lorsque toutes les valeurs sont saisies comme dans la Table 6.7, la deuxième matrice appelée "matrice normalisée" s'affiche automatiquement, ainsi que la troisième matrice dite "matrice de consistance". Si la consistance n'est pas satisfaisante, l'index et le taux de consistance sont colorés en rouge et l'utilisateur est invité à rectifier sa saisie, jusqu'à ce que leur couleur passe au bleu.

Enfin, lorsque la saisie a été effectuée pour les trois critères, les résultats apparaissent dans les scores en bas du formulaire. Ces informations ne sont utiles qu'à l'utilisateur pour connaître les conséquences de ses préférences sur le classement des alternatives. Cependant, cela ne signifie pas que ses recommandations respecteront ce classement. En effet, s'il n'est pas le seul à utiliser le logiciel, alors le modèle d'agrégation (présenté plus loin) pourrait modifier les résultats finaux.

La phase de collecte des préférences des utilisateurs a été complétée avec succès, marquant une transition vers une étape du processus qui peut désormais se dérouler sans l'intervention directe des collaborateurs de l'entreprise. À ce stade avancé, l'intégration d'une approche d'apprentissage supervisé (Machine Learning) est envisageable. Ce modèle pourrait être potentiellement enrichi ultérieurement par l'incorporation d'un apprentissage par renforcement, ajoutant ainsi une dimension d'ajustement dynamique aux préférences des utilisateurs au fil du temps.

Néanmoins, pour simplifier le processus et concentrer notre attention sur le modèle d'agrégation, qui constitue le cœur de cette étude, nous avons pris la décision de maintenir une saisie manuelle des préférences. Ce choix stratégique permet de mettre l'accent sur le développe-

ment et la compréhension du modèle central sans introduire des complexités supplémentaires à ce stade spécifique du projet.

6.2.3.9 Recommandation



FIGURE 6.8 – Recommandation faite par le logiciel

Le formulaire de recommandation synthétise les résultats issus des formulaires précédents et les présente avec une ergonomie plus conviviale. L'utilisateur peut ainsi apprécier les scores sous forme graphique et découvrir le classement général du logiciel pour se faire une idée de l'amplitude des écarts entre les alternatives.

6.2.4 Base de données

6.2.4.1 Schéma relationnel

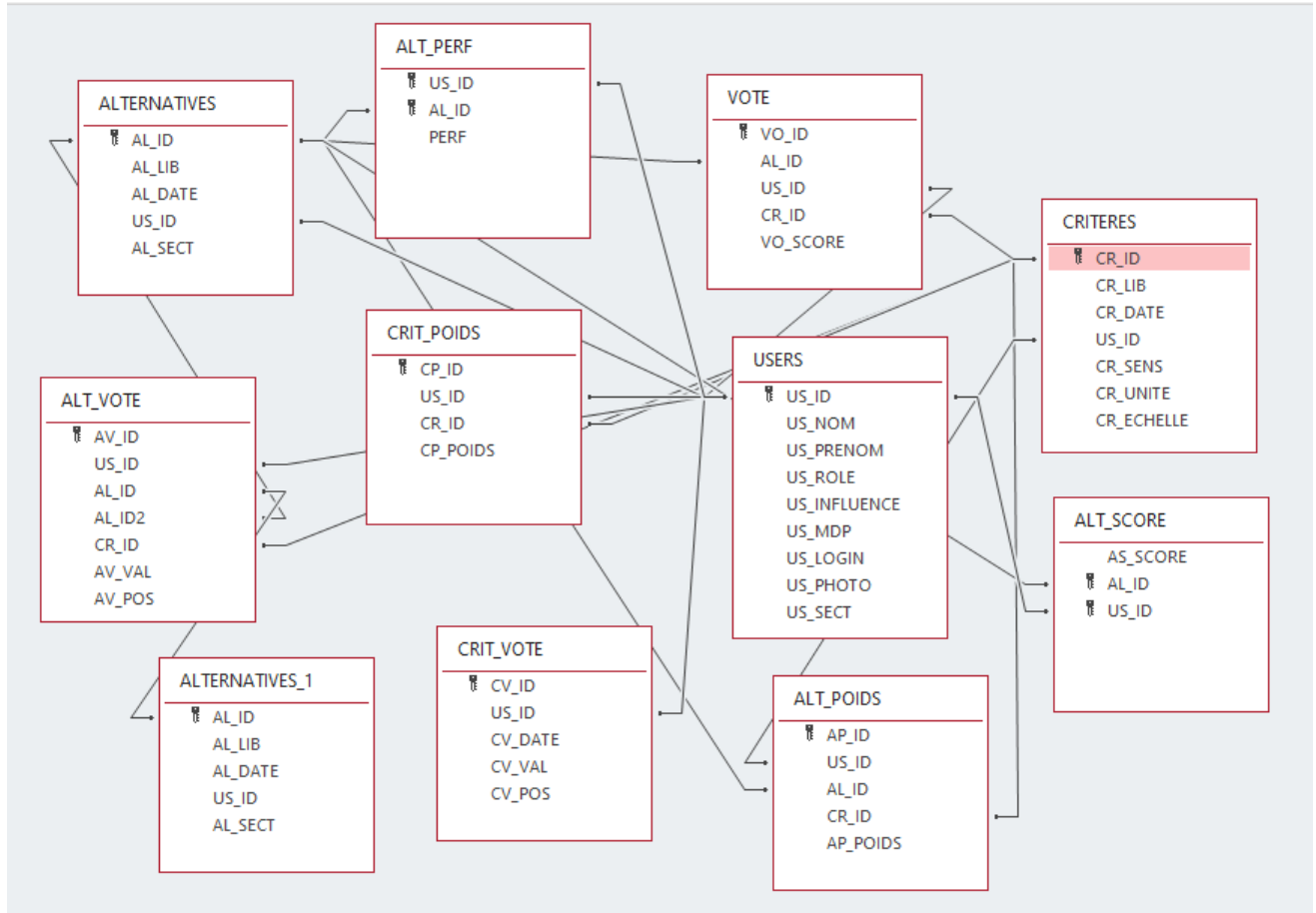


FIGURE 6.9 – Schéma relationnel de la base de données

Un schéma relationnel est un outil utilisé pour décrire la structure des données dans une base de données relationnelle. Il permet de définir les relations entre les différentes tables de la base de données, ce qui est essentiel pour garantir l'intégrité des données. Il est utilisé pour décrire les tables, les champs, les clés primaires et étrangères, les contraintes et les index.

Les relations sont décrites en utilisant des lignes et des flèches pour montrer comment les tables sont liées entre elles. Les clés primaires (qui comportent le symbole d'une clé visible sur ce schéma) et étrangères sont utilisées pour garantir l'intégrité référentielle des données, ce qui signifie qu'il n'y a pas de donnée orpheline dans la base de données. Les contraintes sont utilisées pour s'assurer que les données insérées dans la base de données respectent certaines règles, comme les valeurs nulles ou les types de données, qui ne sont pas visibles dans

le schéma présenté ici mais qui apparaissent lorsqu'une table est ouverte en mode création.

Toutes les informations saisies dans les formulaires précédents sont stockées dans les tables et les champs qui sont représentés ici.

6.2.4.2 Données externes

EMPLOYE	DEVIS_CLIENT	COMMANDE_CLIENT	LIGNE_COMMANDE_CLIENT	FACTURE_CLIENT
EM_ID	DEV_ID	COM_ID	LC_ID	FA_ID
EM_PHOTO	CL_ID	CL_ID	COM_ID	CL_ID
EM_NOM	EM_ID	EM_ID	TYPE_ART_ID	EM_ID
EM_PRENOM	DEV_VAL	COM_VAL	LC_HT	FA_VAL
EM_TITRE	DEV_TOTAL_HT	COM_TOTAL_HT	LC_ECO_PART	FA_TOTAL_HT
EM_ADRESSE	DEV_ECO_PART	COM_ECO_PART	LC_QTTE	FA_REM
EM_IDENT	DEV_REM	COM_REM	LC_REMISE	FA_TVA
EM_MDP	DEV_TVA	COM_TVA	LC_REMISE_PRCT	FA_TOTAL_TTC
EM_TEL_FIXE	DEV_TOTAL_TTC	COM_TOTAL_TTC	LC_TOTAL_LIGNE_HT	FA_DATE
EM_TEL_GSM	DEV_DATE	COM_DATE	LC_TVA	FA_RESUME
EM_MAIL	DEV_RESUME	COM_RESUME	LC_TOTAL_LIGNE_TTC	FA_COMMENTAIRE
EM_DATE_ARR	DEV_COMMENTAIRE	COM_COMMENTAIRE	ENS_ID	COM_ID
EM_DATE_DEP	COM_ID	COM_USER	COM_USER	BL_ID
CP_ID	DEV_USER	COM_TEMPS	COM_TEMPS	AV_ID
NIV_ID	DEV_TEMPS	COM_TABLE	COM_TABLE	FA_USER
EM_USER	DEV_RELANCE_DATE	COM_CAISSE	COM_CAISSE	FA_COMPT
EM_MAIL2	DEV_RELANCE	COM_INT	COM_INT	FA_LETTR
EM_MAIL3		ABO_ID	QTE_ECLATE	FA_RELANCE

FIGURE 6.10 – Extrait de base de données de l'hôte

GTiA étant un logiciel de recommandation qui fonctionne à l'aide d'un hôte, les données d'utilisations du logiciel hôte sont nécessaires. La base de données de Cortex-Gestion est donc liée à GTiA pour qu'il puisse faire des recommandations aux utilisateurs. "BDD Principale" contient plus d'une centaine de tables donc il serait impossible d'en extraire un schéma relationnel exploitable dans l'espace disponible d'une feuille au format A4. Néanmoins, nous avons sélectionné les 5 tables principalement utilisées pour effectuer les statistiques et les calculs pris en compte par le logiciel de recommandation. Ces tables concernent uniquement le secteur commercial, comme cela a été décidé lors de la phase de sélection des critères et des alternatives, dans les chapitres antérieurs. Notons que la table "BL_CLIENT" et "LIGNE_BL_CLIENT" ne sont pas présentes, mais qu'elles font bien entendu partie du processus de vente dans l'ERP. Ainsi, une commande peut générer un ou plusieurs bons de livraison, pouvant être transformé(s) en une ou plusieurs factures, selon s'ils ont été facturés séparément ou regroupés en une seule facture.

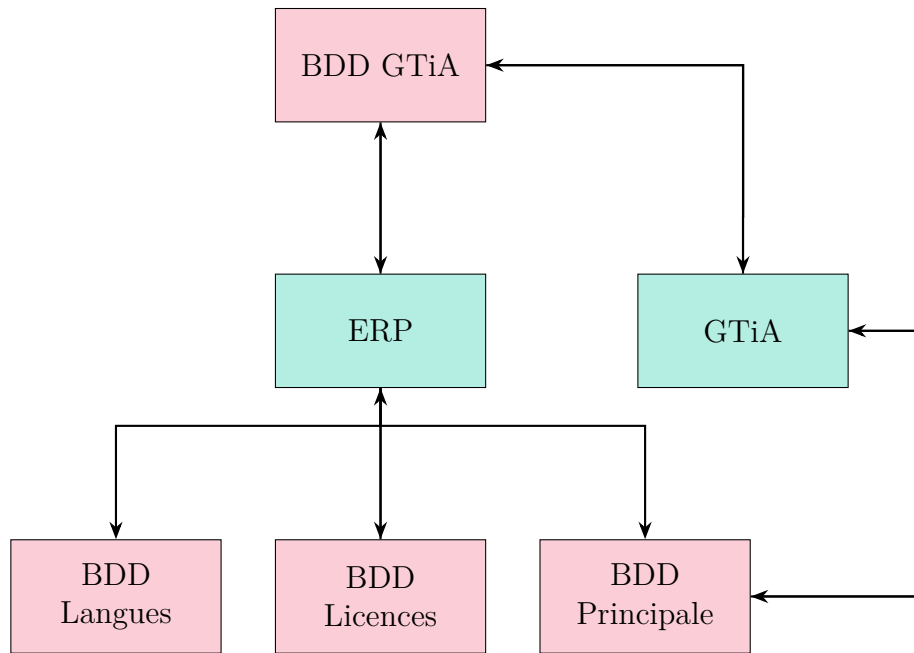


FIGURE 6.11 – Articulation entre GTiA et Cortex-Gestion

6.2.5 Langages de programmation

6.2.5.1 Pour le logiciel

Pour des raisons de compatibilité d’environnement de développement avec l’ERP Cortex-Gestion utilisé par Cortex-Informatique et Ai-Soft, Visual Studio s’est imposé, ainsi que le langage VB.Net. Il n’était pas indispensable de sélectionner un langage spécifique pour GTiA, en revanche, le fait de disposer d’un langage commun aux deux logiciels nous a permis de manipuler plus facilement certaines procédures, notamment celles qui faisaient le lien entre le logiciel et les bases de données.

Le développement de GTiA a nécessité plus de 25000 lignes de codes, regroupées dans 17 formulaires et 2 modules. Une partie de ce code source est visible dans les annexes de cette étude (p.249).

6.2.5.2 Pour la base de données

Le choix du SGBDR (Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles) a été orienté vers Microsoft Access de façon à répondre à une forme de simplicité de mise en place et d’utilisation de GTiA par d’autres entreprises que Ai-Soft. SQL Server était une option intéressante, il s’agit cependant d’un produit plus avancé mais plus coûteux qui est généralement utilisé par les grandes entreprises et les organisations qui ont besoin de gérer des bases

de données volumineuses et complexes. Ces critères ne correspondaient pas aux besoins de Ai-Soft, donc Access a été privilégié.

Le langage utilisé pour dialoguer avec une base de données Access est le SQL (Structured Query Language). Il permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données à l'aide d'instructions appelées des requêtes.

6.3 Le modèle d'agrégation : Théorie des jeux

6.3.1 Présentation

La théorie des jeux est une branche des mathématiques qui se consacre à l'étude des situations de conflit ou de coopération entre des agents aux intérêts concurrents. Elle a été développée en première partie du XXème siècle par des mathématiciens, des économistes et des politologues, notamment par John von Neumann et Oskar Morgenstern, qui ont publié en 1944 "Theory of Games and Economic Behavior" [130].

Elle repose sur des concepts tels que les stratégies gagnantes, les équilibres de Nash [131] et les politiques optimales. Ces concepts sont basés sur des outils mathématiques tels que les jeux à somme nulle, les jeux à somme positive, les jeux à information incomplète, les jeux à répétition et les jeux dynamiques. Les jeux à somme nulle [132] sont des jeux où le gain total est fixé et non variable, c'est-à-dire que si un agent gagne quelque chose, l'autre agent perd la même chose. Tandis que les jeux à somme positive sont des jeux où la somme des gains des agents est plus grande que zéro, alors il est possible qu'ils gagnent tous. Dans le cas des jeux à information incomplète [133], les agents ne disposent pas de toutes les informations nécessaires pour prendre leur décision. Dans les jeux à répétition [134], les mêmes joueurs jouent plusieurs fois, ce qui permet d'étudier les comportements à long terme. Enfin, dans les jeux dynamiques, les décisions des agents ont des conséquences à long terme.

La théorie des jeux est également utilisée pour étudier les phénomènes d'émergence de comportements coopératifs dans les systèmes multi-agent, grâce à l'utilisation de modèles de jeux de coopération tels que les jeux de coordination, les jeux de coalition et les jeux de coopération à rétroaction positive, et repose sur l'hypothèse que les agents sont rationnels et agissent de manière à maximiser leur gain ou leur utilité. La théorie des jeux est un outil mathématique utilisé pour comprendre les comportements des agents dans des situations de conflit ou de coopération. Ces concepts permettent d'analyser les décisions prises par les

agents et les conséquences de ces décisions sur les résultats pour chaque agent.

Enfin, la théorie des jeux est utilisée pour étudier les comportements émergents dans les systèmes complexes, tels que les systèmes économiques, les systèmes sociaux et les systèmes écologiques, en utilisant des modèles mathématiques tels que les jeux évolutionnaires, les jeux sur réseaux et les jeux sur graphes, cela permet de comprendre comment les comportements individuels peuvent affecter le comportement global d'un système.

6.3.2 Fonctionnement

Comme évoqué en introduction, la théorie des jeux est un outil mathématique. Avant de pouvoir utiliser cet outil, il est nécessaire de définir les paramètres du jeu en termes de règles et d'options disponibles pour chaque agent. Cela permet d'établir les limites de l'environnement de jeu et les choix potentiels à disposition des agents.

Une fois ces paramètres définis, chaque agent doit ensuite choisir une stratégie en fonction de ses propres objectifs et de ses hypothèses sur les comportements des autres agents. Cela implique une analyse des coûts et des bénéfices potentiels associés à chaque option, ainsi que l'évaluation des réactions possibles des autres agents.

Une fois que tous les agents ont choisi leur stratégie, il est possible d'utiliser des techniques mathématiques pour déterminer le résultat final du jeu et les gains associés pour chaque agent. Cela peut inclure l'analyse des équilibres de Nash, des stratégies gagnantes ou des politiques optimales. Selon le résultat obtenu, chaque agent peut ensuite choisir de maintenir ou de modifier sa stratégie pour les tours suivants en fonction des gains obtenus et des coûts associés.

6.3.3 Équilibre de Nash

L'équilibre de Nash, concept fondamental en théorie des jeux, décrit une situation stable dans laquelle aucun agent ne peut améliorer sa situation en modifiant sa stratégie, étant donné que les autres agents maintiennent leurs stratégies. Cela signifie que chaque agent a choisi une stratégie qui lui permet de maximiser son gain en prenant en compte les stratégies adoptées par les autres agents.

Pour qu'il y ait un équilibre de Nash, il est nécessaire que tous les agents aient choisi

une stratégie qui est la meilleure pour eux, compte tenu des stratégies choisies par les autres agents. Ainsi, si un agent modifiait sa stratégie, il serait moins bien loti qu'avec l'équilibre de Nash.

Fréquemment utilisé pour comprendre les comportements des agents dans des situations de conflit ou de coopération, l'équilibre de Nash permet de saisir les interactions entre les agents et les conséquences de leurs choix stratégiques. Cependant, il n'est pas toujours la solution optimale pour les agents et peut ne pas être la meilleure option pour l'ensemble des agents impliqués dans le jeu. Il est donc important de considérer d'autres facteurs tels que les externalités, les coûts de transaction, les incertitudes, et les dynamiques à long terme pour évaluer la pertinence de l'équilibre de Nash dans un contexte donné. L'équilibre de Nash est un concept relativement abstrait, et il peut exister des situations où il n'y a pas de solution stable, ainsi il existe d'autres concepts tels que les équilibres de courbure de réaction ou les équilibres de Pareto, qui pourraient être intéressants à exploiter dans pareille situation.

Pour revenir sur la notion d'optimalité, souvent privilégiée par les entreprises lorsqu'elles recherchent des solutions aux problèmes qu'elles rencontrent, voici pourquoi l'équilibre de Nash peut ne pas être une solution optimale :

- Incertitude : l'équilibre de Nash suppose que les agents ont une connaissance parfaite des comportements et des objectifs des autres agents. Or, dans la réalité, il y a souvent de l'incertitude quant aux comportements et aux objectifs des autres agents. Cela peut rendre difficile pour les agents de choisir la stratégie optimale.
- Coopération : l'équilibre de Nash suppose que les agents agissent de manière à maximiser leur propre gain, sans tenir compte de l'impact de leurs décisions sur les autres agents. Or, dans certains cas, il peut être avantageux pour les agents de coopérer plutôt que de maximiser leur propre gain.
- Comportements irrationnels : l'équilibre de Nash suppose que les agents agissent de manière rationnelle et calculée. Or, dans la réalité, les agents peuvent parfois agir de manière irrationnelle ou impulsive, ce qui peut affecter le résultat final du jeu.

6.3.4 Matrice des paiements

Les matrices de paiement sont un outil couramment utilisé en théorie des jeux pour modéliser et analyser les comportements des agents dans des situations de conflit ou de coopération. Elles permettent de représenter les gains ou les pertes de chaque agent en fonction des différentes combinaisons de stratégies possibles.

Pour créer une matrice de paiement, il faut d'abord définir les différentes stratégies disponibles pour chaque agent. Ensuite, il faut évaluer les gains ou les pertes de chaque agent pour chaque combinaison de stratégies. Ces gains ou pertes sont représentés dans la matrice sous forme de nombres.

Pour construire une matrice de paiement, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes :

- Définir les stratégies disponibles pour chaque agent.
- Déterminer les gains ou les pertes pour chaque combinaison de stratégies.
- Représenter les gains ou les pertes sous forme de tableau, en utilisant une colonne pour chaque stratégie de l'un des agents et une ligne pour chaque stratégie de l'autre agent.

6.3.5 Exemple d'application

Le dilemme du prisonnier est un exemple classique en théorie des jeux qui montre comment deux agents peuvent se retrouver dans une situation où ils sont mieux lotis en choisissant une stratégie non coopérative, même si une stratégie coopérative serait plus avantageuse pour tous les deux.

Dans ce jeu, deux prisonniers sont accusés d'un crime et sont interrogés séparément. Chacun d'entre eux a le choix entre coopérer avec les enquêteurs et témoigner contre l'autre (dénoncer) ou ne pas coopérer (garder le silence). Les gains pour chaque combinaison de décisions sont généralement représentés dans une matrice de paiements (Table 1.1) où la première entrée dans chaque case est le gain pour le prisonnier A et la seconde entrée est le gain pour le prisonnier B.

Pour trouver l'équilibre de Nash dans ce jeu, nous devons trouver les stratégies pour chaque joueur qui maximisent leur gain étant donné les stratégies choisies par l'autre joueur. En d'autres termes, si on suppose que B choisit une stratégie de dénonciation, A maximisera

Joueur A,B	A garde le silence	A dénonce
B garde le silence	(-1,-1)	(-3,0)
B dénonce	(0,-3)	(-2,-2)

TABLE 6.9 – Matrice des paiements

son gain en choisissant de garder le silence, car 0 est plus grand que -1. De même, si A choisit de dénoncer, B maximisera son gain en choisissant également de dénoncer, car -1 est plus grand que -3. Donc, l'équilibre de Nash dans ce jeu est (Dénoncer, Dénoncer), puisque c'est la seule combinaison de stratégies où aucun joueur ne peut augmenter son gain en changeant sa stratégie étant donné que les autres joueurs ne changent pas de stratégie.

Comme cela a été expliqué précédemment, l'équilibre de Nash n'est pas toujours la solution optimale pour les agents impliqués, en l'occurrence les deux prisonniers, car ils ont tous deux davantage intérêt à dénoncer qu'à garder le silence, ce qui est un exemple de l'effet d'emprisonnement collectif.

La formule mathématique de l'équilibre de Nash dans le contexte des jeux non coopératifs est définie comme suit. Soit $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ l'ensemble des stratégies des joueurs, et $u_i : S \rightarrow \mathbb{R}$ la fonction d'utilité du joueur i . Un profil de stratégies $(s_1^*, s_2^*, \dots, s_n^*)$ est un équilibre de Nash si, pour chaque joueur i , la stratégie s_i^* maximise l'utilité du joueur i compte tenu des stratégies des autres joueurs :

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*)$$

pour tous les s_i dans S_i et tous les s_{-i}^* dans S_{-i} , où $S_{-i} = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_{i-1} \times S_{i+1} \times \dots \times S_n$ est l'ensemble des stratégies de tous les joueurs sauf i .

6.4 Application du modèle

6.4.1 Introduction

La citation d'Héraclite en début de chapitre s'applique parfaitement aux suggestions qu'apporte un logiciel de recommandation, à la différence près qu'il ne s'agit ni d'un homme, ni d'une rivière. On aurait pu réécrire cette citation et la formuler autrement : Aucun logiciel

ne fait deux fois la même recommandation, car ce n'est pas le même logiciel, et ce ne sont pas les mêmes données. En effet, de l'apprentissage il résulte que le logiciel évolue et que le traitement qu'il fait des données est enrichi. Par ailleurs, les données sont elles aussi perpétuellement différentes. Même si le logiciel restait inchangé, ses recommandations seraient nouvelles puisque le contexte aurait évolué.

6.4.2 Présentation et choix

GTiA, dont l'interface a été présentée en début de chapitre, est un logiciel de recommandation capable de traiter tout type de critères et d'alternatives. Néanmoins, dans le but de faire une expérimentation en contexte professionnel, il a été convenu avec Ai-Soft d'intervenir sur la partie commerciale de l'ERP. Afin de déterminer les éléments composant le logiciel, il est nécessaire de choisir les critères et les alternatives qui serviront à produire les recommandations. Les critères proposés au départ étaient nombreux :

- Rotation des stocks : Taux permettant d'identifier les produits ayant une faible sortie de stock. Cela a une incidence sur les coûts de stockage et sur la performance commerciale.
- Profitabilité : L'indice de profitabilité permet d'identifier les produits qui ont un indice de profitabilité élevé et les recommander pour augmenter les marges.

$$\text{Indice de profitabilité} = \frac{\text{Revenu d'un produit} - \text{Coûts directs d'un produit}}{\text{Revenu d'un produit}} \quad (6.1)$$

Où le revenu d'un produit est le prix de vente du produit moins les remises et les promotions et où les coûts directs d'un produit incluent les coûts de matières premières, les coûts de main-d'œuvre et les coûts de fabrication directs liés à la production de ce produit.

- Taux de pénétration de marché : Indicateur qui mesure la part de marché de l'entreprise par rapport à l'ensemble du marché. Il peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Taux de pénétration de marché} = \frac{\text{Ventes de l'entreprise}}{\text{Marché cible}} \times 100 \quad (6.2)$$

Où le marché cible se réfère à la partie spécifique du marché vers laquelle une entre-

prise dirige ses efforts de marketing et de vente. C'est le groupe de consommateurs ou d'entreprises que l'entreprise cherche à atteindre avec ses produits ou services.

- Taux de rétention de clients : Indicateur qui mesure la proportion de clients qui restent fidèles à l'entreprise sur une période donnée. Il peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Taux de rétention} = \frac{\text{Nombre de clients actifs à la fin de la période}}{\text{Nombre de clients au début de la période}} \times 100 \quad (6.3)$$

- Chiffre d'affaires : Indicateur financier qui mesure la valeur totale des ventes réalisées par une entreprise sur une période donnée, calculé en additionnant le montant total des ventes de tous les produits ou services de l'entreprise.

$$\text{Chiffre d'affaires} = \sum_{i=1}^n (\text{Prix de vente unitaire}_i \times \text{Quantité vendue}_i) \quad (6.4)$$

- Satisfaction client : Indicateur qui mesure le degré de contentement des clients vis-à-vis d'une entreprise, d'un produit ou d'un service. Il peut être mesuré à l'aide d'enquêtes, d'entretiens individuels, de commentaires des clients et d'autres méthodes de collecte de données. Il existe différentes méthodes pour mesurer la satisfaction client, comme par exemple l'échelle de Likert, ou encore le Net Promoter Score (NPS).
- Marge : Indicateur qui mesure la rentabilité de l'entreprise en comparant le coût d'un produit ou d'un service à son prix de vente. Il existe plusieurs types de marges, mais la marge brute est la plus couramment utilisée.

$$\text{Marge brute} = \frac{\text{Prix de vente} - \text{Coût des produits vendus}}{\text{Prix de vente}} \quad (6.5)$$

Les critères retenus sont :

- Le chiffre d'affaires.
- La satisfaction client.
- La marge.

Il apparaissait logique pour la direction d'obtenir des recommandations tenant compte de ces trois critères afin de respecter la stratégie commerciale de l'entreprise. En effet, la croissance du chiffre d'affaires est importante pour la performance financière, la satisfaction client est essentielle pour la performance qualité et la marge bénéficiaire est indispensable pour la performance économique de l'entreprise.

Si la sélection a été limitée à trois critères, c'est avant tout pour minimiser le temps requis pour la saisie des préférences par les utilisateurs du logiciel. En effet, d'une part, chaque critère doit être évalué en fonction des deux autres et, d'autre part, chaque alternative doit être évaluée en fonction des deux autres en référence à chaque critère. Cela revient ainsi, dans une limite de trois critères, à douze évaluations composées de six saisies, soit à un total de 72 saisies de préférences pour chaque utilisateur. Or, l'intérêt d'un tel outil est d'aider les utilisateurs, en évitant de les contraindre à des évaluations fastidieuses, qui risqueraient de les désintéresser ou, pire encore, de les exclure du projet.

Les alternatives sont les propositions faites par le logiciel à l'utilisateur. Elles doivent être explicites et facilement réalisables. Leur impact doit concerner le département commercial, comme convenu avec la direction lors de la délimitation du rayon d'action du logiciel. Les propositions de départ étaient les suivantes :

- 1. Utiliser les données de segmentation des clients pour identifier les groupes de clients qui ont les plus hauts chiffres d'affaires et les marges les plus élevées. Recommander des produits ou des services spécifiques à ces groupes de clients.
- 2. Utiliser les données de fréquence d'achat pour identifier les clients les plus fidèles et les plus rentables. Recommander des produits ou des services supplémentaires à ces clients pour augmenter les ventes et les marges.
- 3. Utiliser les données de panier moyen pour identifier les produits ou les services qui ont tendance à être achetés ensemble. Recommander des offres combinées pour augmenter les ventes et les marges.
- 4. Utiliser les données de taux de retour pour identifier les produits ou les services qui ont tendance à être retournés. Recommander des produits ou des services de remplacement pour réduire les retours et augmenter les marges.

- 5. Utiliser les données de durée de vie client pour identifier les clients qui ont tendance à rester fidèles à long terme. Recommander des produits ou des services qui ont tendance à être achetés par les clients à long terme pour augmenter les ventes et les marges.
- 6. Utiliser les données de taux de conversion pour identifier les produits ou les services qui ont tendance à être achetés après une visite initiale. Recommander ces produits ou services aux nouveaux clients pour augmenter les ventes et les marges.
- 7. Analyser les données de ventes pour identifier les produits ou services qui génèrent les meilleurs niveaux de ventes. Recommander ces produits ou services aux clients en fonction de leurs préférences et de leur historique d'achat.
- 8. Utiliser les données de satisfaction client pour identifier les produits ou services qui ont reçu les meilleures évaluations. Recommander ces produits ou services aux clients en fonction de leur historique d'achat et de leurs préférences.
- 9. Implanter des enquêtes de satisfaction client après chaque vente pour obtenir des données sur la satisfaction des clients et identifier les opportunités d'amélioration de la marge. Utiliser ces données pour améliorer la recommandation des produits ou services.
- 10. Analyser les encaissements et relancer les clients qui détiennent une facture en souffrance. Cela permet d'augmenter le taux de recouvrement des créances et de réduire le temps de recouvrement, améliorant ainsi la performance commerciale.

Le tableau ci-dessus a été réalisé à partir de statistiques obtenues à la suite d'une mise en situation de chaque alternative sur une période d'une semaine, de façon à analyser l'impact de chacune d'entre elles sur un échantillon de temps réduit pour correspondre au démarrage de la phase expérimentale.

Les alternatives retenues sont :

- Analyser les données de ventes et proposer prioritairement les produits les plus vendus.
- Analyser les encaissements et relancer les factures impayées.

Alternative	Gain
1. Identifier les groupes de clients hautement rentables	482,36 €
2. Cibler les clients les plus fidèles	301,12 €
3. Utiliser les données de panier moyen pour générer des promotions	637,55 €
4. Réduire les retours en recommandant des produits de remplacement	150,20 €
5. Focaliser sur les clients à long terme	112,98 €
6. Recommander des produits après la première visite	259,30 €
7. Analyser les ventes et proposer les produits les plus vendus	483,99 €
8. Proposer des produits bien évalués aux clients	355,13 €
9. Mener des enquêtes de satisfaction après chaque vente	174,75 €
10. Analyser les encaissements et relancer les factures impayées	973,87 €

TABLE 6.10 – Tableau des alternatives et des gains associés

— Utiliser les données de panier moyen pour générer des promotions.

Si la sélection a été limitée à trois alternatives, c’est avant tout pour minimiser le temps requis pour la saisie des préférences par les utilisateurs du logiciel, donc pour les mêmes raisons évoquées lors du choix des trois critères.

6.4.3 Démonstration numérique

6.4.3.1 Méthode AHP

Afin d’expliciter l’utilisation du modèle de recommandation, nous avons utilisé les valeurs saisies par un utilisateur réel du logiciel, détaillé les calculs, puis précisé leur signification afin d’en comprendre le sens.

6.4.3.1.1 Évaluation des critères

En premier lieu, il est essentiel de présenter la matrice initiale d’évaluation des critères entre eux, telle qu’elle a été saisie par un utilisateur sélectionné de manière aléatoire dans GTiA. Les critères qui y figurent sont ceux qui avaient été retenus lors de la phase de choix précédemment présentée. Les calculs qui suivent sont basés sur les valeurs de départ mentionnées dans cette matrice.

Une fois ces valeurs saisies, dont on observe qu’elles sont logiquement asymétriques par

CRITÈRES	Chiffre d'affaires	Satisfaction client	Marge
Chiffre d'affaires	1	8	6
Satisfaction client	$(\frac{1}{8})$	1	$(\frac{1}{3})$
Marge	$(\frac{1}{6})$	3	1

TABLE 6.11 – Évaluation des critères entre eux

la diagonale, les totaux de chaque colonne sont calculés sur une ligne additionnelle.

Pour la deuxième colonne, voici le détail des calculs :

$$\sum_{i=1}^3 A[i, 2] = A[1, 2] + A[2, 2] + A[3, 2] \quad (6.6)$$

$$= 8 + 1 + 3 \quad (6.7)$$

$$= 12 \quad (6.8)$$

CRITÈRES	Chiffre d'affaires	Satisfaction client	Marge
Chiffre d'affaires	1	8	6
Satisfaction client	$(\frac{1}{8})$	1	$(\frac{1}{3})$
Marge	$(\frac{1}{6})$	3	1
TOTAUX	1,29167	12,00000	7,33333

TABLE 6.12 – Évaluation des critères totalisée

Une fois les évaluations totalisées, la matrice peut être normalisée. La normalisation d'une matrice consiste à mettre les valeurs de cette matrice sur une échelle commune.

$$\text{Valeur normalisée } [i, j] = \frac{\text{Valeur } [i, j]}{\text{Total de la colonne } [j]} \quad (6.9)$$

Ainsi, dans le cas présenté, pour la deuxième colonne, on obtient :

$$\text{Valeur normalisée [1, 2]} = \frac{\text{Valeur [1, 2]}}{\text{Valeur [4, 2]}} \quad (6.10)$$

$$= \frac{8}{12} \quad (6.11)$$

$$= 0,66667 \quad (6.12)$$

En reproduisant la même opération pour le reste de la matrice, on obtient le résultat suivant :

CRITÈRES	Chiffre d'affaires	Satisfaction client	Marge
Chiffre d'affaires	0,77419	0,66667	0,81818
Satisfaction client	0,09677	0,08333	0,04545
Marge	0,12903	0,25000	0,13636

TABLE 6.13 – Normalisation

Lorsque la matrice est normalisée, il est possible de calculer le poids de chaque critère qui permet de déterminer l'importance relative de chaque critère par rapport aux autres. Ceci a une incidence significative dans les décisions finales.

À partir de cette étape, pour des raisons de présentation, les critères seront représentés par leur acronyme, tel que :

- CA = Chiffre d'affaires
- SC = Satisfaction client
- MA = Marge

Pour calculer le poids du critère [Satisfaction client], les calculs sont les suivants :

$$\text{Poids critère [SC]} = \frac{\sum_{j=1}^3 A[2, j]}{\text{Nombre de critères}} \quad (6.13)$$

$$= \frac{\text{Valeur [2, 1]} + \text{Valeur [2, 2]} + \text{Valeur [2, 3]}}{\text{Nombre de critères}} \quad (6.14)$$

$$= \frac{0,09677 + 0,08333 + 0,04545}{3} \quad (6.15)$$

$$= 0,07518 \quad (6.16)$$

En reproduisant la même opération pour le reste de la matrice, on obtient le résultat suivant :

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	0,77419	0,66667	0,81818	0,75301
SC	0,09677	0,08333	0,04545	0,07518
MA	0,12903	0,25000	0,13636	0,17180

TABLE 6.14 – Poids des critères

Lorsque cette étape est réalisée, il reste à faire des vérifications de robustesse.

6.4.3.1.2 Vérification de la consistance

Dans la méthode AHP, cela correspond à la consistance. La consistance des critères est vérifiée en utilisant un indice, le ratio de consistance (Consistency Ratio) qui est obtenu en comparant les valeurs propres de la matrice de comparaison normalisée avec la matrice de référence. Si le ratio de consistance est inférieur à un certain seuil (fixé à 0,1), la matrice est considérée comme consistante, ce qui signifie que les comparaisons sont logiques et cohérentes.

La première étape consiste à reprendre la matrice saisie initialement par l'utilisateur et à faire le produit de chaque élément de chaque colonne par le poids du critère correspondant, puis d'en extraire la somme pondérée de chaque critère en ligne.

$$\text{Valeur matrice actuelle [1, 2]} = \text{Valeur matrice initiale [1, 2]} \times \text{Poids SC} \quad (6.17)$$

$$= 8 \times 0,04545 \quad (6.18)$$

$$= 0,60144 \quad (6.19)$$

En déclinant ce calcul au reste de la matrice et en totalisant les lignes, on obtient la somme pondérée (SP) de chaque critère, comme présenté dans la matrice qui suit.

CRITÈRES	CA	SC	MA	SP
CA	0,75301	0,60144	1,03080	2,38525
SC	0,09413	0,07518	0,05727	0,22658
MA	0,12550	0,22554	0,17180	0,52284

TABLE 6.15 – Sommes pondérées des critères

En divisant la somme pondérée de chaque ligne par le poids du critère correspondant, on obtient une valeur qui sert au calcul de l'un des premiers éléments nécessaires à l'élaboration de la consistance. Cette valeur est appelée le λ_{max} .

La matrice qui résulte de ces calculs est la dernière étape avant le calcul de la consistance. Dans cette matrice, la somme pondérée est renommée en SP, le poids des critères en PC, et l'ultime colonne représente l'indice attendu.

A présent, le calcul de la consistance est possible. Les équations qui suivent décrivent le processus jusqu'à l'obtention de la valeur servant de validation à toutes les étapes précédentes.

$$\lambda_{max} = \frac{\text{Somme des indices}}{\text{Nombre de critères}} \quad (6.20)$$

$$= \frac{3,16762 + 3,01383 + 3,04331}{3} \quad (6.21)$$

$$= 3,07492 \quad (6.22)$$

CRITÈRES	CA	SC	MA	SP	PC	INDICE
CA	0,75301	0,60144	1,03080	2,38525	0,75301	3,16762
SC	0,09413	0,07518	0,05727	0,22658	0,07518	3,01383
MA	0,12550	0,22554	0,17180	0,52284	0,17180	3,04331

TABLE 6.16 – Tableau préliminaire au calcul de la consistance

L'indice de consistance (CI) est utilisé pour mesurer la consistance des jugements. Le ratio de consistance ou Consistency Ratio (CR) est obtenu en divisant l'indice de consistance ou Consistency Index (CI) par un indice aléatoire ou Random Index (RI) qui dépend du nombre de critères dans le système AHP. Le tableau de correspondance du Random Index en fonction du nombre de critères sera présenté lors de son utilisation dans le calcul.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6.23)$$

$$= \frac{3,07492 - 3}{2} \quad (6.24)$$

$$= 0,03746 \quad (6.25)$$

Une fois l'indice de consistance obtenu, il reste à calculer le ratio de consistance, à l'aide du Random Index issu de la matrice de correspondance entre le nombre de critères et l'index qui suit.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

TABLE 6.17 – Random Index

$$\text{CR} = \frac{CI}{RI} \quad (6.26)$$

$$= \frac{0,03746}{0,58} \quad (6.27)$$

$$= 0,06549 \quad (6.28)$$

Selon les normes recommandées, un CR inférieur à 0,1 indique que les jugements sont considérés comme étant conséquents et donc que le système AHP est acceptable. Le cas échéant l'utilisateur est invité à modifier sa saisie jusqu'à ce que le ratio soit correct.

6.4.3.1.3 Évaluation des alternatives en fonction des critères

De façon sensiblement similaire à l'évaluation des critères entre eux, il est à présent nécessaire de procéder à l'évaluation des alternatives entre elles. Cependant, il y a une nuance : l'évaluation est réalisée en fonction de chaque critère.

La matrice initiale d'évaluation des alternatives entre elles en fonction du premier critère (celui du chiffre d'affaires), telle qu'elle a été saisie par un utilisateur sélectionné de manière aléatoire dans GTiA, est présentée dans le tableau qui suit. Pour des raisons de présentation, le nom des alternatives sera affiché par l'acronyme correspondant.

- RF : Relancer les factures.
- GP : Générer des promotions.
- AV : Analyser les ventes.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1	7	$(\frac{1}{2})$
GP	$(\frac{1}{7})$	1	$(\frac{1}{6})$
AV	2	6	1

TABLE 6.18 – Évaluation des alternatives entre elles, en fonction du critère CA

Une fois ces valeurs saisies, dont on observe qu'elles sont logiquement asymétriques par la diagonale, les totaux de chaque colonne sont calculés sur une ligne additionnelle.

Pour la deuxième colonne, voici le détail des calculs :

$$\sum_{i=1}^3 A[i, 2] = A[1, 2] + A[2, 2] + A[3, 2] \quad (6.29)$$

$$= 7 + 1 + 6 \quad (6.30)$$

$$= 14 \quad (6.31)$$

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1	7	$(\frac{1}{2})$
GP	$(\frac{1}{7})$	1	$(\frac{1}{6})$
AV	2	6	1
TOTAUX	3,14286	14,00000	1,66667

TABLE 6.19 – Évaluation des alternatives totalisée

Une fois les évaluations totalisées, la matrice peut être normalisée. La normalisation d'une matrice consiste à mettre les valeurs de cette matrice sur une échelle commune.

$$\text{Valeur normalisée } [i, j] = \frac{\text{Valeur } [i, j]}{\text{Total de la colonne } [j]} \quad (6.32)$$

Ainsi, dans le cas présenté, pour la deuxième colonne, on obtient :

$$\text{Valeur normalisée } [1, 2] = \frac{\text{Valeur } [1, 2]}{\text{Valeur } [4, 2]} \quad (6.33)$$

$$= \frac{7}{14} \quad (6.34)$$

$$= 0,50000 \quad (6.35)$$

En reproduisant la même opération pour le reste de la matrice, on obtient le résultat suivant :

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	0,31818	0,50000	0,30000
GP	0,04546	0,07143	0,10000
AV	0,63636	0,42857	0,60000

TABLE 6.20 – Normalisation

La normalisation de la matrice d'évaluation des alternatives entre elles a pour but de s'assurer que toutes les colonnes ont une somme totale de 1, ce qui permet de garantir que les pondérations attribuées à chaque alternative sont comparables et cohérentes. Cela permet également d'éviter des biais dans l'évaluation des alternatives qui pourraient être causés par des différences de grandeur ou de mesure.

Dans la matrice qui suit, les vecteurs propres [VP] sont utilisés pour calculer la pondération relative des alternatives. Les vecteurs propres normalisés [VPN] serviront lors de l'étape du calcul de consistance.

Pour [RF], les calculs permettant de générer les vecteurs propres à partir des valeurs de la matrice sont les suivants :

$$VP [RF] = \sum_{j=1}^3 A[1, j] \quad (6.36)$$

$$= \text{Valeur } [1, 1] + \text{Valeur } [1, 2] + \text{Valeur } [1, 3] \quad (6.37)$$

$$= 0,31818 + 0,50000 + 0,30000 \quad (6.38)$$

$$= 1,11818 \quad (6.39)$$

Pour [RF], les calculs permettant de générer les vecteurs propres normalisés toujours à partir de la matrice sont les suivants :

$$VPN [RF] = \frac{VP_{[RF]}}{\sum_{i=1}^3 [VP]_i} \quad (6.40)$$

$$= \frac{1,11818}{3} \quad (6.41)$$

$$= 0,37273 \quad (6.42)$$

En reproduisant la même opération pour le reste de la matrice, on obtient les résultats suivants :

ALTERNATIVES	RF	GP	AV	VP	VPN
RF	0,31818	0,50000	0,30000	1,11818	0,37273
GP	0,04546	0,07143	0,10000	0,21689	0,07230
AV	0,63636	0,42857	0,60000	1,66493	0,55498

TABLE 6.21 – Vecteurs propres normalisés

Lorsque cette étape est réalisée, il reste à faire des vérifications de robustesse.

6.4.3.1.4 Vérification de la consistance

Le calcul de la consistance de l'évaluation des alternatives en AHP a pour but de vérifier si les comparaisons pair à pair effectuées dans la matrice d'évaluation sont cohérentes. La consistance est mesurée en utilisant le rapport de consistance (CI) et l'indice de consistance relative (ICR). Le CI est calculé en comparant les valeurs propres de la matrice normalisée d'évaluation des alternatives avec la somme de toutes les valeurs de la matrice. L'ICR est obtenu en divisant le CI par un indice de consistance idéal (RI) qui dépend du nombre d'alternatives évaluées.

La première étape consiste à reprendre la matrice saisie initialement par l'utilisateur et à faire le produit de chaque élément de chaque colonne par le vecteur propre normalisé, puis d'en extraire la somme pondérée de chaque alternative en ligne.

$$\text{Valeur matrice actuelle [1, 2]} = \text{Valeur matrice initiale [1, 2]} \times \text{VPN[SC]} \quad (6.43)$$

$$= 7 \times 0,37273 \quad (6.44)$$

$$= 2,60911 \quad (6.45)$$

La somme pondérée de chaque alternative est obtenue en additionnant les valeurs de chaque ligne. En déclinant ce calcul au reste de la matrice et en totalisant les lignes, on obtient la somme pondérée (SP) de chaque alternative, comme présenté dans la matrice qui suit.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV	SP
RF	0,37273	0,50610	0,27749	1,15632
GP	0,05325	0,07230	0,09250	0,21805
AV	0,74546	0,43380	0,55498	1,73424

TABLE 6.22 – Sommes pondérées des alternatives

En divisant la somme pondérée de chaque ligne par le vecteur propre normalisé correspondant, on obtient une valeur qui sert au calcul de l'un des premiers éléments nécessaires à l'élaboration de la consistance. Cette valeur est appelée le λ_{max} .

La matrice qui résulte de ces calculs est l'ultime étape avant le calcul de la consistance. Dans cette matrice, la somme pondérée est renommée en SP, le vecteur propre normalisé en VPN, et la dernière colonne représente l'indice attendu.

A présent, le calcul de la consistance est possible. Les équations qui suivent décrivent le processus jusqu'à l'obtention de la valeur servant de validation à toutes les étapes précédentes.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV	SP	VPN	INDICE
RF	0,37273	0,50610	0,27749	1,15632	0,37273	3,10230
GP	0,05325	0,07230	0,09250	0,21805	0,07230	3,01591
AV	0,74546	0,43380	0,55498	1,73424	0,55498	3,12487

TABLE 6.23 – Tableau préliminaire au calcul de la consistance

$$\lambda_{max} = \frac{\text{Somme des indices}}{\text{Nombre d'alternatives}} \quad (6.46)$$

$$= \frac{3,10230 + 3,01591 + 3,12487}{3} \quad (6.47)$$

$$= 3,08103 \quad (6.48)$$

L'indice de consistance (CI) est utilisé pour mesurer la consistance des jugements. Le ratio de consistance ou Consistency Ratio (CR) est obtenu en divisant l'indice de consistance ou Consistency Index (CI) par un indice aléatoire ou Random Index (RI) qui dépend du nombre d'alternatives dans le système AHP. Le tableau de correspondance du Random Index en fonction du nombre d'alternatives sera présenté lors de son utilisation dans le calcul.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6.49)$$

$$= \frac{3,08103 - 3}{2} \quad (6.50)$$

$$= 0,04052 \quad (6.51)$$

Une fois l'indice de consistance obtenu, il reste à calculer le ratio de consistance, à l'aide du Random Index issu de la matrice de correspondance entre le nombre d'alternatives et l'index qui suit.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

TABLE 6.24 – Random Index

$$\text{CR} = \frac{CI}{RI} \quad (6.52)$$

$$= \frac{0,04052}{0,58} \quad (6.53)$$

$$= 0,06986 \quad (6.54)$$

La consistance est considérée comme acceptable si le CI et le CR sont inférieurs à 0,1. Si ces valeurs sont supérieures, cela signifie que les comparaisons pair à pair effectuées dans la matrice d'évaluation ne sont pas cohérentes et qu'il est nécessaire de revoir les pondérations attribuées aux différentes alternatives.

Dans le cas exposé la consistance est correcte, cependant, comme cela a été expliqué précédemment, si la consistance est en défaut, l'utilisateur est invité à modifier ses préférences jusqu'à ce que le ratio soit correct.

6.4.3.1.5 Élaboration des scores

Lorsque les étapes de saisie des valeurs d'évaluation des alternatives entre elles ont été effectuées par rapport à chaque critère, il reste à faire apparaître les scores relatifs à chaque alternative en fonction de chaque critère. Ainsi, le score de l'alternative RF en fonction du critère CA est calculé comme suit :

$$\text{Score [RF][CA]} = \text{VPN de RF} \times \text{PC de CA} \quad (6.55)$$

$$= 0,37273 \times 0,75301 \quad (6.56)$$

$$= 0,28067 \quad (6.57)$$

En déclinant ce calcul au reste de la matrice, et en additionnant les valeurs de chaque ligne, on obtient le tableau résultat suivant :

Ce tableau présente les résultats obtenus par chaque alternative. Ainsi l'alternative "Analyser les ventes" obtient un score de 0,43969, soit 43,97%, contre 35,19% pour "Relancer les factures" et 20,84% pour "Générer des promotions". L'alternative qui est destinée à être proposée par le logiciel de recommandation est celle qui détient le score le plus élevé, donc

ALT \ CRI	CA	SC	MA	SCORE
RF	0,28067	0,02241	0,04883	0,35191
GP	0,05444	0,04755	0,10640	0,20839
AV	0,41791	0,00522	0,01656	0,43969

TABLE 6.25 – Scores des alternatives en fonction des critères

”Analyser les ventes”.

6.4.3.2 Modèle d’agrégation

La démonstration précédemment exposée a permis de mettre en évidence une alternative qui pourrait être proposée par le logiciel pour un utilisateur en fonction de ses propres préférences, telles qu’il les avait saisies dans les formulaires destinés à les recevoir.

Néanmoins cet utilisateur n’est pas le seul dans l’entreprise. Ainsi, il serait profitable que la recommandation qui est faite à l’utilisateur tienne compte des préférences des autres collaborateurs de l’entreprise, notamment de celles de la direction.

Un modèle d’agrégation est utilisé pour combiner les jugements d’expertise exprimés sur les différents critères afin de déterminer les pondérations relatives de ces critères. Autrement dit, il permet d’intégrer les préférences de la totalité des collaborateurs, en respectant le niveau d’influence de chacun d’entre eux, afin d’obtenir une recommandation plus juste. Le modèle d’agrégation qui va suivre pourrait être intéressant pour plusieurs raisons :

- Amélioration de la précision en obtenant des résultats plus pertinents par l’utilisation de méthodes plus avancées pour combiner les jugements d’expertise.
- Amélioration de la fiabilité en utilisant des méthodes plus robustes pour traiter les incohérences ou les biais dans les jugements d’expertise, ce qui permettrait d’obtenir des résultats plus fiables.
- Facilitation de la prise de décision en étant plus simple à utiliser et plus intuitif pour les utilisateurs, ce qui faciliterait la prise de décision.

Ce modèle d'agrégation va être présenté et détaillé en reprenant l'exemple exposé au préalable, mais en émettant des hypothèses particulières qui pourraient rendre la décision précédente inopportune.

6.4.3.2.1 Hypothèses initiales

Pour obtenir une recommandation plus complète, le logiciel doit considérer les préférences de tous les utilisateurs. Afin d'encadrer le fonctionnement du modèle d'agrégation qui va assurer ce travail, il est nécessaire de définir des hypothèses en fonction des scénarios qui pourraient être observés.

Les cas possibles sont les suivants :

- Si l'utilisateur est le seul à avoir saisi ses préférences dans la base de données, alors la recommandation issue de ses choix est sélectionnée et retenue.
- Si plusieurs utilisateurs ont saisi leurs préférences dans la base de données, mais que les alternatives gagnantes sont différentes deux à deux, alors la recommandation issue des choix de l'utilisateur demandeur est sélectionnée et retenue.
- Si plusieurs utilisateurs ont saisi leurs préférences dans la base de données et que, pour au moins deux d'entre eux, les alternatives gagnantes sont semblables deux à deux, alors on les départage en utilisant la théorie des jeux. Ainsi, on cherche un équilibre de Nash, au moyen d'une matrice des paiements, sur les alternatives concernées.

6.4.3.2.2 Utilisateur unique

Un utilisateur unique correspond à un scénario trivial dans lequel il n'y a pas d'arbitrage. En effet, cela signifie que seul cet utilisateur a saisi ses préférences dans le logiciel. Autrement dit, la recommandation est issue de ses propres choix.

Dans le cas ci-contre, le score des trois alternatives montre que ALT2 et ALT3 sont très proches. Or, l'utilisateur à qui la recommandation sera proposée est unique, donc l'alternative qui détient le score le plus élevé est gagnante. Ainsi, ALT3 sera recommandée par le logiciel.

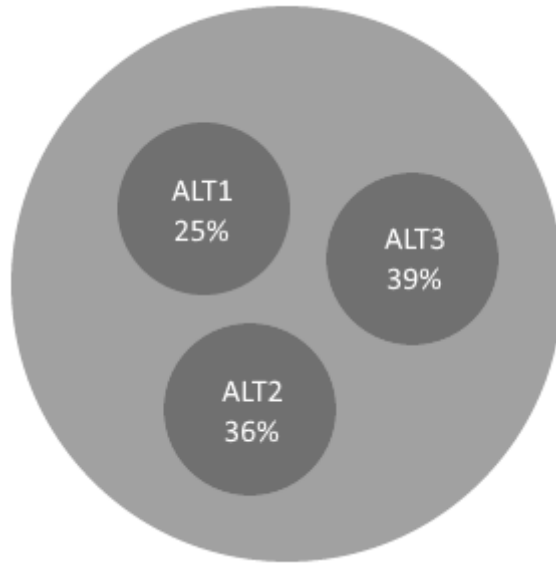


FIGURE 6.12 – Utilisateur unique sans agrégation

6.4.3.2.3 Multi-utilisateur sans correspondance

Dès lors qu'il y a plusieurs utilisateurs qui ont saisi leurs préférences dans la base de données, lorsqu'une recommandation doit être faite par le logiciel, il génère le calcul des scores pour les autres utilisateurs, de façon à pouvoir agréger les résultats et rendre la décision plus performante. Cependant, il y a une contrainte d'égalité entre les alternatives gagnantes pour que le logiciel puisse passer à l'étape d'agrégation.

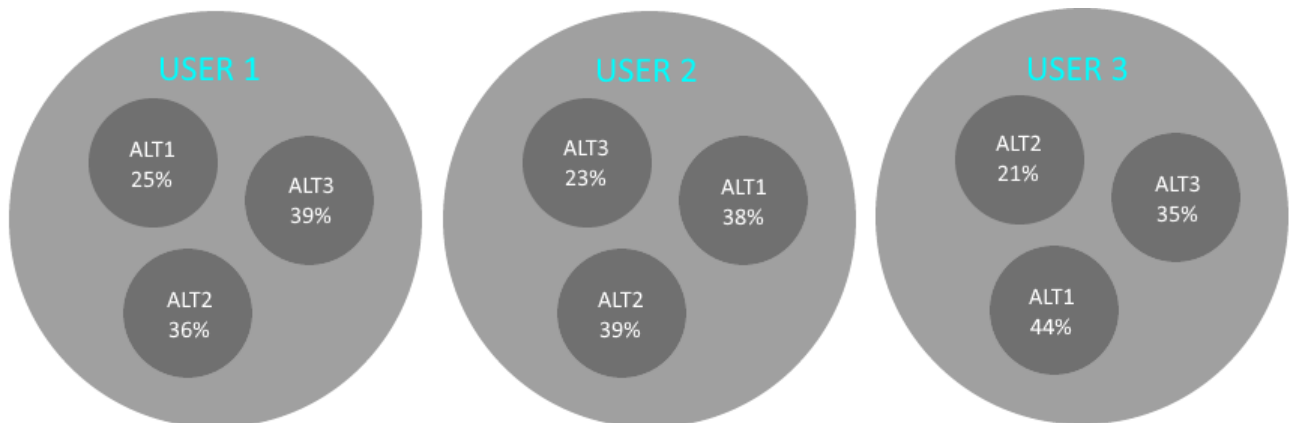


FIGURE 6.13 – Multi-utilisateur sans correspondance

Dans le cas ci-contre, l'utilisateur USER 1 a deux alternatives gagnantes qui sont ALT2

et ALT3. En revanche, celle de l'utilisateur USER 2 sont ALT1 et ALT2, tandis que celles de USER 3 sont ALT1 et ALT3. Ainsi, il n'y a jamais une correspondance de deux alternatives gagnantes pour passer à la phase d'agrégation. L'utilisateur demandeur, donc USER 1, recevra ALT3 comme recommandation.

6.4.3.2.4 Multi-utilisateur avec correspondance

Contrairement au cas précédent, dans cet exemple, l'utilisateur USER 1 a deux alternatives gagnantes qui sont ALT1 et ALT3, et celles de l'utilisateur USER 3 sont ALT3 et ALT1. Ainsi, même si l'ordre n'est pas similaire, il y a une correspondance de deux alternatives gagnantes donc la phase d'agrégation est alors envisageable.

La démonstration qui va suivre est basée sur le cas présenté ici. D'autres possibilités seraient concevables avec davantage d'utilisateurs, en appliquant la même méthode à plusieurs reprises, pour qu'il ne reste qu'une seule possibilité.

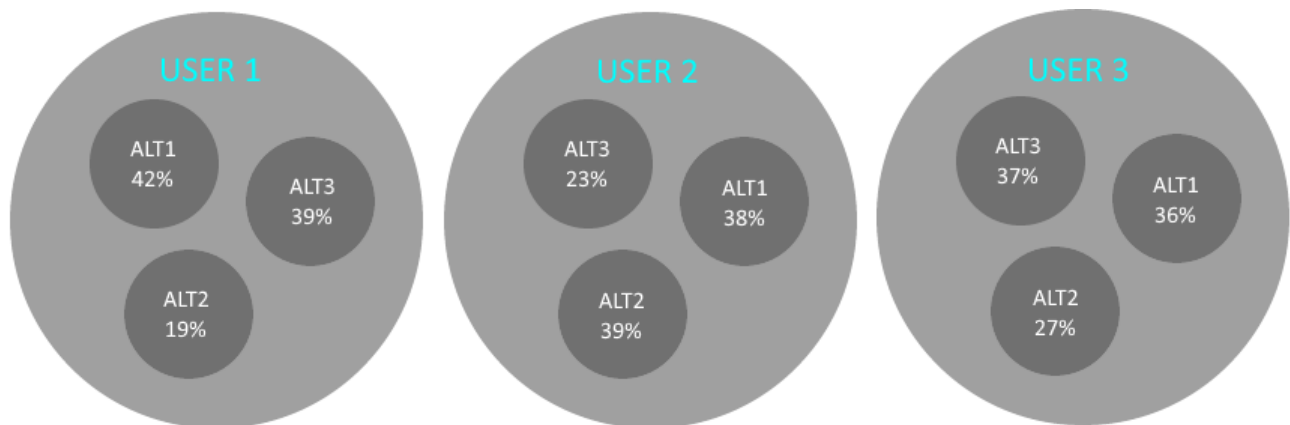


FIGURE 6.14 – Multi-utilisateur avec correspondance

Plusieurs hypothèses sont à clarifier lorsqu'il y a correspondance :

- Les alternatives gagnantes correspondent et l'ordre est identique. Dans ce cas, l'alternative dont le score est le plus élevé est renforcée par le fait qu'il l'est aussi pour l'alternative gagnante chez l'autre utilisateur. Cette alternative est sélectionnée et retenue sans nécessiter d'arbitrage. Par ailleurs, en cas d'arbitrage avec une alternative issue de la théorie des jeux, la présente alternative aura la préséance dans le choix de recommandation.

- Les alternatives gagnantes correspondent et l'ordre est différent. Dans ce cas, un arbitrage est nécessaire afin de déterminer quelle alternative doit être retenue. Si l'application de la théorie des jeux permet d'aboutir à une alternative gagnante, elle sera retenue et l'arbitrage est terminé.
- Les alternatives gagnantes correspondent et l'ordre est différent, mais l'application de la théorie des jeux ne permet pas d'aboutir à une unique alternative gagnante. Dans ce cas, l'alternative la plus fréquemment recommandée parmi la totalité des joueurs est retenue.

6.4.3.2.5 Théorie des jeux

En théorie des jeux, les matrices de paiements sont aussi appelées matrices de gains ou matrices de gains et pertes. C'est un outil couramment utilisé pour représenter les résultats d'une situation de jeu à somme nulle, où les gains de l'un des joueurs sont les pertes de l'autre joueur.

Une matrice des paiements est un tableau qui contient les gains (ou les pertes) de chaque joueur pour chaque combinaison possible de stratégies. La matrice est généralement organisée de manière à ce que les lignes représentent les stratégies d'un joueur et les colonnes représentent les stratégies de l'autre joueur. Les entrées de la matrice sont les gains (ou les pertes) associés à chaque combinaison de stratégies.

Afin de calibrer les paiements associés aux décisions issues des choix de la matrice, on va associer une évaluation empirique sous format monétaire, qui servira de référence pour la suite de cet exemple. Par la suite, il serait idéal d'associer une évaluation en temps réel par ML (Machine Learning), afin d'augmenter la fiabilité et la justesse du calcul. Cependant cette partie ne sera pas abordée dans la présente étude.

Enfin, le niveau d'influence de l'utilisateur est pris en compte au moyen d'une pondération provenant de la correspondance dans la hiérarchie de l'entreprise.

6.4.3.2.6 Matrices des paiements

Dans l'exemple précédent, les alternatives gagnantes des utilisateurs USER 1 et USER 3

étaient en correspondance. En effet, les alternatives ALT1 et ALT3 présentaient des scores dominants vis à vis de ALT2. Dans un premier temps, il est important d'identifier ces alternatives et de rappeler leur équivalence dans le logiciel :

- ALT1 = Relancer les factures.
- ALT2 = Générer des promotions.
- ALT3 = Analyser les ventes.

A présent, il est nécessaire d'apprécier les conséquences de l'application de ces alternatives au sein de l'entreprise concernée de façon à être en mesure de constituer un tableau des gains potentiels indispensables pour remplir la matrice des paiements qui sera de la forme suivante :

USER 1,3	ALT1	ALT3
ALT1	(1)	(2)
ALT3	(3)	(4)

TABLE 6.26 – Détermination des gains et/ou pertes

Pour connaître les valeurs (1), (2), (3) et (4), une statistique issue de la base de données doit être consultée, à savoir les apports moyens en chiffre d'affaires générés par ces alternatives sur une période antérieure. Dans la phase expérimentale qui sera présentée au chapitre suivant, les valeurs seront réelles, cependant et à titre d'exemple, le tableau 6.28 fournit le résultat hypothétique de ces calculs. La moyenne des apports en CA est calculée sur la base d'une moyenne arithmétique simple.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

où :

- \bar{x} représente la moyenne arithmétique,
- n représente le nombre total d'apports,
- x_i représente chaque apport d'alternative à agréger pour i allant de 1 à n ,
- $\sum_{i=1}^n$ indique la somme de tous les x_i pour i allant de 1 à n ,

— $\frac{1}{n}$ représente le facteur de normalisation, où n est le nombre total d'apports.

ALTERNATIVE	APPORT
ALT1	3000 €
ALT2	4500 €
ALT3	2500 €

TABLE 6.27 – Apports moyens générés par les expériences passées

Dans ces conditions, la matrice des paiements ferait état des combinaisons suivantes visibles sur la table 6.29.

USER 1,3	ALT1	ALT3
ALT1	(3000,3000)	(3000,2500)
ALT3	(2500,3000)	(2500,2500)

TABLE 6.28 – Gains à partir de moyennes empiriques

Cette matrice expose les combinaisons, ou stratégies, qui constituent les choix de jeu de USER 1 et USER 3. On observe que pour ces deux joueurs, il n'y a aucune raison valable de jouer autre chose que ALT1, puisque c'est la stratégie qui associe le meilleur paiement. Ainsi, ce choix symbolise l'équilibre de Nash mixte de référence, c'est à dire un point où aucun joueur ne peut améliorer sa situation en choisissant une autre stratégie, sachant celle des autres.

Cependant, il n'était pas indispensable d'utiliser la théorie des jeux et de faire une matrice des paiements pour le déterminer. Le simple fait d'observer le tableau des apports renvoyait immédiatement la solution optimale. En conséquence, nous allons maintenant rendre les hypothèses plus réalistes en adaptant les apports des différentes alternatives en fonction de la performance individuelle des commerciaux et de leur niveau hiérarchique dans l'entreprise qui détermine leur niveau d'influence. Comme leurs préférences ont déjà été affichées plus

haut et que le classement des alternatives de chacun est déjà connu, il ne manque que les informations concernant leur influence.

ÉCHELLE	MAJORATION	DÉFINITION	HIÉRARCHIE
1	1,15	Extrêmement faible	Stagiaires
2	1,18	Très faible	
3	1,21	Faible	Employés
4	1,28	Modeste	
5	1,35	Moyen	
6	1,42	Conséquent	
7	1,49	Considérable	Responsables
8	1,62	Élevé	
9	1,75	Très élevé	Direction
10	1,93	Extrêmement élevé	

TABLE 6.29 – Les niveaux d’influence dans le logiciel de recommandation

Le tableau 6.20 présente les intensités et leur correspondance sur l’échelle d’influence du logiciel de recommandation. Chaque niveau d’influence coïncide avec un coefficient de majoration. Les gains associés à chaque alternative sont majorés par ce coefficient avant d’être diminués par les scores individuels des alternatives, pour figurer dans les matrices des paiements de la théorie des jeux. L’objectif du processus est de favoriser les préférences des utilisateurs disposant d’un niveau d’influence (donc de responsabilité) élevé, pour privilégier leurs choix, tout en impliquant, à des degrés inférieurs, les préférences des utilisateurs dont l’influence est plus faible. Ces étapes seront détaillées plus loin dans ce chapitre.

Le tableau 6.21 définit la correspondance des utilisateurs et de leur influence dans le

UTIL.	NIV. HIER.
USER 1	3
USER 2	5
USER 3	8

TABLE 6.30 – Niveaux d’influence des utilisateurs

logiciel. User 1 et User 2 sont des employés, tandis que User 3 est un responsable. Le tableau qui suit montre quelles conséquences auront ces influences sur la matrice des paiements.

ALTERNATIVE	USER 1	USER 3
ALT1	1525 €	1750 €
ALT2	1035 €	1968 €
ALT3	1180 €	1499 €

TABLE 6.31 – Apports par utilisateur, corrigés des influences et des préférences

Pour obtenir ces valeurs, les apports générés par les expériences passées (Table 6.18) ont été multipliés par les proportions des pourcentages initiaux de chaque alternative, avant d’être multipliés par le coefficient d’influence dans l’entreprise. Le calcul de la cellule en surbrillance verte est détaillé ci-dessous :

$$\text{Apport final} = \text{Apport initial} \times \text{Score Alt.} \times \text{Majoration} \quad (6.58)$$

$$= 3000 \times \frac{42}{100} \times 1,21 \quad (6.59)$$

$$= 1260 \times 1,21 \quad (6.60)$$

$$= 1524,60 \quad (6.61)$$

USER 1,3	ALT1	ALT3
ALT1	(1525,1750)	(1525,1499)
ALT3	(1180,1750)	(1180,1499)

TABLE 6.32 – Gains à partir des performances réelles et des pondérations

Dans cette matrice des paiements, la combinaison non dominée est (1525,1750), qui constitue également un équilibre de Nash. Comme il s’agit d’une combinaison impliquant la même alternative, ALT1 est préférée et retenue. L’utilisateur demandeur USER 1 recevra de la part du logiciel la recommandation qui consiste à relancer les factures.

6.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé en détail le fonctionnement du logiciel de recommandation GTiA. Nous avons présenté la méthode AHP et expliqué les raisons qui nous ont poussé à sélectionner cette méthode. Comme il s’agit d’un environnement multi-utilisateur, nous avons vu qu’il était nécessaire de combiner un modèle d’agrégation pour obtenir des recommandations plus pertinentes.

La mise en place d’un modèle d’agrégation dans le logiciel de recommandation vise à prendre en compte les préférences de l’ensemble des utilisateurs au sein de l’entreprise. Cette approche permet d’améliorer la précision, la fiabilité et la facilité de prise de décision en combinant les jugements d’expertise exprimés sur les différents critères.

Nous avons exploré différents scénarios possibles, en tenant compte des cas où un seul utilisateur a saisi ses préférences, où plusieurs utilisateurs ont des préférences non correspondantes, et où plusieurs utilisateurs ont des préférences correspondantes. Pour chaque scénario, nous avons défini des règles d’arbitrage pour parvenir à une recommandation.

Le modèle d’agrégation intègre également des éléments de la théorie des jeux pour résoudre les situations où plusieurs utilisateurs ont des préférences correspondantes. En associant des gains monétaires aux différentes alternatives et en prenant en compte le niveau d’influence hiérarchique de chaque utilisateur, le modèle génère des recommandations équilibrées.

Le processus de recommandation s'appuie sur une approche réaliste et équilibrée, prenant en considération à la fois les performances passées des alternatives et le niveau d'influence de chaque utilisateur. Cela permet d'aboutir à des recommandations plus justes et adaptées à la dynamique organisationnelle de l'entreprise, en veillant à ce que chaque collaborateur se sente impliqué et sache que ses préférences sont prises en compte au même titre que celles de tous les autres dans la décision finale.

Troisième partie

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

7

L'expérimentation

7.1	Introduction	165
7.2	Méthode d'expérimentation	166
7.2.1	Présentation	166
7.2.2	Description des outils	167
7.3	Mise en oeuvre	168
7.3.1	Présentation	168
7.3.2	Intégration dans l'ERP	168
7.3.3	Formation des collaborateurs	169
7.3.4	Données initiales	171
7.3.5	Phase 1	181
7.3.6	Phase 2	187
7.3.7	Phase 3	203
7.4	Rétrospective des recommandations	217
7.5	Conclusion	218

7.1 Introduction

GTiA est un système de recommandation qui contribue à fournir une aide à l'utilisateur d'un ERP de gestion d'entreprise pour utiliser son temps de façon plus appropriée vis à vis de ses préférences ainsi que celles de ses collaborateurs et de la direction.

L'expérimentation qui suit a été réalisée chez Ai-Soft, sur l'ERP Cortex-Gestion. Six utilisateurs sont intervenus sur le logiciel entre le prologue et l'épilogue de cette étude, qui

s'est étendue sur presque cinq mois, et fractionnée en trois phases de six semaines chacune. Une série d'indicateurs de surveillance (chiffre d'affaires, panier moyen et marge brute) a été collectée et analysée afin de déterminer le niveau d'incidence du système sur la performance commerciale de l'entreprise durant cette période comparativement à la même période les années précédentes. Néanmoins, un fort degré d'instabilité du marché de l'informatique matérielle a eu des répercussions sur l'activité générale de l'entreprise. Ces événements ont été pris en compte dans l'évaluation de l'efficacité du système.

L'objet de cette phase d'expérimentation était le processus commercial de Ai-Soft, pour lequel la direction souhaitait obtenir un meilleur rendement. Les facteurs à prendre en considération pour respecter les conditions de validation de ce cas pratique équivalaient à augmenter le chiffre d'affaires et la marge de l'entreprise sous le prisme d'une satisfaction client préservée. Les seules alternatives possibles pour accéder à ce résultat étaient la relance des factures impayées, la mise en place d'offres promotionnelles et l'analyse des données de ventes, tel que cela a été évoqué dans la partie précédente.

Dans un premier temps, la méthode d'expérimentation et les éléments organisationnels tant sur le plan physique que logique seront présentés puis détaillés. Une bonne compréhension du contexte de ce travail, qui combine l'étude de terrain et l'étude de cas, est élémentaire pour en apprécier la mise en oeuvre qui sera exposée par la suite, pour aboutir à l'énonciation des résultats.

7.2 Méthode d'expérimentation

7.2.1 Présentation

Le développement du logiciel GTiA a débuté en début d'année 2021, fortement perturbée par la crise sanitaire et ses conséquences dramatiques sur l'emploi par des licenciements massifs, l'économie par une récession économique mondiale, le mental par des dépressions, et l'éducation par des conditions d'enseignement très perturbées. Ce contexte était ainsi exclusif, et il s'est prolongé durant de longs mois, loin d'être totalement réglé aujourd'hui encore.

Pour évaluer un logiciel, il existe différentes méthodes. L'évaluation en situation réelle consiste à déployer le système de recommandation dans un environnement réel et à collecter des données sur son utilisation et ses performances, permettant de vérifier la validité des résultats obtenus lors des expérimentations préliminaires. L'intérêt de cette méthode est qu'elle

juxtapose des éléments constitutifs de plusieurs autres méthodes, telles que l'évaluation de l'utilisateur, de l'expérience utilisateur, de la pertinence ou de la performance. Ces points seront précisés plus loin dans ce chapitre.

Intégrer le système de recommandation dans l'architecture logicielle de l'ERP existant pour qu'il puisse être exploité par les utilisateurs implique un découpage en plusieurs étapes. Tout d'abord, connecter le système de recommandation aux bases de données de l'ERP pour qu'il puisse accéder aux données nécessaires pour fonctionner. Ensuite, intégrer l'interface utilisateur du système de recommandation dans l'interface utilisateur de l'ERP pour que les utilisateurs puissent accéder aux paramètres et aux recommandations. Ceci suppose de configurer les paramètres du système de recommandation pour qu'il fonctionne correctement avec les données et de l'entreprise et les exigences de la direction. Enfin, déployer la solution et former les utilisateurs pour qu'ils puissent utiliser le système. Ces étapes seront détaillées dans cet ordre.

7.2.2 Description des outils

L'implémentation d'un système de recommandation dans un ERP existant dans une entreprise dont l'activité est maintenue durant le processus constitue un projet à part entière. Dès lors, les notions de planification des tâches, de communication au sein de l'équipe, de flexibilité de mise en oeuvre et de gestion des risques paraissent essentielles pour espérer un résultat de qualité. Ainsi, il est habituel d'utiliser des méthodes pour parvenir à encadrer toutes les étapes d'un tel projet.

Une proportion croissante de projets informatiques est développée à l'aide de méthodes agiles. Selon une étude menée par la société de conseil en management McKinsey en 2017, environ 60% des firmes utilisent des méthodes agiles pour réaliser leurs projets informatiques. Selon une étude menée par le cabinet de recherche Forrester Research en 2018, près de 70% des développeurs utilisent des méthodes agiles. Pour autant, cela ne signifie pas nécessairement que tous les projets informatiques sont entièrement développés à l'aide de ces méthodes. Il est fréquent que les entreprises combinent les méthodes agiles avec d'autres méthodes plus traditionnelles, comme la méthode de développement en cascade, pour répondre aux besoins spécifiques de leurs projets.

Comme introduit dans les chapitres antérieurs, Agile est une méthodologie de gestion de projet qui met l'accent sur la flexibilité, la collaboration et l'adaptation aux changements principalement pour la création de logiciels qui répondent aux besoins réels des utilisateurs.

Elle encourage la communication efficace entre les différentes parties prenantes, en l'occurrence le client final et l'équipe de développement. Le principe de base consiste en des cycles de développement courts, appelés "sprints" (issus de Scrum), pour livrer des produits incrémentaux et opérationnels, rythmés par des indicateurs tels que les histoires utilisateurs pour définir les exigences et la priorisation. Enfin, elle favorise la transparence et l'auto-organisation de l'équipe de développement.

Scrum, quant à lui, est un cadre de travail pour la mise en œuvre de la méthodologie Agile. Il fournit une structure pour la planification, la mise en œuvre et l'évaluation des projets informatiques. En combinant Agile et Scrum, les équipes peuvent bénéficier des avantages de la méthodologie Agile tout en ayant une structure claire pour la planification et la gestion des tâches. Cela leur permet de s'adapter rapidement aux changements et de livrer des logiciels de qualité qui répondent précisément aux besoins, souvent actualisés au cours du processus.

Tout au long de ce projet d'intégration et de la phase d'expérimentation, le travail a été réalisé à l'aide d'une combinaison Agile et Scrum, avec un objectif d'efficacité, de performance et de discrétion vis à vis de l'activité de l'entreprise, pour la pénaliser au minimum durant nos opérations.

7.3 Mise en oeuvre

7.3.1 Présentation

L'expérimentation a débuté en juillet 2022 et s'est achevée en novembre de la même année, en commençant par la phase d'intégration qui s'est étendue sur trois semaines environ. L'activité de l'entreprise était assez dense au mois de juillet, donc la communication avec l'équipe et la planification flexible envisagée lors de l'avant-projet se sont révélées efficaces. Les interventions bloquantes étaient réalisées en dehors des horaires d'ouverture du magasin et le recueil de l'expérience utilisateur était ainsi presque instantané. Cela favorisait une amélioration continue du processus et des interfaces, notamment sur le plan ergonomique. L'adaptation aux changements était facilitée par un dialogue en temps réel, entre la partie développement et la partie exploitation. Le fait de limiter les perturbations a été très apprécié par la direction.

7.3.2 Intégration dans l'ERP

Cortex-Gestion est un ERP développé dans le même environnement que GTiA, Microsoft Visual Studio. La compatibilité entre les deux logiciels ne se limite pas à l'environnement

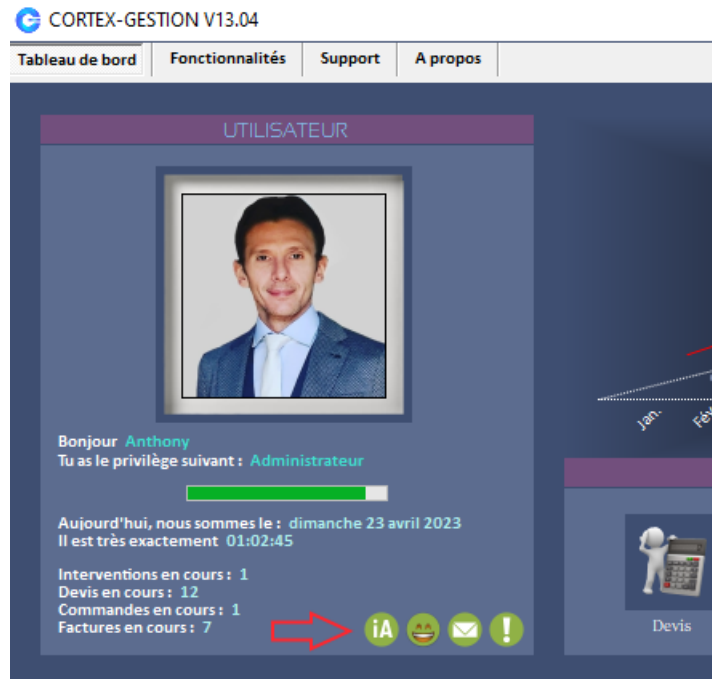


FIGURE 7.1 – Insertion de GTiA dans l'ERP

mais aussi au langage, VB.Net, et aux bases de données Microsoft Access. Les ingrédients étaient donc réunis pour une grande souplesse dans l'intégration.

La première étape a consisté dans la mise en place d'un accès à l'interface de GTiA dans le tableau de bord de Cortex-Gestion. La solution la plus ergonomique semblait être d'ajouter un bouton dans la section "Utilisateur" de ce formulaire principal, permettant également de promouvoir son utilisation. Le clic déclenche l'affichage du formulaire d'accueil de GTiA, présenté dans les chapitres précédents. Ainsi, chaque utilisateur qui le souhaite peut obtenir une recommandation, dès lors qu'il a saisi ses préférences en conformité avec les exigences de robustesse du système.

7.3.3 Formation des collaborateurs

Au cours de la phase d'intégration du système dans l'ERP, un groupe de travail a été initié avec tous les collaborateurs et la direction afin de sensibiliser l'équipe aux objectifs de cette expérimentation.

Le détail du fonctionnement du système a été présenté puis commenté pour s'assurer à la fois d'une totale transparence sur les raisons qui ont poussé la direction à ajouter cette fonctionnalité, autrement dit les enjeux, mais aussi sur les avantages qu'elle offrirait aux



FIGURE 7.2 – Formation à GTiA

utilisateurs, en échange de leur implication. La démarche a été très bien perçue par l'équipe qui semblait impatiente que la mise en oeuvre soit effective.

Dans l'optique de conserver au mieux leur attention et d'éviter d'être trop invasif sur leur temps de travail et leur organisation, une formation collective nous paraissait plus adaptée. Comme il s'agissait d'un public composé de professionnels de l'informatique, les notions triviales étaient parfaitement superflues. Un support de présentation faisait le lien entre les parties pratiques et théoriques de la formation. GTiA disposant d'une interface intuitive, la présentation a été très rapide. En revanche, la configuration est essentielle, car c'est d'elle que dépend le succès de l'expérimentation, sinon de ses résultats. En conséquence, la saisie des préférences des utilisateurs a été traitée en profondeur, avec des exemples et leur signification, incluant des tests et des révisions.

Le support aux utilisateurs a également été évoqué. S'agissant d'un logiciel pilote, des dysfonctionnements inattendus pouvaient faire surface malgré les phases de tests prélimi-

naires que nous avons effectués auparavant. Par ailleurs, l'incertitude de la compatibilité parfaite de GTiA avec l'ERP, et plus singulièrement avec sa base de données, nous a poussé à envisager ces éventualités. Les utilisateurs ont alors été informés que nous serions à leur disposition en cas de problème et qu'un poste de travail de secours équipé de l'ERP initial resterait disponible pour plus de réactivité.

Enfin, ce fut la planification de l'expérimentation qui clôtura la séance, déferant ainsi aux collaborateurs la responsabilité et l'autonomie de leur organisation, notamment concernant l'importance de procéder à des saisies pertinentes, réfléchies et appliquées.

7.3.4 Données initiales

Le système de recommandation GTiA requiert au minimum la saisie des préférences d'un utilisateur pour fonctionner. Néanmoins, la qualité de la recommandation augmente proportionnellement à la quantité d'utilisateurs, puisque le volume des préférences devient plus riche et son analyse plus fine.

La présentation des données initiales des évaluations de chaque utilisateur et de ses performances commerciales constitue le point de départ de la phase expérimentale du système de recommandation. L'effectif ayant évolué entre la première phase et les suivantes, passant de cinq à six collaborateurs, le nombre de tableaux évoluera en conséquence, et un tableau récapitulatif individuel sera présenté pour chacun d'entre eux. Les valeurs apparaissant dans les tableaux s'interprètent grâce à l'échelle de Saaty (détaillée au chapitre 6).

7.3.4.1 Évaluation des critères

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	8,00000	6,00000	0,75301
SC	0,12500	1,00000	0,33333	0,07518
MA	0,16667	3,00000	1,00000	0,17180

TABLE 7.1 – Évaluation des critères - User 3

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	7,00000	8,00000	0,77695
SC	0,14286	1,00000	0,50000	0,08844
MA	0,12500	2,00000	1,00000	0,13462

TABLE 7.2 – Évaluation des critères - User 2

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	2,00000	4,00000	0,55714
SC	0,50000	1,00000	3,00000	0,32024
MA	0,25000	0,33333	1,00000	0,12262

TABLE 7.3 – Évaluation des critères - User 5

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	5,00000	4,00000	0,66507
SC	0,20000	1,00000	0,33333	0,10385
MA	0,25000	3,00000	1,00000	0,23108

TABLE 7.4 – Évaluation des critères - User 1

Les données exposées dans ces tableaux correspondent aux évaluations des critères entre eux, saisies par chaque utilisateur du système en fonction de ses préférences. La correspondance des abréviations reste inchangée par rapport à celle utilisée lors de la présentation détaillée du modèle mathématique :

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	4,00000	0,50000	0,36014
SC	0,25000	1,00000	0,33333	0,12791
MA	2,00000	3,00000	1,00000	0,51195

TABLE 7.5 – Évaluation des critères - User 4

- CA = Chiffre d'affaires
- SC = Satisfaction client
- MA = Marge

La dernière colonne révèle le poids de chaque critère pour chacun des utilisateurs. On observe que le chiffre d'affaires est majoritairement victorieux dans le classement puisqu'il est supérieur à 0,5 dans 4 évaluations sur 5. Cela signifie que, pour ces utilisateurs, le chiffre d'affaires est le critère le plus important. Cela aura une incidence dans la suite du processus, notamment lors du calcul des scores des alternatives, puisqu'il dépend du poids des critères.

Ces données initiales interviennent dans la première phase expérimentale, qui s'étend sur six semaines. Durant cette période, aucun utilisateur ayant exploité le système pour obtenir une recommandation n'a procédé à des modifications dans ses préférences. Ainsi, tous les calculs qui suivront seront basés sur les valeurs présentées dans les tableaux ci-dessus. Ce choix est issu d'une décision collective, dans le dessein de laisser le temps à l'alternative proposée de produire des effets mesurables.

Au cours des phases suivantes, les évaluations des critères seront actualisées par certains utilisateurs dont l'appréciation aura évolué et conservées par d'autres qui estimeront que leurs préférences initiales étaient satisfaisantes. Seuls les cas modifiés seront alors présentés.

En terme de robustesse, le récapitulatif de la consistance des données saisies a été synthétisé dans le tableau suivant :

Pour être considérée comme valide et cohérente, une évaluation doit disposer d'un ratio de consistance inférieur à 0,1. Ainsi, les évaluations présentées dans le tableau ci-dessus

UTILISATEUR	TAUX DE CONSISTANCE
User 3	0,06459
User 2	0,06738
User 5	0,01581
User 1	0,07950
User 4	0,09369

TABLE 7.6 – Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des critères

témoignent d'une saisie parfaitement admissible pour tous les utilisateurs.

7.3.4.2 Évaluation des alternatives

Conformément au modèle AHP présenté au chapitre précédent, chacun des utilisateurs a également saisi ses préférences d'évaluation des alternatives entre elles, en fonction de chaque critère. Pour rappel, les alternatives ont été abrégées ainsi :

- RF : Relancer les factures.
- GP : Générer des promotions.
- AV : Analyser les ventes.

Les valeurs affichées dans ces tableaux sont restées identiques tout au long de la première phase. Au cours des phases suivantes, les évaluations des alternatives pourraient être actualisées par certains utilisateurs. Seuls les cas modifiés seront alors présentés.

Dans le cas de l'utilisateur "User 3", la valeur 7,00000, située au croisement de RF et de GP signifie que, pour l'utilisateur et en terme de chiffre d'affaires, la relance des factures est très fortement plus efficace que de générer des promotions.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	7,00000	0,50000
GP	0,14286	1,00000	0,16667
AV	2,00000	6,00000	1,00000

TABLE 7.7 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 3

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,33333	6,00000
GP	3,00000	1,00000	7,00000
AV	0,16667	0,14286	1,00000

TABLE 7.8 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 3

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,33333	4,00000
GP	3,00000	1,00000	5,00000
AV	0,25000	0,20000	1,00000

TABLE 7.9 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 3

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	8,00000
GP	2,00000	1,00000	7,00000
AV	0,12500	0,14286	1,00000

TABLE 7.10 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 2

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,25000	6,00000
GP	4,00000	1,00000	9,00000
AV	0,16667	0,11111	1,00000

TABLE 7.11 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 2

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	4,00000
GP	2,00000	1,00000	3,00000
AV	0,25000	0,33333	1,00000

TABLE 7.12 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 2

Dans le cas de l'utilisateur "User 2", la valeur **0,14286**, située au croisement de AV et de GP signifie que, pour l'utilisateur et en terme de chiffre d'affaires, l'analyse des ventes est fortement moins efficace que de générer des promotions.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	8,00000	2,00000
GP	0,12500	1,00000	0,50000
AV	0,50000	2,00000	1,00000

TABLE 7.13 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 5

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	2,00000	2,00000
GP	0,50000	1,00000	0,50000
AV	0,50000	2,00000	1,00000

TABLE 7.14 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 5

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	8,00000	2,00000
GP	0,12500	1,00000	0,14286
AV	0,50000	7,00000	1,00000

TABLE 7.15 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 5

Dans le cas de l'utilisatrice "User 5", la valeur 2,00000, située au croisement de RF et de AV signifie que, pour l'utilisatrice et en terme de marge, relancer les factures est sensiblement aussi efficace que d'analyser les ventes.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	9,00000	8,00000
GP	0,11111	1,00000	2,00000
AV	0,12500	0,50000	1,00000

TABLE 7.16 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 1

Dans le cas de l'utilisateur "User 1", la valeur 0,11111, située au croisement de GP et de

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	7,00000	5,00000
GP	0,14286	1,00000	0,33333
AV	0,20000	3,00000	1,00000

TABLE 7.17 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 1

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,25000	0,33333
GP	4,00000	1,00000	0,50000
AV	3,00000	2,00000	1,00000

TABLE 7.18 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 1

RF signifie que, pour l'utilisateur et en terme de chiffre d'affaires, générer des promotions est extrêmement plus efficace que de relancer les factures.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,20000	0,50000
GP	5,00000	1,00000	3,00000
AV	2,00000	0,33333	1,00000

TABLE 7.19 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 4

Enfin, dans le cas de l'utilisatrice "User 4", la valeur 2,00000, située au croisement de AV et de RF signifie que, pour l'utilisatrice et en terme de satisfaction client, analyser les ventes

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	4,00000	0,50000
GP	0,25000	1,00000	0,33333
AV	2,00000	3,00000	1,00000

TABLE 7.20 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 4

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	0,20000
GP	2,00000	1,00000	0,33333
AV	5,00000	3,00000	1,00000

TABLE 7.21 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 4

est très légèrement plus efficace que de relancer les factures.

En terme de robustesse, le récapitulatif de la consistance des données saisies a été synthétisé dans le tableau suivant :

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 3	0,04052 - 0,06986	0,05066 - 0,08734	0,04335 - 0,07474
User 2	0,03857 - 0,06650	0,05500 - 0,09483	0,05434 - 0,09369
User 5	0,02706 - 0,04666	0,02687 - 0,04633	0,01754 - 0,03024
User 1	0,03763 - 0,06488	0,03292 - 0,05676	0,05434 - 0,09369
User 4	0,00185 - 0,00319	0,05434 - 0,09369	0,00185 - 0,00319

TABLE 7.22 – Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des alternatives

Chaque colonne contient deux valeurs séparées par un tiret. La première correspond à l'index de consistance, et la seconde au ratio de consistance. Pour être considérée comme valide et cohérente, une évaluation doit disposer d'un index et d'un ratio inférieurs à 0,1. Ainsi, les évaluations présentées dans le tableau ci-dessus témoignent d'une saisie parfaitement admissible pour tous les utilisateurs.

7.3.4.3 Évaluation des performances

Les alternatives qui ont été choisies pour réaliser cette expérimentation ne l'ont pas été par hasard. Elles résultent de la stratégie commerciale d'un grand nombre d'entreprises qui en ont fait l'expérience. Cortex-Informatique et Ai-Soft ont déjà appliqué ces alternatives à plusieurs reprises ces dernières années. Il existe donc suffisamment de données commerciales permettant d'extraire une évaluation de la performance de chacune des trois alternatives, par employé.

Le fait d'obtenir une statistique de performance pour chaque utilisateur est essentiel afin de disposer d'une valeur de référence qui servira à GTiA lors de la phase de calcul d'agrégation des décisions. Le détail de son utilisation sera clarifié plus loin dans ce chapitre.

ALTERNATIVE	APPORT
RF	720 €
GP	878 €
AV	969 €

TABLE 7.23 – Matrice des performances commerciales par alternative

Pour déterminer ces valeurs, une moyenne du chiffre d'affaires provenant de chaque expérience a été réalisée pour les données des deux dernières années. Ainsi, 720 € a été calculée comme suit :

$$\text{Performance} = \frac{606 + 1103 + 586 + 896 + 899 + 443 + 505}{7} \quad (7.1)$$

$$= \frac{5038}{7} \quad (7.2)$$

$$= 720 \quad (7.3)$$

Le chiffre 720 représente la moyenne du chiffre d'affaires obtenu lors de toutes les phases de relance des factures clients impayées au cours de deux dernières années.

7.3.4.4 Définition des niveaux d'influence

UTIL.	NIV. HIER.	COEFF. MAJ.
User 1	7	1,49
User 2	2	1,18
User 3	10	1,93
User 4	5	1,35
User 5	5	1,35

TABLE 7.24 – Niveaux d'influence des utilisateurs dans l'entreprise

Comme cela a été expliqué dans la démonstration numérique de l'application du modèle, au chapitre 6, tous les collaborateurs de l'entreprise disposent d'un niveau d'influence qui correspond à un coefficient de majoration (Table 6.20), qui est rappelé dans le tableau ci-dessus pour faciliter les calculs qui apparaîtront dans les trois phases de cette expérimentation.

7.3.5 Phase 1

Initiée le 03/10/2022 pour une durée de six semaines, la première phase s'achève le 11/11/2022. Toutes les informations contenues dans cette expérience proviennent directement des données initiales présentées précédemment.

7.3.5.1 Analyse des scores

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 1	63,53%	17,32%	19,15%
User 2	36,19%	56,67%	07,15%
User 3	35,19%	20,84%	43,97%
User 4	15,26%	36,74%	48,00%
User 5	58,41%	12,86%	28,73%

TABLE 7.25 – Scores par alternative et par collaborateur

Ce tableau révèle les scores des alternatives pour chaque utilisateur. L'intérêt d'un tel classement est de rendre visibles les recommandations potentielles. Les valeurs en rouge correspondent au choix gagnant de chaque collaborateur et celles en bleu la deuxième alternative la plus forte. Dans l'hypothèse où User 1 serait le seul utilisateur du système, il se verrait attribuer, suivant les préférences qu'il a saisies plus tôt, la recommandation "Relancer les factures".

Néanmoins, d'autres collaborateurs ont procédé aux évaluations des critères et des alternatives, et disposent à présent de leur propre classement. L'objet de la suite de cette expérimentation est d'identifier comment le système va agir pour combiner ces résultats, autrement dit les agréger.

Cependant, une étape intermédiaire est requise avant de passer à l'agrégation. La matrice des scores doit être normalisée afin de répondre à l'hypothèse présentée au chapitre 6, dans laquelle les alternatives gagnantes correspondent avec un ordre différent, mais où l'application de la théorie des jeux ne permet pas d'aboutir à une unique alternative à recommander.

L'opération de pondération, pour la valeur située au croisement de la première ligne et de la première colonne de la matrice est la suivante :

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 1	42,76%	28,34%	28,91%
User 2	41,45%	30,21%	28,34%
User 3	41,41%	28,50%	30,09%
User 4	40,46%	29,26%	30,29%
User 5	42,51%	28,12%	29,37%

TABLE 7.26 – Moyennes pondérées des scores

$$SP = \frac{(63,53 \times 5) + (36,19 \times 4) + (58,41 \times 4) + (35,19 \times 4) + (15,26 \times 4)}{21} \quad (7.4)$$

$$= \frac{317,75 + 144,76 + 233,64 + 140,76 + 61,04}{21} \quad (7.5)$$

$$= 42,76 \quad (7.6)$$

Le score pondéré (SP) est donc égal au score initial de l'utilisateur concerné auquel un coefficient 5 est appliqué, puis de la somme des scores des autres utilisateurs affaiblis par un coefficient 4, l'ensemble étant divisé par la somme des coefficients.

7.3.5.2 Application de l'influence et des préférences

Le tableau 6.25 affiche les résultats du classement des alternatives pour chaque utilisateur et le tableau 6.24 la correspondance entre leur niveau hiérarchique dans l'échelle de décision de l'entreprise. Ces informations ont été utilisées afin de redéfinir le tableau des apports des alternatives, mais cette fois, par utilisateur du système.

Les valeurs du tableau 6.27 à présent pondérées sont affichées en euros mais elles sont à considérer comme une estimation calibrée de l'impact des alternatives au regard de l'ordre hiérarchique des utilisateurs du système. Ces chiffres ne témoignent pas de la conséquence

réelle attendue par l'exécution des alternatives par chacun des collaborateurs, mais plutôt d'un indice proportionnel de jugement.

UTIL. \ ALT.	RF	GP	AV
User 1	682 €	227 €	276 €
User 2	307 €	587 €	82 €
User 3	489 €	353 €	822 €
User 4	148 €	435 €	628 €
User 5	568 €	152 €	376 €

TABLE 7.27 – Matrice de l'incidence pondérée des jugements

Pour rappel, la cellule en surbrillance verte est obtenue par résolution de l'équation suivante (où IP est l'Incidence Pondérée) :

$$IP = \text{Apport initial} \times \text{Score Alt.} \times \text{Majoration} \quad (7.7)$$

$$= \frac{720 \times 63,53 \times 1,49}{100} \quad (7.8)$$

$$= \frac{68155}{100} \quad (7.9)$$

$$= 682 \quad (7.10)$$

7.3.5.3 Bilan de l'agrégation

7.3.5.3.1 User 1

La matrice des scores (Table 7.24) sert de référentiel pour déterminer les correspondances entre les couples d'alternatives gagnantes des collaborateurs. Le système réalise donc cette première étape en parcourant le tableau.

Dans le cas d'User 1, deux correspondances sont à observer :

- User 3 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 5 : Le même couple, dans le même ordre.

Pour chacun des cas, l'étape suivante consiste à appliquer la théorie des jeux. L'objectif d'une entreprise étant de réaliser du profit, l'idée est de maximiser les gains pour les deux joueurs. La combinaison privilégiée sera donc celle qui alloue le gain le plus élevé à chaque joueur.

User 1, User 3	RF	AV
RF	(682,489)	(682,822)
AV	(276,489)	(276,822)

TABLE 7.28 – Matrice des paiements - User 1/User 3

Cette matrice des paiements se rapporte à la première correspondance du couple d'alternatives gagnantes entre User 1 et User 3. Elle propose une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées. Cela ne permet donc pas d'isoler une alternative gagnante et de procéder, pour le moment, à une recommandation.

Il reste cependant une seconde correspondance, entre User 1 et User 5, sur l'alternative de la relance des factures, pour laquelle ils ont tous deux un score dominant. Cette alternative est donc sélectionnée et retenue.

7.3.5.3.2 User 2

La matrice des scores ne révèle aucune correspondance entre User 2 et les autres utilisateurs. En effet, les alternatives gagnantes sont différentes, deux à deux, du couple gagnant des autres collaborateurs. Conformément au modèle d'agrégation exposé au chapitre 6, il se verra attribuer sa propre recommandation, donc générer des promotions.

7.3.5.3.3 User 3

Dans le cas d'User 3, deux correspondances sont à observer :

- User 1 : Le même couple avec un ordre différent.

— User 5 : Le même couple avec un ordre différent.

Comme la corrélation User 1/User 3 a déjà été traitée plus tôt et que sa réciproque produirait un résultat identique, il est inutile de refaire une matrice des paiements.

User 3,User 5	RF	AV
RF	(489,568)	(489,376)
AV	(822,568)	(822,376)

TABLE 7.29 – Matrice des paiements - User 3/User 5

Cette matrice des paiements propose une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées. Cela ne permet donc pas d'isoler une alternative gagnante ni de procéder à une recommandation.

Conformément au modèle d'agrégation, lorsque la théorie ne permet pas d'isoler une alternative gagnante, l'utilisateur reçoit la recommandation issue de la matrice des moyennes pondérées des scores (Table 7.26). User 3 relancera les factures.

7.3.5.3.4 User 4

Comme pour User 2, la matrice des scores ne révèle aucune correspondance entre User 4 et les autres utilisateurs. Ainsi, conformément au modèle d'agrégation, elle se verra attribuer sa propre recommandation, donc analyser les ventes.

7.3.5.3.5 User 5

Les matrices des paiements bénéficient de la propriété de commutativité des valeurs. La recommandation de User 5 découle donc directement des cas précédents. La conclusion de la correspondance avec User 3 était défavorable, mais celle de la correspondance avec User 1 permettait de conclure positivement. Ainsi, User 5 recevra la recommandation de relance des factures.

7.3.5.4 Liste des recommandations

UTILISATEUR	RECOMMANDATION
User 1	Relance des factures
User 2	Générer des promotions
User 3	Relancer les factures
User 4	Analyser les ventes
User 5	Relancer les factures

TABLE 7.30 – Liste des recommandations du système - Phase 1

Pour conclure cette première phase d'expérimentation, la recommandation attribuée à chaque collaborateur est reportée dans le tableau ci-dessus (Table 7.29). En comparaison avec les alternatives recommandées avant la phase d'agrégation (Table 7.24), on constate peu de changements. Seul un utilisateur ne dispose pas de la même recommandation avant et après agrégation (mise en surbrillance en rouge).

7.3.6 Phase 2

Initiée le 14/11/2022 pour une durée de six semaines, la deuxième phase s'achève le 23/12/2022. Toutes les informations contenues dans cette expérience proviennent directement des données initiales présentées précédemment, ou bien des mises à jour des préférences à suivre.

7.3.6.1 Mise à jour des préférences

Après la conclusion de la première phase d'expérimentation, une période de réévaluation a été proposée aux collaborateurs qui se sont portés volontaires. Cette étape permettait de recueillir des données complémentaires et de mieux comprendre l'évolution des préférences individuelles. Certains participants ont choisi de maintenir leurs évaluations initiales, témoignant ainsi d'une stabilité dans leurs jugements et de leur confiance dans leurs choix antérieurs. D'autres ont saisi cette opportunité pour réexaminer leurs évaluations et apporter des ajustements en fonction de nouvelles considérations ou d'une réévaluation des critères.

Ces mises à jour des évaluations offrent un aperçu plus approfondi des préférences individuelles et enrichissent les données recueillies lors de la première phase. Cette démarche permet d’obtenir des informations plus robustes et nuancées, en prenant en compte les évolutions cognitives et les ajustements des participants au fil de l’expérimentation. Les tableaux présentés ci-dessous reflètent donc les résultats de cette réévaluation, contribuant ainsi à une analyse plus complète et précise de la perception des collaborateurs.

Pour chaque nouvelle évaluation, nous allons fournir un commentaire et une analyse afin de mettre en évidence les changements et les tendances observés. Ces commentaires permettront de contextualiser les révisions apportées par les participants et d’expliquer les raisons possibles de ces modifications. Nous examinerons les variations dans l’importance accordée aux différents critères, les évolutions des préférences entre les alternatives, ainsi que les ajustements dans la hiérarchie des choix.

Cette approche nous permettra d’identifier les motifs récurrents et les différences individuelles, et d’obtenir une vision plus complète de la perception et des préférences des collaborateurs. Nous chercherons à mettre en évidence les facteurs qui ont influencé les réévaluations, qu’ils soient liés à de nouvelles informations, à une meilleure compréhension des critères, ou à des changements dans les priorités des participants.

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	9,00000	6,00000	0,75102
SC	0,11111	1,00000	0,25000	0,06429
MA	0,16667	4,00000	1,00000	0,18469

TABLE 7.31 – Actualisation de l’évaluation des critères - User 2

Dans sa réévaluation des critères (Tableau 7.2), User 2 apporte des ajustements significatifs à l’importance relative des critères. Il modifie son point de vue en accordant une importance supérieure au chiffre d’affaires par rapport à la satisfaction client, soulignant ainsi son objectif de maximiser les revenus de l’entreprise. Parallèlement, il révisé à la baisse l’importance accordée à la marge, reconnaissant que d’autres aspects, tels que la croissance

des ventes, peuvent également contribuer à la performance globale de l'entreprise.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	6,00000
GP	2,00000	1,00000	9,00000
AV	0,16667	0,11111	1,00000

TABLE 7.32 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 2

Dans le tableau 7.32, en contraste avec sa première évaluation des alternatives entre elles sur le critère du chiffre d'affaires (Table 7.10), User 2 révisé à la baisse l'importance de la relance des factures vis à vis de l'analyse des ventes, tandis qu'il revalorise celle de la génération de promotions par rapport à l'analyse des ventes. User 2 n'a pas souhaité apporter de changements à sa première évaluation des alternatives sur la base du critère de la marge, donc la Table 7.12 reste applicable.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,11111	0,14286
GP	9,00000	1,00000	2,00000
AV	7,00000	0,50000	1,00000

TABLE 7.33 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 2

Dans le tableau 7.33, on constate une modification de l'évaluation des alternatives par User 2 en termes de satisfaction client, par rapport à sa première évaluation présentée dans le tableau 7.11. Plus précisément, il opère un renversement de l'importance accordée à la relance des factures par rapport à l'analyse des ventes, mettant ainsi davantage l'accent sur cette dernière. De plus, il augmente significativement l'importance de la génération de promotions par rapport à l'analyse des ventes. Cette réévaluation suggère une prise en compte plus importante de la génération de promotions dans la satisfaction client, par rapport à

l'analyse des ventes et à la relance des factures.

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	9,00000	6,00000	0,75102
SC	0,11111	1,00000	0,25000	0,06429
MA	0,16667	4,00000	1,00000	0,18469

TABLE 7.34 – Actualisation de l'évaluation des critères - User 4

Dans le tableau 7.34, on observe un changement significatif dans l'évaluation des critères par User 4 par rapport à sa première évaluation présentée dans le tableau précédent. En effet, elle attribue désormais une importance absolument supérieure au chiffre d'affaires par rapport à la satisfaction client. De plus, elle inverse l'importance de la satisfaction client par rapport à la marge, mettant ainsi davantage l'accent sur la maximisation du chiffre d'affaires. Cette réévaluation traduit une volonté de User 4 de donner la priorité aux résultats financiers et à la croissance de l'entreprise, au détriment de la satisfaction client et de la rentabilité à court terme.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	6,00000
GP	2,00000	1,00000	9,00000
AV	0,16667	0,11111	1,00000

TABLE 7.35 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 4

Dans le tableau 7.19, User 4 effectue une révision significative de ses évaluations initiales des alternatives basées sur le critère du chiffre d'affaires. Elle modifie l'importance relative accordée à la relance des factures et à la génération des promotions, ainsi qu'à l'analyse des ventes. User 4 augmente maintenant l'importance de la relance des factures par rapport à la

génération des promotions, soulignant ainsi son engagement envers cette stratégie commerciale spécifique. Parallèlement, elle inverse également l'importance de la relance des factures par rapport à l'analyse des ventes, indiquant une reconsidération de l'impact de ces deux facteurs sur le chiffre d'affaires.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,11111	0,14286
GP	9,00000	1,00000	2,00000
AV	7,00000	0,50000	1,00000

TABLE 7.36 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 4

Dans le tableau 7.20, on peut observer une évolution notable de l'importance accordée par User 4 à différents critères lors de l'évaluation des alternatives en termes de satisfaction client. Cette évolution reflète sa prise de conscience quant à l'impact relatif de la relance des factures, de la génération des promotions et de l'analyse des ventes sur la satisfaction client.

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	2,00000	3,00000	0,53896
SC	0,50000	1,00000	2,00000	0,29726
MA	0,33333	0,50000	1,00000	0,16378

TABLE 7.37 – Actualisation de l'évaluation des critères - User 5

Dans le tableau 7.37, on remarque que User 5 apporte des ajustements mineurs par rapport à sa première évaluation des critères entre eux, telle que présentée dans la Table 7.3. Elle réduit légèrement l'importance accordée au chiffre d'affaires et à la satisfaction client par rapport à celle de la marge. Ces ajustements témoignent d'une légère réévaluation de l'ordre

de priorité des critères, où User 5 accorde davantage d'importance à la rentabilité (représentée par la marge) tout en maintenant une certaine considération pour le chiffre d'affaires et la satisfaction client. Ces ajustements subtils peuvent refléter une volonté d'équilibrer les objectifs financiers avec le maintien d'un haut niveau de satisfaction des clients.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	4,00000	2,00000
GP	0,25000	1,00000	0,50000
AV	0,50000	2,00000	1,00000

TABLE 7.38 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 5

Dans le tableau 7.38, on constate que User 5 effectue une réévaluation de l'importance accordée à la relance des factures et à la génération des promotions lors de l'évaluation des alternatives entre elles sur le critère du chiffre d'affaires, par rapport à sa première évaluation présentée dans la Table 7.13. User 5 révisé à la baisse l'importance de la relance des factures par rapport à la génération des promotions. Cette réévaluation suggère un ajustement de l'ordre de priorité des actions à entreprendre pour augmenter le chiffre d'affaires, où User 5 accorde moins d'importance à la relance des factures et accorde une plus grande considération à la génération des promotions.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	2,00000
RF	1,00000	0,50000	2,00000
AV	0,50000	0,25000	1,00000

TABLE 7.39 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 5

Dans le tableau 7.39, on observe une inversion des importances attribuées par User 5

à la relance des factures, à la génération des promotions et à l'analyse des ventes lors de l'évaluation des alternatives entre elles sur le critère de la satisfaction client, par rapport à sa première évaluation présentée dans la Table 7.14. User 5 donne désormais une plus grande importance à la génération des promotions par rapport à la relance des factures, marquant ainsi un changement de priorité dans les actions à entreprendre pour améliorer la satisfaction client. De plus, elle accorde une plus grande importance à l'analyse des ventes par rapport à la génération des promotions, soulignant l'importance de comprendre les tendances et les comportements d'achat des clients dans le processus d'amélioration de la satisfaction client.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	7,00000	3,00000
GP	0,14286	1,00000	0,50000
AV	0,33333	2,00000	1,00000

TABLE 7.40 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 5

Dans le tableau 7.40, User 5 effectue une réévaluation des importances attribuées à la relance des factures, à la génération des promotions et à l'analyse des ventes lors de l'évaluation des alternatives entre elles sur le critère de la marge, par rapport à sa première évaluation présentée dans la Table 7.15. User 5 réduit légèrement l'importance accordée à la relance des factures par rapport à la génération des promotions, mettant ainsi davantage l'accent sur les actions visant à stimuler les ventes et à augmenter la rentabilité. Parallèlement, elle accorde une importance accrue à la relance des factures par rapport à l'analyse des ventes.

L'équipe accueille ce jour un nouveau collaborateur, User 6, qui vient de procéder à la saisie de ses préférences dans le système. Comme il était absent de la première phase expérimentale, les valeurs qui suivent correspondent à ses données initiales.

Les informations présentées ici remplacent les données initiales saisies avant la première

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	1,00000	5,00000	0,49318
SC	1,00000	1,00000	2,00000	0,36818
MA	0,20000	0,50000	1,00000	0,13864

TABLE 7.41 – Évaluation des critères - User 6

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	1,00000	5,00000
GP	1,00000	1,00000	8,00000
AV	0,20000	0,12500	1,00000

TABLE 7.42 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 6

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	4,00000
GP	2,00000	1,00000	3,00000
AV	0,25000	0,33333	1,00000

TABLE 7.43 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 6

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	1,00000	5,00000
GP	1,00000	1,00000	8,00000
AV	0,20000	0,12500	1,00000

TABLE 7.44 – Évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 6

phase. Les performances et les scores qui vont suivre découleront des valeurs actualisées et des recommandations précédentes.

7.3.6.2 Récapitulatif de l'évolution du poids des critères

Le tableau suivant synthétise l'évolution du poids des critères pour chaque utilisateur entre la phase 1 et la phase 2. Les cellules colorées en bleu indiquent que le poids a changé. Ainsi, seuls trois utilisateurs ont procédé à des modifications dans la saisie de leurs préférences.

CRITÈRE	CA		SC		MA	
	1	2	1	2	1	2
User 1	0,66507	0,66507	0,10385	0,10385	0,23108	0,23108
User 2	0,77695	0,75102	0,08844	0,06429	0,13462	0,18469
User 3	0,75301	0,75301	0,07518	0,07518	0,17180	0,17180
User 4	0,36014	0,75102	0,12791	0,06429	0,51195	0,18469
User 5	0,55714	0,53986	0,32024	0,29726	0,12262	0,16378
User 6	-	0,49318	-	0,36818	-	0,13864

TABLE 7.45 – Récapitulatif de l'évolution du poids des critères

7.3.6.3 Définition des niveaux d'influence

Comme il y a un nouvel employé, le tableau des influences a été actualisé avec une nouvelle entrée, User 6, qui reçoit directement le niveau hiérarchique 7, en raison de l'importance de son poste (développeur d'applications mobiles) au coeur d'un projet de développement de deux applications mobiles. User 1 est au même niveau parce qu'il est responsable des technologies Android, lorsque User 6 est responsable des technologies Apple.

UTIL.	NIV. HIER.	COEFF. MAJ.
User 1	7	1,49
User 2	2	1,18
User 3	10	1,93
User 4	5	1,35
User 5	5	1,35
User 6	7	1,49

TABLE 7.46 – Niveaux d’influence des utilisateurs dans l’entreprise

UTILISATEUR	TAUX DE CONSISTANCE
User 3	0,06459
User 2	0,09548
User 5	0,00793
User 1	0,07950
User 4	0,01581
User 6	0,08162

TABLE 7.47 – Récapitulatif de la consistance dans l’évaluation des critères - Phase 2

7.3.6.4 Vérification de la consistance

Pour être considérée comme valide et cohérente, une évaluation doit disposer d’un ratio de consistance inférieur à 0,1. Ainsi, les évaluations présentées dans le tableau ci-dessus témoignent d’une saisie parfaitement admissible pour tous les utilisateurs.

Concernant l’évaluation des alternatives entre elles, le récapitulatif de la consistance des données saisies a été synthétisé dans le tableau suivant :

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 3	0,04052 - 0,06986	0,05066 - 0,08734	0,04335 - 0,07474
User 2	0,00460 - 0,00793	0,01089 - 0,01878	0,05434 - 0,09369
User 5	0,00001 - 0,00002	0,00001 - 0,00002	0,00134 - 0,00231
User 1	0,03763 - 0,06488	0,03292 - 0,05676	0,05434 - 0,09369
User 4	0,00099 - 0,00171	0,04739 - 0,08171	0,00185 - 0,00319
User 6	0,01235 - 0,02129	0,05434 - 0,09369	0,01235 - 0,02129

TABLE 7.48 – Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des alternatives - Phase 2

Chaque colonne contient deux valeurs séparées par un tiret. La première correspond à l'index de consistance, et la seconde au ratio de consistance. Pour être considérée comme valide et cohérente, une évaluation doit disposer d'un index et d'un ratio inférieurs à 0,1. Ainsi, les évaluations présentées dans le tableau ci-dessus témoignent d'une saisie parfaitement admissible pour tous les utilisateurs.

7.3.6.5 Analyse des scores

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 1	63,53%	17,32%	19,15%
User 2	32,08%	58,71%	09,20%
User 3	35,19%	20,84%	43,97%
User 4	13,41%	37,02%	49,57%
User 5	50,45%	26,37%	23,18%
User 6	40,27%	50,37%	09,37%

TABLE 7.49 – Matrice des scores par alternative et par collaborateur - Phase 2

Ce tableau révèle les scores des alternatives pour chaque utilisateur. L'intérêt d'un tel classement est de rendre visibles les recommandations potentielles. Les valeurs en rouge correspondent au choix gagnant de chaque collaborateur et celles en bleu la deuxième alternative la plus forte. Dans l'hypothèse où User 3 serait le seul utilisateur du système, il se verrait attribuer, suivant les préférences qu'il a saisies plus tôt, la recommandation "Analyser les ventes".

UTIL. \CONS.	RF	GP	AV
User 1	40,13%	34,39%	25,48%
User 2	38,87%	36,05%	25,08%
User 3	39,00%	34,53%	26,47%
User 4	38,13%	35,18%	26,69%
User 5	39,61%	34,76%	25,64%
User 6	39,20%	35,72%	25,09%

TABLE 7.50 – Matrice des moyennes pondérées des scores - Phase 2

Comme certains utilisateurs ont modifié leurs préférences et qu'un nouvel utilisateur a été ajouté au système, les moyennes ont évolué. Cependant, l'alternative de la relance des factures reste l'alternative dominante semblablement à la phase 1.

7.3.6.6 Actualisation des performances

Les recommandations résultant de la première phase expérimentale ayant été mises en application, de nouvelles données ont pu être collectées afin d'ajuster le niveau de performance des alternatives commerciales.

Pour déterminer les valeurs du tableau 7.50, une moyenne du chiffre d'affaires provenant de chaque expérience a été réalisée pour les données des deux dernières années. Ainsi, 803 € a été calculée comme suit :

ALTERNATIVE	APPORT
RF	803 €
GP	1102 €
AV	892 €

TABLE 7.51 – Matrice des performances commerciales par alternative - Phase 2

$$\text{Performance} = \frac{606 + 1103 + 586 + 896 + 899 + 443 + 505 + 1382}{8} \quad (7.11)$$

$$= \frac{6420}{8} \quad (7.12)$$

$$= 803 \quad (7.13)$$

En disposant des valeurs ainsi obtenues, et en les croisant avec les données du tableau 7.46 de la correspondance des niveaux d'influence et celles du tableau 7.48 des scores actualisés des alternatives, on obtient ce qui suit :

UTIL. \ ALT.	RF	GP	AV
User 1	760 €	284 €	255 €
User 2	304 €	763 €	97 €
User 3	545 €	443 €	757 €
User 4	145 €	551 €	597 €
User 5	547 €	392 €	279 €
User 6	482 €	827 €	125 €

TABLE 7.52 – Matrice de l'incidence pondérée des jugements - Phase 2

Pour rappel, la cellule en surbrillance verte est obtenue par résolution de l'équation suivante (où IP est l'Incidence Pondérée) :

$$IP = \text{Apport initial} \times \text{Score Alt.} \times \text{Majoration} \quad (7.14)$$

$$= \frac{1102 \times 37,02 \times 1,35}{100} \quad (7.15)$$

$$= \frac{55075}{100} \quad (7.16)$$

$$= 551 \quad (7.17)$$

7.3.6.7 Bilan de l'agrégation

7.3.6.7.1 User 1

La matrice des scores (Table 7.49) sert de référentiel pour déterminer les correspondances entre les couples d'alternatives gagnantes des collaborateurs. Le système réalise donc cette première étape en parcourant le tableau.

Dans le cas d'User 1, il n'y a cette fois-ci qu'une seule correspondance, et il s'agit du même couple avec un ordre différent.

User 1, User 3	RF	AV
RF	(760,545)	(760,757)
AV	(255,545)	(255,757)

TABLE 7.53 – Matrice des paiements - User 1/User 3

Cette matrice des paiements propose une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées. Cela ne permet donc pas d'isoler une alternative gagnante et de procéder à une recommandation.

User 1 recevra pour recommandation l'alternative dominante issue des moyennes pondérées des scores (Table 7.50), donc la relance des factures.

7.3.6.7.2 User 2

La matrice des scores révèle deux correspondances entre User 2 et les autres utilisateurs :

- User 5 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 6 : Le même couple, dans le même ordre.

User 2,User 5	RF	AV
RF	(304,547)	(304,279)
AV	(97,547)	(97,279)

TABLE 7.54 – Matrice des paiements - User 2/User 5

Dans le cas de la correspondance avec User 5, la matrice des paiements dévoile une combinaison dominante (mise en surbrillance en bleu) dans laquelle une seule alternative est impliquée. La recommandation de la relance des factures est alors envisageable.

Cependant, dans la correspondance avec User 6, l'alternative de génération des promotions est dominante dans le tableau des scores (Table 7.49), qui a la préséance en cas d'arbitrage, tel que le décrit le modèle d'agrégation. User 2 recevra donc la recommandation de génération des promotions.

7.3.6.7.3 User 3

La matrice des scores ne révèle aucune autre correspondance que celle déjà traitée avec User 1. De ce fait, conformément au modèle d'agrégation, il se verra attribuer la recommandation issue de la Table 7.50, c'est à dire la relance des factures.

7.3.6.7.4 User 4

De façon analogue à la phase 1, la matrice des scores ne révèle aucune correspondance entre User 4 et les autres utilisateurs. Ainsi, conformément au modèle d'agrégation, elle se verra attribuer sa propre recommandation, donc analyser les ventes.

7.3.6.7.5 User 5

La matrice des scores révèle deux correspondances entre User 5 et les autres utilisateurs :

- User 2 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 6 : Le même couple avec un ordre différent.

Le cas de la correspondance avec User 2 a déjà été traité plus tôt, donc il est inutile de refaire une matrice des paiements. L'alternative gagnante était celle de relancer les factures.

User 5,User 6	RF	GP
RF	(547,482)	(547,827)
GP	(392,482)	(392,827)

TABLE 7.55 – Matrice des paiements - User 5/User 6

Cette matrice des paiements dévoile une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées. L'alternative gagnante dans le jeu avec User 2 est donc la seule alternative retenue. User 5 recevra alors la recommandation issue de cette alternative, à savoir, relancer les factures.

7.3.6.7.6 User 6

La matrice des scores ne révèle aucune autre correspondance que celles déjà traitées avec User 2 et User 5. Dans la correspondance avec User 2, l'alternative de génération des promotions est dominante dans le tableau des scores (Table 7.49). User 6 recevra donc la recommandation de génération des promotions.

7.3.6.8 Liste des recommandations

Pour conclure cette deuxième phase d'expérimentation, la recommandation attribuée à chaque collaborateur est reportée dans le tableau ci-dessus (Table 7.54). En comparaison avec les alternatives recommandées avant la phase d'agrégation (Table 7.47), on constate de faibles

UTILISATEUR	RECOMMANDATION
User 1	Relance des factures
User 2	Générer des promotions
User 3	Relancer les factures
User 4	Analyser les ventes
User 5	Relancer les factures
User 6	Générer des promotions

TABLE 7.56 – Liste des recommandations du système - Phase 2

changements. Seul un utilisateur a changé de recommandation avant et après agrégation (mise en surbrillance en rouge).

7.3.7 Phase 3

Initiée le 02/01/2023 pour une durée de six semaines, la dernière phase s’achève le 10/02/2023. Toutes les informations contenues dans cette expérience proviennent directement des données initiales présentées précédemment, ou bien des mises à jour des préférences à suivre.

7.3.7.1 Mise à jour des préférences

A la suite de la deuxième phase d’expérimentation, il a été proposé aux collaborateurs qui le souhaitent, de mettre à jour les évaluations initialement saisies. Certains ont considéré que leurs préférences étaient restées identiques et d’autres ont procédé à quelques changements. Ces nouvelles informations sont présentées dans les tableaux suivants.

Par rapport à son évaluation précédente des alternatives sur le critère de la marge (Tableau 7.12), User 2 réajuste significativement l’importance accordée à la génération des promotions par rapport à la relance des factures. De plus, il accorde une légère augmentation d’importance à la génération de promotions par rapport à l’analyse des ventes.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,33333	4,00000
GP	3,00000	1,00000	5,00000
AV	0,25000	0,20000	1,00000

TABLE 7.57 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 2

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	3,00000	0,50000	0,32024
SC	0,33333	1,00000	0,25000	0,12262
MA	2,00000	4,00000	1,00000	0,55714

TABLE 7.58 – Actualisation de l'évaluation des critères - User 4

Lors de sa dernière évaluation des critères entre eux (Tableau 7.34), User 4 procède à des ajustements significatifs. Elle modifie à la baisse l'importance accordée au chiffre d'affaires par rapport à la satisfaction client, puis inverse cette tendance en accordant une importance accrue au chiffre d'affaires par rapport à la marge.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,20000	0,25000
GP	5,00000	1,00000	2,00000
AV	4,00000	0,50000	1,00000

TABLE 7.59 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 4

Par rapport à sa précédente évaluation des alternatives entre elles sur le critère du chiffre d'affaires (Tableau 7.35), User 4 apporte des modifications significatives. Elle inverse l'importance attribuée à la relance des factures par rapport à l'analyse des ventes, mettant davantage

l'accent sur la relance des factures. De plus, elle accorde une importance accrue à la génération des promotions par rapport à la relance des factures. Ces ajustements témoignent d'un réexamen approfondi de la hiérarchie des alternatives et de la prise en compte de nouvelles considérations.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	3,00000	1,00000
GP	0,33333	1,00000	0,50000
AV	1,00000	2,00000	1,00000

TABLE 7.60 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 4

Comparativement à sa première évaluation des alternatives entre elles sur le critère de la marge (Tableau 7.36), User 4 effectue des ajustements significatifs. Elle inverse l'importance accordée à la génération des promotions par rapport à la relance des factures, donnant ainsi plus de poids à la relance des factures. De plus, elle inverse également l'importance de la génération des promotions par rapport à l'analyse des ventes.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	0,25000
GP	2,00000	1,00000	0,50000
AV	4,00000	2,00000	1,00000

TABLE 7.61 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 4

En comparaison avec sa première évaluation des alternatives entre elles sur le critère de la satisfaction client (Tableau 7.21), User 4 opère des ajustements subtils mais significatifs. Elle réduit légèrement l'importance accordée à l'analyse des ventes par rapport à la relance des

factures et à la génération de promotions. Cette révision met en évidence une réévaluation de la hiérarchie des alternatives, mettant davantage l'accent sur la génération de promotions en tant que levier pour améliorer la satisfaction client, tout en prenant en compte les préoccupations liées à la relance des factures. Cette approche témoigne de la volonté de User 4 de trouver un équilibre entre les aspects financiers de l'entreprise et la satisfaction des clients, en adoptant des stratégies visant à stimuler les ventes tout en préservant une relation positive avec la clientèle.

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	0,25000	0,16667	0,08539
SC	4,00000	1,00000	0,25000	0,24353
MA	6,00000	4,00000	1,00000	0,67108

TABLE 7.62 – Actualisation de l'évaluation des critères - User 5

En comparaison avec sa première évaluation des critères entre eux (Tableau 7.37), User 5 effectue une réévaluation radicale de l'importance accordée à chaque critère. Elle modifie significativement la hiérarchie des critères, donnant une importance prépondérante à la marge par rapport au chiffre d'affaires et à la satisfaction client. Cette révision met en évidence un changement stratégique dans l'approche de User 5, qui privilégie désormais la rentabilité financière et la maximisation des bénéfices par rapport à d'autres considérations telles que la croissance du chiffre d'affaires ou la satisfaction des clients. Cette nouvelle perspective pourrait refléter une adaptation aux contraintes économiques ou une volonté de recentrer les efforts sur la rentabilité à court terme.

Dans sa réévaluation des alternatives en fonction du chiffre d'affaires (Tableau 7.42), User 6 opère des ajustements subtils dans l'importance accordée à chaque alternative. En réévaluant les priorités, il modifie délicatement la balance entre la relance des factures et l'analyse des ventes, tout en accordant une attention accrue à la génération des promotions. Cette révision stratégique témoigne d'une compréhension plus fine du contexte commercial et d'une volonté d'optimiser les performances. User 6 cherche ainsi à adapter ses stratégies pour maximiser les résultats financiers en tenant compte des facteurs qui influencent la génération

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	1,00000	4,00000
GP	1,00000	1,00000	9,00000
AV	0,25000	0,11111	1,00000

TABLE 7.63 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère CA - User 6

de chiffre d'affaires.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	0,50000	2,00000
GP	2,00000	1,00000	3,00000
AV	0,50000	0,33333	1,00000

TABLE 7.64 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère SC - User 6

Dans sa réévaluation des alternatives basée sur la satisfaction client (Tableau 7.43), User 6 ajuste de manière significative l'importance accordée à chaque alternative. Il reconnaît l'importance de comprendre les attentes des clients et de créer des interactions positives tout au long de leur parcours. En réduisant l'importance de la relance des factures, il privilégie une approche centrée sur la personnalisation des solutions et la création de relations durables. Cette réévaluation démontre son engagement à offrir une valeur ajoutée et une expérience de qualité aux clients.

Dans sa réévaluation des alternatives basée sur la marge (Tableau 7.44), User 6 ajuste les poids attribués à chaque alternative. En réduisant légèrement l'importance de la relance des factures et de la génération des promotions par rapport à l'analyse des ventes, User 6 semble accorder davantage d'importance à une approche axée sur l'analyse des données et la compréhension des tendances du marché.

ALTERNATIVES	RF	GP	AV
RF	1,00000	1,00000	4,00000
GP	1,00000	1,00000	7,00000
AV	0,25000	0,14286	1,00000

TABLE 7.65 – Actualisation de l'évaluation des alternatives, en fonction du critère MA - User 6

CRITÈRES	CA	SC	MA	POIDS
CA	1,00000	1,00000	0,14286	0,12012
SC	1,00000	1,00000	0,20000	0,13430
MA	7,00000	5,00000	1,00000	0,74558

TABLE 7.66 – Actualisation de l'évaluation des critères - User 3

Lors de sa réévaluation des critères (Tableau 7.1), User 3 apporte des ajustements significatifs à l'importance attribuée à chaque critère. Il opère un changement radical en modifiant l'importance de la marge par rapport au chiffre d'affaires et à la satisfaction client. Cette réévaluation reflète sa volonté de réorienter sa stratégie en mettant davantage l'accent sur la rentabilité et la gestion des coûts, tout en reconnaissant l'importance de maintenir une satisfaction client élevée.

7.3.7.2 Récapitulatif de l'évolution du poids des critères

Le tableau suivant synthétise l'évolution du poids des critères pour chaque utilisateur entre la phase 2 et la phase 3. Les cellules colorées en bleu indiquent que le poids a changé. Ainsi, seuls trois utilisateurs ont procédé à des modifications dans la saisie de leurs préférences.

CRITÈRE	CA		SC		MA	
PHASE	1	2	1	2	1	2
User 1	0,66507	0,66507	0,10385	0,10385	0,23108	0,23108
User 2	0,75102	0,75102	0,06429	0,06429	0,18469	0,18469
User 3	0,75301	0,12012	0,07518	0,13430	0,17180	0,74558
User 4	0,75102	0,32024	0,06429	0,12262	0,18469	0,55714
User 5	0,53986	0,08539	0,29726	0,24353	0,16378	0,67108
User 6	0,49318	0,49318	0,36818	0,36818	0,13864	0,13864

TABLE 7.67 – Récapitulatif de l'évolution du poids des critères

7.3.7.3 Actualisation des performances

Les recommandations résultant de la première phase expérimentale ayant été mises en application, de nouvelles données ont pu être collectées afin d'ajuster le niveau de performance des alternatives commerciales.

ALTERNATIVE	APPORT
RF	841 €
GP	1139 €
AV	1083 €

TABLE 7.68 – Matrice des performances commerciales par alternative - Phase 3

Pour déterminer les valeurs du tableau 7.52, une moyenne du chiffre d'affaires provenant de chaque expérience a été réalisée pour les données des deux dernières années. Ainsi, 841 € a été calculée comme suit :

$$\text{Performance} = \frac{606 + 1103 + 586 + 896 + 899 + 443 + 505 + 1382 + 1149}{9} \quad (7.18)$$

$$= \frac{7569}{9} \quad (7.19)$$

$$= 841 \quad (7.20)$$

En disposant des valeurs ainsi obtenues, et en les croisant avec les données du tableau 7.45 de la correspondance des niveaux d'influence et celles du tableau 7.48 des scores actualisés des alternatives, on obtient ce qui suit :

UTIL. \ ALT.	RF	GP	AV
User 1	796 €	294 €	309 €
User 2	304 €	816 €	110 €
User 3	482 €	1221 €	309 €
User 4	188 €	556 €	691 €
User 5	654 €	339 €	299 €
User 6	457 €	889 €	179 €

TABLE 7.69 – Matrice de l'incidence pondérée des jugements - Phase 3

Pour rappel, la cellule en surbrillance verte est obtenue par résolution de l'équation suivante (où IP est l'Incidence Pondéré) :

$$\text{IP} = \text{Apport initial} \times \text{Score Alt.} \times \text{Majoration} \quad (7.21)$$

$$= \frac{1139 \times 55,54 \times 1,93}{100} \quad (7.22)$$

$$= \frac{122092}{100} \quad (7.23)$$

$$= 1221 \quad (7.24)$$

7.3.7.4 Vérification de la consistance

UTILISATEUR	TAUX DE CONSISTANCE
User 3	0,01090
User 2	0,09548
User 5	0,09464
User 1	0,07495
User 4	0,01581
User 6	0,08162

TABLE 7.70 – Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des critères - Phase 3

Pour être considérée comme valide et cohérente, une évaluation doit disposer d'un ratio de consistance inférieur à 0,1. Ainsi, les évaluations présentées dans le tableau ci-dessus témoignent d'une saisie parfaitement admissible pour tous les utilisateurs.

Concernant l'évaluation des alternatives entre elles, le récapitulatif de la consistance des données saisies a été synthétisé dans le tableau suivant :

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 3	0,04052 - 0,06986	0,05066 - 0,08734	0,04335 - 0,07474
User 2	0,00460 - 0,00793	0,01089 - 0,01878	0,04335 - 0,07474
User 5	0,00134 - 0,00231	0,00001 - 0,00002	0,00134 - 0,00231
User 1	0,03763 - 0,06488	0,03292 - 0,05676	0,05434 - 0,09369
User 4	0,01234 - 0,02128	0,00916 - 0,01579	0,00001 - 0,00002
User 6	0,03706 - 0,06390	0,00460 - 0,00793	0,01752 - 0,00321

TABLE 7.71 – Récapitulatif de la consistance dans l'évaluation des alternatives - Phase 3

Chaque colonne contient deux valeurs séparées par un tiret. La première correspond à l'index de consistance, et la seconde au ratio de consistance. Pour être considérée comme valide et cohérente, une évaluation doit disposer d'un index et d'un ratio inférieurs à 0,1. Ainsi, les évaluations présentées dans le tableau ci-dessus témoignent d'une saisie parfaitement admissible pour tous les utilisateurs.

7.3.7.5 Analyse des scores

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 1	63,53%	17,32%	19,15%
User 2	30,68%	60,70%	08,62%
User 3	29,67%	55,54%	14,79%
User 4	16,53%	36,19%	47,28%
User 5	57,56%	22,02%	20,42%
User 6	36,49%	52,41%	11,10%

TABLE 7.72 – Matrice des scores par alternative et par collaborateur - Phase 3

Ce tableau révèle les scores des alternatives pour chaque utilisateur. L'intérêt d'un tel classement est de rendre visibles les recommandations potentielles. Les valeurs en rouge correspondent au choix gagnant de chaque collaborateur et celles en bleu à la deuxième alternative la plus forte. Dans l'hypothèse où User 3 serait le seul utilisateur du système, il se verrait attribuer, suivant les préférences qu'il a saisies plus tôt, la recommandation "Générer des promotions".

Comme certains utilisateurs ont modifié leurs préférences, les moyennes ont évolué. Contrairement à la phase précédente, l'alternative dominante passe de la relance des factures à la génération des promotions.

UTIL. \ CONS.	RF	GP	AV
User 1	39,57%	39,76%	20,18%
User 2	38,26%	41,50%	19,76%
User 3	38,10%	41,29%	20,01%
User 4	37,69%	40,52%	21,31%
User 5	39,34%	39,95%	20,23%
User 6	38,49%	41,17%	19,86%

TABLE 7.73 – Matrice des moyennes pondérées des scores - Phase 3

7.3.7.6 Bilan de l'agrégation

7.3.7.6.1 User 1

La matrice des scores ne révèle aucune correspondance entre User 1 et les autres utilisateurs. Ainsi, conformément au modèle d'agrégation, il se verra attribuer sa propre recommandation, donc relancer les factures.

7.3.7.6.2 User 2

La matrice des scores révèle trois correspondances entre User 2 et les autres utilisateurs :

- User 3 : Le même couple, dans le même ordre.
- User 5 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 6 : Le même couple, dans le même ordre.

La correspondance entre User 2 et User 3 est sans arbitrage puisque leur alternative dominante est la génération de promotions, avec respectivement 60,70% et 55,54%.

On observe une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées, donc on ne peut conclure favorablement.

User 2,User 5	RF	GP
RF	(304,654)	(304,339)
GP	(816,654)	(816,339)

TABLE 7.74 – Matrice des paiements - User 2/User 5

La correspondance entre User 2 et User 6 est sans arbitrage puisque leur alternative dominante est la génération de promotions, avec respectivement 60,70% et 52,41%. User 2 recevra alors la génération de promotions comme recommandation.

7.3.7.6.3 User 3

La matrice des scores fait état de trois correspondances entre User 3 et les autres utilisateurs :

- User 2 : Le même couple, dans le même ordre.
- User 5 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 6 : Le même couple, dans le même ordre.

Le cas de la correspondance avec User 2 a déjà été traité donc la matrice des paiements n'est pas utile.

User 3,User 5	RF	GP
RF	(482,654)	(482,339)
GP	(1221,654)	(1221,339)

TABLE 7.75 – Matrice des paiements - User 3/User 5

On observe une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées, donc on ne peut conclure favorablement.

La correspondance entre User 3 et User 6 est sans arbitrage puisque leur alternative dominante est la génération de promotions, avec respectivement 55,54% et 52,41%, confirmée par sa correspondance avec User 2. User 3 recevra alors la génération de promotions comme recommandation.

7.3.7.6.4 User 4

De façon analogue à la phase 1 et à la phase 2, la matrice des scores ne révèle aucune correspondance entre User 4 et les autres utilisateurs. Ainsi, conformément au modèle d'agrégation, elle se verra attribuer sa propre recommandation, donc analyser les ventes.

7.3.7.6.5 User 5

La matrice des scores révèle trois correspondances entre User 5 et les autres utilisateurs :

- User 2 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 3 : Le même couple avec un ordre différent.
- User 6 : Le même couple avec un ordre différent.

Les cas de la correspondance avec User 2 et User 3 ont déjà été traités plus tôt, donc il est inutile de refaire une matrice des paiements. L'alternative gagnante était celle de générer des promotions.

User 5,User 6	RF	GP
RF	(654,457)	(654,889)
GP	(339,457)	(339,889)

TABLE 7.76 – Matrice des paiements - User 5/User 6

On observe une combinaison dominante (mise en surbrillance en rouge) dans laquelle deux alternatives différentes sont impliquées, donc on ne peut conclure favorablement. User 5 recevra alors la recommandation issue de ses correspondances avec User 3 et User 2, à savoir, générer des promotions.

7.3.7.6.6 User 6

La matrice des scores fait état de trois correspondances entre User 6 et les autres utilisateurs :

- User 2 : Le même couple, dans le même ordre.
- User 3 : Le même couple, dans le même ordre.
- User 5 : Le même couple avec un ordre différent.

Tous ces cas ont été traités précédemment. Ainsi, User 6 recevra la recommandation de générer des promotions.

7.3.7.7 Liste des recommandations

UTILISATEUR	RECOMMANDATION
User 1	Relance des factures
User 2	Générer des promotions
User 3	Générer des promotions
User 4	Analyser les ventes
User 5	Générer des promotions
User 6	Générer des promotions

TABLE 7.77 – Liste des recommandations du système - Phase 3

Pour conclure cette dernière phase d'expérimentation, la recommandation attribuée à chaque collaborateur est reportée dans le tableau ci-dessus (Table 7.77). En comparaison avec les alternatives recommandées avant la phase d'agrégation (Table 7.72), on constate de très faibles changements. User 5 a changé de recommandation avant et après agrégation (mise en surbrillance en rouge), et cinq l'ont conservée.

7.4 Rétrospective des recommandations

	Phase 1			Phase 2			Phase 3		
	RF	GP	AV	RF	GP	AV	RF	GP	AV
User 1	63,53%	17,32%	19,15%	63,53%	17,32%	19,15%	63,53%	17,32%	19,15%
User 2	36,19%	56,67%	07,15%	32,08%	58,71%	09,20%	30,68%	60,70%	08,62%
User 3	35,19%	20,84%	43,97%	35,19%	20,84%	43,97%	29,67%	55,54%	14,79%
User 4	15,26%	36,74%	48,00%	13,41%	37,02%	49,57%	16,53%	36,19%	47,28%
User 5	58,41%	12,86%	28,73%	50,45%	26,37%	23,18%	57,56%	22,02%	20,42%
User 6				40,27%	50,37%	09,37%	36,49%	52,41%	11,10%

TABLE 7.78 – Récapitulatif des scores par alternative et par collaborateur avant application du modèle d'agrégation

	Phase 1	Phase 2	Phase 3
User 1	Relance des factures	Relance des factures	Relance des factures
User 2	Générer des promotions	Générer des promotions	Générer des promotions
User 3	Relancer les factures	Relancer les factures	Générer des promotions
User 4	Analyser les ventes	Analyser les ventes	Analyser les ventes
User 5	Relancer les factures	Relancer les factures	Générer des promotions
User 6	-	Générer des promotions	Générer des promotions

TABLE 7.79 – Récapitulatif des recommandations par phase et par utilisateur, après agrégation par la théorie des jeux

7.5 Conclusion

Dans les coulisses de l'entreprise, au cœur même de l'écosystème organisationnel, où se conjuguent les paramètres décisifs et les flux informationnels incessants, notre expérimentation novatrice d'un système de recommandation d'aide à la décision multicritère au sein d'un ERP s'est révélée fonctionnelle.

Cette expérimentation, conduite avec rigueur et précision, s'est étalée sur trois phases successives, chacune d'une durée de six semaines, permettant ainsi une approche méthodique et approfondie de l'évaluation du système. Ces étapes temporelles délimitées ont favorisé une analyse progressive des performances, des retours d'expérience et des ajustements nécessaires pour parvenir à une solution véritablement adaptée aux besoins des utilisateurs.

Il convient de souligner que cette expérimentation n'est qu'une première étape vers une intégration plus large du système de recommandation dans l'ERP. Les résultats prometteurs que nous avons obtenus encouragent à poursuivre les efforts de recherche et de développement pour affiner davantage le modèle, enrichir les critères d'évaluation et optimiser l'interaction entre les utilisateurs et le système.

Il est désormais temps de porter notre regard vers l'avenir et d'entreprendre une évaluation globale de cette initiative. Le prochain chapitre s'attachera donc à dresser un bilan exhaustif de notre expérimentation, en explorant deux dimensions cruciales : les indicateurs financiers et l'ergonomie d'utilisation.

En nous penchant sur les indicateurs financiers, nous chercherons à mesurer l'impact économique de l'implémentation du système au sein de l'entreprise. Nous évaluerons les gains de productivité, les réductions de coûts opérationnels et les éventuelles augmentations de chiffre d'affaires découlant de l'amélioration des processus décisionnels. Ces données chiffrées fourniront une vision objective des bénéfices économiques tangibles engendrés par notre système de recommandation.

Parallèlement, nous aborderons l'aspect ergonomique de l'utilisation du système. L'expérience utilisateur constituant un élément clé pour s'assurer de son adhésion et de son efficacité. Nous analyserons les retours d'expérience des utilisateurs, en mettant l'accent sur l'ergonomie, la convivialité et l'intuitivité de l'interface. Cette évaluation nous permettra de déterminer les points forts et les axes d'amélioration potentiels afin d'optimiser l'expérience utilisateur et de garantir une adoption optimale de notre système.

En procédant à cette évaluation globale, nous serons en mesure de consolider les résultats de notre expérimentation en les confrontant aux dimensions financières et ergonomiques. Ce bilan holistique nous permettra d'identifier les réussites, les opportunités d'optimisation et les pistes d'amélioration pour guider notre démarche future.

8

Le bilan

8.1	Présentation	219
8.2	Données d'activité avant expérimentation	220
8.2.1	Contexte économique	220
8.2.2	Données chiffrées de l'entreprise hôte	222
8.2.3	Données chiffrées du secteur	225
8.3	Données d'activité après expérimentation	226
8.3.1	Sur le plan financier	226
8.3.2	Sur le plan organisationnel	227
8.3.3	Sur le plan de la satisfaction client	228
8.4	Conclusion	232

8.1 Présentation

La crise sanitaire liée à la COVID-19 a eu un impact significatif sur la performance commerciale des entreprises et sur l'évolution de leur chiffre d'affaires. Ceci s'explique par une baisse de la demande pour de nombreux produits et services, en raison de la réduction des dépenses des consommateurs, mais aussi par la fermeture temporaire ou définitive des magasins due à des décisions gouvernementales exceptionnelles. Mais le contexte de cette expérimentation est aussi celui de la guerre en Ukraine, entraînant des perturbations dans les chaînes d'approvisionnement et donc des difficultés pour obtenir les composants nécessaires pour la production de matériel informatique. Il n'est pas concevable d'évaluer la performance commerciale d'une entreprise de ce secteur sans tenir compte de ces paramètres, dont l'influence est difficilement mesurable, mais dont on ne saurait ignorer l'importance. Le bilan exposé ici

est objectif puisqu'il fait état de données chiffrées, mais il comporte également une évaluation de l'impact du contexte sur les résultats collectés.

La partie commerciale du bilan s'attache à évaluer les retombées financières de l'implémentation du logiciel de recommandation au sein de notre ERP, en mettant en évidence les économies de temps réalisées. Cette évaluation nous permettra d'analyser l'impact économique direct de l'utilisation du logiciel, en se concentrant sur les gains de productivité résultant d'une prise de décision plus rapide et efficace. En réduisant les délais de traitement des informations critiques, le logiciel offre la possibilité d'optimiser les opérations, d'accélérer les processus décisionnels et de libérer des ressources précieuses. L'identification et la quantification de ces économies de temps fourniront une perspective sur les avantages commerciaux tangibles générés par notre initiative, renforçant ainsi la valeur stratégique du logiciel.

La partie consacrée à l'expérience utilisateur du bilan se concentre sur l'évaluation de l'ergonomie et de l'utilisation du logiciel de recommandation. En accordant une attention particulière à la convivialité de l'interface, à la fluidité de la navigation et à l'intuitivité globale du logiciel, nous souhaitons comprendre l'impact de cette solution sur les utilisateurs. Grâce aux avis recueillis, nous pourrons analyser leur satisfaction, leurs préférences et les éventuels défis rencontrés lors de l'interaction avec le logiciel. Cette évaluation approfondie nous permettra d'identifier les points forts ainsi que les axes d'amélioration potentiels afin d'optimiser l'ergonomie et de favoriser une adoption aisée et efficace du logiciel à l'avenir. En plaçant l'utilisateur au centre de notre analyse, nous pourrons fournir des éléments pertinents pour améliorer l'interface utilisateur et maximiser l'efficacité de cette solution.

8.2 Données d'activité avant expérimentation

8.2.1 Contexte économique

Au sein du tissu économique local, une entreprise de dimension modeste se trouve confrontée à un contexte complexe et évolutif, où sa performance se trouve soumise à une multitude de critères interdépendants. D'année en année, cette entreprise lutte contre les assauts implacables de grands groupes qui, par leur envergure et leurs moyens considérables, exercent une pression concurrentielle écrasante. De plus, les changements profonds dans les habitudes de consommation des ménages viennent ajouter une couche de complexité supplémentaire à cette réalité économique. Les avancées technologiques, les nouvelles attentes des consommateurs, ainsi que les évolutions sociétales créent un environnement dynamique où l'entreprise locale se voit contrainte d'adopter une posture résiliente, empreinte d'adaptabilité stratégique et d'innovation, afin de préserver sa pérennité dans cette conjoncture économique exigeante.

Il est de plus en plus observable que le choix des consommateurs se porte généralement vers les prix les plus bas, reléguant ainsi la qualité du produit ou du service au second plan. Une tendance prévalant dans de nombreux secteurs est celle où la recherche du meilleur rapport qualité-prix s'oriente principalement vers des offres à bas coût. Cependant, cette propension à privilégier les prix réduits peut entraîner des compromis sur la qualité et l'expérience globale du produit ou du service

D'autre part, les clients, bien que plus exigeants que jamais, se montrent moins enclins à payer un prix plus élevé. Les consommateurs attendent des produits et services de qualité supérieure, personnalisés et répondant à leurs besoins spécifiques. Ils souhaitent bénéficier d'une expérience fluide, d'un service client exceptionnel et de fonctionnalités avancées. Cependant, lorsque vient le moment de concrétiser cet engagement envers la qualité, de nombreux clients sont réticents à accepter une tarification plus élevée.

Ce paradoxe entre l'exigence croissante des clients en matière de qualité et leur réticence à payer pour cette exigence met les entreprises face à un défi complexe. Elles doivent trouver un équilibre délicat entre la proposition de valeur, la qualité perçue et le prix, afin de répondre aux attentes des clients tout en maintenant leur compétitivité sur le marché.

Le contexte de la crise sanitaire a exacerbé le problème de préférence pour les prix les plus bas en raison de son impact sur le pouvoir d'achat des ménages. Les mesures de confinement, les perturbations économiques et les incertitudes liées à la pandémie ont conduit de nombreux consommateurs à réduire leurs dépenses et à revoir leurs priorités financières.

Face à une situation économique incertaine et à une diminution des revenus, les ménages ont été contraints de comprimer leurs dépenses et de se concentrer sur des besoins plus essentiels. Les dépenses non essentielles, telles que les produits de luxe ou les services superflus, ont été réduites ou éliminées de manière significative. Dans cette optique, la recherche de prix bas est devenue une stratégie courante pour faire face à des budgets plus restreints.

Ai-Soft et Cortex-Informatique ont subi cette tendance qui les ont mises dans une position délicate, devant s'adapter à une demande réduite et à des consommateurs plus sensibles aux prix. Elles ont dû repenser leur offre, souvent en proposant des produits ou services à prix réduit ou en mettant en place des promotions attractives pour maintenir leur attrait sur le marché. Néanmoins, la difficulté réside dans la nécessité de trouver le bon équilibre en

termes de rythme des promotions attractives et de la marge réduite qui en découle. D'une part, les promotions régulières peuvent attirer les consommateurs en offrant des prix avantageux, stimulant ainsi les ventes et maintenant la compétitivité sur le marché. Cependant, l'abus de promotions peut entraîner une dévaluation de la valeur perçue des produits ou services, les positionnant comme des produits bas de gamme et nuisant à l'image de marque de l'entreprise. D'autre part, l'offre de promotions récurrentes peut avoir un impact direct sur la marge bénéficiaire. Les réductions de prix peuvent diminuer les revenus générés par chaque vente, ce qui peut être problématique si ces promotions sont trop fréquentes ou trop importantes. Une marge réduite limite les ressources financières disponibles pour investir dans l'innovation, l'amélioration de la qualité, la recherche et le développement, ainsi que pour assurer une rentabilité durable à long terme.

Le contexte de la mise en place du logiciel de recommandation étant à présent clarifié, nous allons faire le point sur les données chiffrées de la performance commerciale de cette période tant sur l'année en cours que sur les années précédentes.

8.2.2 Données chiffrées de l'entreprise hôte

8.2.2.1 Sur le plan financier

L'évaluation du chiffre d'affaires engendré par une entreprise présente une information pertinente, bien qu'elle demeure insuffisante pour appréhender sa santé globale, de façon similaire à la manière dont le PIB ne rend pas compte de l'état de richesse d'un pays dans tous ses aspects. Toutefois, il est essentiel de connaître les niveaux d'activité précédents afin d'être en mesure d'apprécier les résultats obtenus dans l'expérience présentée au chapitre 7.

Dans le cas de l'année en cours, et sur la période correspondant à l'expérience menée ici, la base de données de l'ERP a été sollicitée au moyen de la requête suivante :

```
1 SELECT SUM(COM_TOTAL_HT)
2 FROM COMMANDE_CLIENT
3 WHERE COM_VAL="Validée"
4 AND COM_DATE BETWEEN #03/10/2022# AND #10/02/2023# ;
```

Ce tableau produit les résultats successifs des dix dernières années sur la période. La troisième colonne affiche le pourcentage de variation du chiffre d'affaires d'une année sur l'autre.

ANNÉE	CA HT	VAR.
2014	184782 €	NP
2015	168967 €	- 8,56%
2016	162858 €	- 3,62%
2017	147493 €	- 9,43%
2018	91475 €	- 37,99%
2019	90191 €	- 1,40%
2020	62440 €	- 30,77%
2021	70292 €	+ 12,58%
2022	105110 €	+ 49,53%
2023	61353 €	- 41,63%

TABLE 8.1 – CA HT du 03/10 au 10/02 (par année) Cortex-Informatique et Ai-Soft

S'agissant de la marge, l'ERP disposait de toutes les valeurs dont nous avons besoin pour réaliser un tableau comparatif. Cependant, il n'est pas question dans cette étude de déterminer si le logiciel a eu une influence sur la marge, qui n'est autre qu'un critère d'évaluation pour classer les alternatives. Il s'agit simplement de s'assurer que dans la mesure où la marge est une préoccupation pour le décideur, et qu'il a prévu de saisir une correspondance entre chaque alternative et le niveau de marge qui lui est associé, alors le logiciel calculera son incidence dans la théorie des jeux, tout comme cela a été montré dans le chapitre de l'expérimentation avec la performance commerciale et le critère du chiffre d'affaires. Comme cela n'a pas été son souhait, l'évaluation de ce critère n'est pas traité dans ce bilan.

8.2.2.2 Sur le plan organisationnel

L'un des axes cruciaux de ce travail était de déterminer dans quelle mesure le logiciel pourrait influencer la gestion du temps de travail des collaborateurs par l'atténuation d'une part

de responsabilité dans le choix qui s'offre à eux quant aux actions possibles dans l'utilisation de l'ERP.

Jusqu'alors, des réunions hebdomadaires étaient organisées de façon à définir les plans d'action et leur répartition au sein de l'équipe commerciale. L'affectation d'une tâche particulière dépendait le plus souvent du choix du responsable et de sa capacité à répartir le travail avec précision. Malheureusement, les rôles attribués n'étaient pas invariablement bien perçus par le personnel qui avait parfois le sentiment d'être défavorisé au profit d'un autre, et inversement.

Par ailleurs, la responsabilité de devoir déterminer quelle politique commerciale est la plus adaptée dans un contexte de décroissance perpétuelle depuis plus de 10 ans est un poids dont le décideur s'allègerait bien volontiers. Or, le fait de s'y soustraire reviendrait à transmettre cette charge à l'un de ses collaborateurs, ou même plusieurs, augmentant probablement leur angoisse vis à vis des répercussions de leur choix, et leur crispation au coeur de l'équipe.

8.2.2.3 Sur le plan de la satisfaction client

Cortex-Informatique et Ai-Soft n'ont jamais procédé à des campagnes d'évaluation de la satisfaction client avant la mise en place de cette expérimentation. De ce fait, il n'a pas été possible de déterminer un niveau de départ qui aurait pu servir de référentiel aux résultats finaux. Cependant, la clientèle a des habitudes de fidélité mesurables grâce aux données présentes dans l'ERP Cortex-Gestion, dans la partie CRM.

Ainsi, seulement 33% des clients n'ont effectué qu'un seul achat au cours des deux dernières années. Et, parmi ces clients, 72% étaient domiciliés en dehors du département de la Haute-Garonne. Ces informations ne prouvent pas scientifiquement un niveau élevé de satisfaction, néanmoins elles attestent que la plupart des clients reviennent. Or, si les clients choisissent de revenir, c'est probablement qu'ils n'ont pas été déçus des produits ou services qu'ils y ont consommés. De façon à disposer d'un élément de référence pour évaluer la satisfaction client, nous l'établissons donc à 67%, qui correspond au taux de retour de ces deux dernières années. Ce chiffre provient d'une moyenne entre le ratio des clients déjà présents en 2020, qui sont revenus en 2021 au moins une fois et celui des clients déjà présents en 2021, qui sont revenus en 2022 au moins une fois.

$$\text{Satisfaction Client} = \frac{1}{2} \left(\frac{3120}{4827} + \frac{3549}{5126} \right) \times 100 \quad (8.1)$$

$$= \frac{1}{2} (0,64636 + 0,69235) \times 100 \quad (8.2)$$

$$= 66,93550\% \quad (8.3)$$

$$(8.4)$$

8.2.3 Données chiffrées du secteur

Le secteur tertiaire, y compris le secteur des services informatiques, a connu une évolution significative pendant la crise sanitaire en France. En raison des mesures de distanciation sociale et des restrictions imposées pour contenir la propagation du virus, de nombreuses entreprises ont été contraintes d'adopter le travail à distance et de s'appuyer davantage sur les services informatiques pour maintenir leurs opérations.

Dans un premier temps, la demande de services informatiques a connu une hausse importante, car de nombreuses entreprises ont dû mettre en place des solutions de travail à distance, de cybersécurité renforcée et de communication en ligne. Les services de support informatique, de développement d'applications, de gestion de réseaux et de stockage de données ont été sollicités pour assurer la continuité des activités.

Cependant, la crise sanitaire a également entraîné des défis pour ce secteur. Certaines entreprises ont été confrontées à des réductions de budget et ont dû reporter ou annuler des projets informatiques non essentiels. De plus, les délais de mise en œuvre des projets ont pu être affectés en raison de la complexité logistique liée au télétravail généralisé et à la coordination à distance des équipes. Les entreprises de petite taille ont souffert de la contraction violente de la consommation des ménages, si bien que certaines n'ont pas résisté, comme en témoigne le graphique publié par l'INSEE.

Aujourd'hui encore, alors que l'INSEE fait état d'un taux de croissance du PIB de 0,2% pour le premier trimestre 2023, les petites entreprises du secteur sont en situation de grande fragilité.

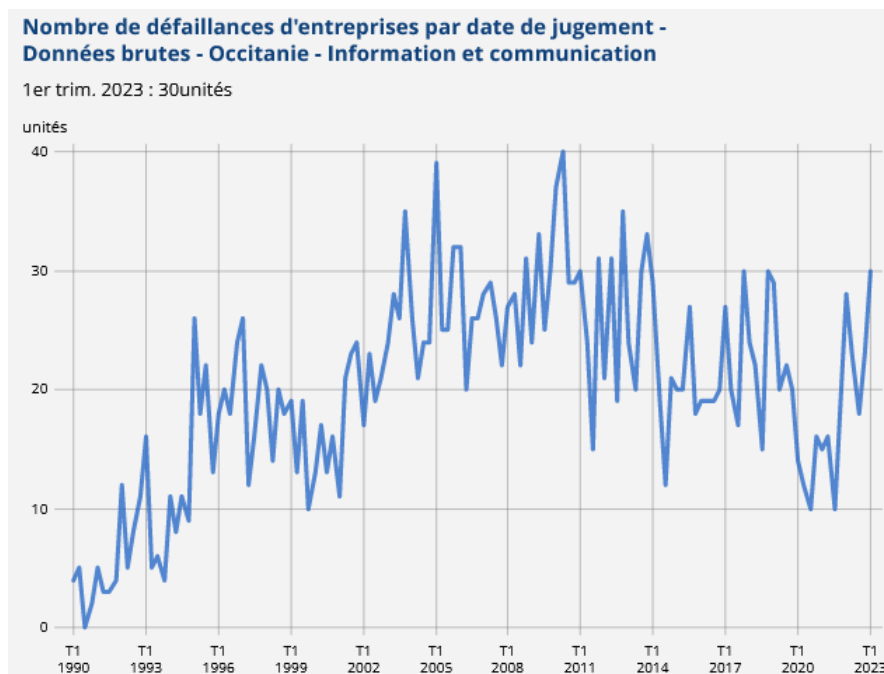


FIGURE 8.1 – Défaillances d’entreprises du numérique en Occitanie - INSEE - 2023

8.3 Données d’activité après expérimentation

8.3.1 Sur le plan financier

A la lecture des diminutions répétées du chiffre d’affaires au cours des six premières années, une chute plus radicale aurait pu être attendue à partir de 2021. Pourtant, le contraire s’est produit.

Les valeurs observées pour 2021 et 2022, au coeur de la crise sanitaire et du conflit en Ukraine, nécessitent d’être expliquées plus en détail. En effet, un projet d’envergure de développement d’application mobile (106000 € HT) a été signé en tout début d’année 2021, donnant lieu à une première facturation d’un acompte de 20000 € HT dès le mois de janvier, et d’autres encore en 2022 et 2023. Ce projet n’ayant aucun rapport avec la performance commerciale qui est l’objet de notre étude, il convenait d’extraire les facturations relatives à ce projet du tableau précédent.

Ainsi, la figure 8.2 harmonise la tendance de la baisse du chiffre d’affaires liée à la performance commerciale sur la période concernée. Les valeurs reflètent exclusivement les ventes de biens et de services réalisées par le service commercial à partir des outils mis à leur disposition par l’entreprise et leur savoir-faire. Calculons la baisse moyenne en pourcentage entre

2015 et 2022 pour connaître la tendance :

$$\text{RM} = \frac{-8,56\% - 3,62\% - 9,43\% - 37,99\% - 1,40\% - 30,77\% - 19,46\% - 4,34\%}{8} \quad (8.5)$$

$$= \frac{-115,59\%}{8} \quad (8.6)$$

$$= -14,45\% \quad (8.7)$$

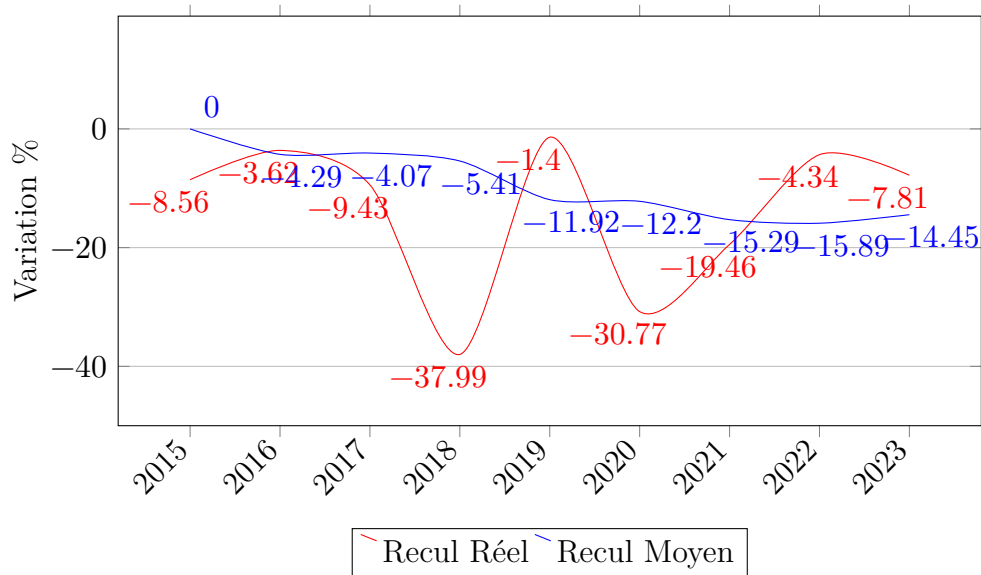


FIGURE 8.2 – Courbes comparatives des reculs du CA HT du 03/10 au 10/02 (par année) diminué du projet d’application mobile

Le recul moyen (RM) d’une année sur l’autre calculé à partir des observations est de -14,45%. Cette tendance est alors applicable à l’année 2023. Cependant, le recul a été approximativement deux fois moins important avec -7,81%. Les effets du logiciel de recommandation expliquent potentiellement ce résultat, en ayant guidé les utilisateurs vers des choix plus pertinents dont les conséquences ont infléchi la tendance à la baisse du CA sur la période.

8.3.2 Sur le plan organisationnel

L’usage du logiciel de recommandation a bouleversé les pratiques, et s’est révélé très performant dans son rôle de substitut du décideur. Sa légitimité n’avait pas de raison apparente d’être mise en doute puisque ses recommandations provenaient de l’analyse des préférences des utilisateurs eux-mêmes. La grande subtilité d’un tel logiciel réside avant tout dans cette

légitimité. Il serait a priori malvenu de contredire une décision dont on est soi-même à l'origine. Dès lors, même si cette décision (ou recommandation) nous paraît injuste on aura tendance, à tort ou à raison, à ne pas s'y opposer, au risque de nager en plein paradoxe.

Dans les faits, les réunions hebdomadaires d'attribution des tâches et de stratégie commerciale ont disparu. La politique commerciale se résumait aux trois alternatives du logiciel et leur affectation découlait des préférences des collaborateurs. Les tensions s'en sont allées avec les réunions, laissant place à la curiosité, et à l'empressement de la découverte des effets du logiciel sur les ventes. Mais en attendant ces résultats, la plupart des utilisateurs ont reconnu qu'ils ressentaient un apaisement d'une part et un gain de temps d'autre part. Si le fait que le niveau des ventes ait augmenté durant la période d'expérimentation est une information intéressante, le gain de temps est certainement la conclusion qui est de loin la plus précieuse.

Le sujet principal de ce travail étant le temps, nous avons essayé de déterminer dans quelles mesures concrètes cette perception pouvait s'expliquer. Le sentiment de gain de temps constitue une petite victoire mais cela n'est pas qualifié scientifiquement. Pour être quantifiable, ce premier avis nécessitait des précisions.

Ce qui a été significatif, de façon unanime, c'est le temps gagné par la disparition des réunions. Une heure par semaine, parfois plus en fonction de l'efficacité des participants et de la qualité des supports de décision. Du côté des décideurs, on s'approche des trois heures par semaine, puisqu'il y avait un temps de préparation et d'analyse des données commerciales afin d'adapter la stratégie et de positionner les membres de l'équipe sur la grille d'assignation des tâches. Un élément probant vient appuyer cette sensation de gain de temps. Habituellement, la communication relative aux décisions commerciales sur les réseaux sociaux et les sites web n'atteignait pas les objectifs. En effet, étant réalisée par l'un des membres de l'équipe qui était également en charge d'assurer son activité ordinaire, elle était considérée comme secondaire et souvent mise de côté. Or, durant toute la période d'expérimentation, la communication a été menée à terme. Les trois rotations autour de cette tâche n'ont pas représenté un travail perçu comme chronophage et devant être écarté. Cette information est un élément quantifiable qui témoigne d'un réel changement provenant de la mise en place du logiciel de recommandation.

8.3.3 Sur le plan de la satisfaction client

Mesurer la satisfaction client est une tâche complexe qui présente divers défis. Tout d'abord, il s'agit d'un concept subjectif qui peut varier d'un individu à l'autre. Chaque client

a des attentes différentes, des besoins spécifiques et des critères personnels pour évaluer la qualité d'un produit ou d'un service. Il est donc difficile de capturer et de quantifier cette satisfaction de manière objective.

De plus, la satisfaction client est une expérience émotionnelle et contextuelle qui peut évoluer dans le temps. Les clients peuvent être influencés par divers facteurs tels que leur humeur, leur expérience passée, les interactions avec le personnel de l'entreprise, les circonstances externes, etc. Il est donc crucial de prendre en compte ces aspects pour obtenir une mesure précise et complète de la satisfaction client.

Un autre défi réside dans le choix des méthodes de collecte des données. Les questionnaires, les enquêtes, les entretiens et les observations sont couramment utilisés pour mesurer la satisfaction client, mais chaque méthode présente des avantages et des limites. Les questionnaires peuvent être biaisés par des réponses socialement souhaitables, les entretiens peuvent être influencés par le biais de l'intervieweur, et les observations peuvent ne pas refléter les émotions et les sentiments réels des clients.

Enfin, la satisfaction client peut être influencée par des facteurs externes tels que la concurrence, les tendances du marché ou les changements technologiques. Ces facteurs peuvent rendre la mesure de la satisfaction client encore plus difficile, car ils introduisent des variables indépendantes qui peuvent avoir un impact sur les résultats.

Dans cette étude, nous avons choisi de mettre à disposition des clients un questionnaire en ligne, et de les inviter à le renseigner à des fins d'amélioration de service. Le taux de remplissage a été plutôt faible, de l'ordre de 19% lors de la première phase d'expérimentation. Comme ce taux nous a semblé décevant, nous avons opté pour une stratégie plus agressive, qui a consisté à ouvrir le questionnaire et le remplir avec le client directement au comptoir pour ceux qui étaient sur site, sinon par téléphone le cas échéant. Cette méthode a été mise en application dès la deuxième phase, haussant le taux de participation à 64%.

Ce tableau affiche les niveaux de satisfaction en fonction des alternatives qui correspondent au traitement commercial dont il ont bénéficié. Les différents niveaux sont respectivement :

— NS : Non Satisfait

CORTEX-GESTION © ACCUEIL FONCTIONNALITÉS ENTREPRISE CLIENTS CONTACT CONNEXION PARTENARIAT

ENQUÊTE SATISFACTION

14/12/2022

Type de contact

Pour quel motif avez-vous été contacté(e) ?

Relance Facture
 Campagne Promotion
 Produit Ciblé

Evaluation Expérience

1) A quel niveau évaluez-vous votre satisfaction ?

Non Satisfait(e)
 Moyennement Satisfait(e)
 Satisfait(e)
 Très Satisfait(e)

2) Diriez-vous que votre satisfaction est aujourd'hui plus élevée que lors de votre dernière visite ?

Oui
 Non

ENVOYER

FIGURE 8.3 – Enquête de satisfaction en ligne

ALTER. \SATIS.	NS	MS	S	TS
Relance des factures	8,76%	17,43%	51,11%	22,70%
Génération des promotions	3,65%	7,36%	31,52%	57,47%
Analyse des ventes	4,92%	9,25%	48,26%	37,57%
TOTAL	5,78%	11,35%	43,63%	39,25%

TABLE 8.2 – Taux de satisfaction client par alternative

- MS : Moyennement Satisfait
- S : Satisfait
- TS : Très Satisfait

En cumulant les pourcentages des niveaux satisfaisant et très satisfaisant, on atteint un

taux de 82,88%. Nous pouvons en déduire que la clientèle, au cours de la période concernée par l'expérimentation, a globalement été satisfaite de son expérience avec l'entreprise hôte. En le comparant au chiffre de référence de 67% qui correspond à notre évaluation préalable à l'expérimentation, cela constitue une amélioration significative. Toutefois, afin de disposer d'une information plus complète, le questionnaire prévoyait d'évaluer cette expérience et de la comparer aux précédentes, avec la question suivante :

Diriez-vous que votre niveau de satisfaction est aujourd'hui plus élevé que lors de votre dernière visite ?

Ceci permet d'évaluer la variation du niveau de satisfaction des clients fidèles et d'identifier si un progrès a été constaté. Sans avoir la prétention d'en déduire que la mise en place du système de recommandation a augmenté le niveau de satisfaction des clients, on pourrait simplement présumer que l'utilisation du système a eu une incidence sur l'ambiance générale au sein de l'équipe, en libérant du temps et en tranquillisant ses membres, et que ces changements ont été ressentis par les clients.

ALTER. \ Satisf.	OUI	NON
Relance des factures	68,01%	31,99%
Génération des promotions	74,98%	25,02%
Analyse des ventes	51,03%	48,97%
TOTAL	64,67%	35,33%

TABLE 8.3 – Variation de la satisfaction client par alternative

Ce tableau révèle un niveau de satisfaction général plutôt meilleur au cours de la période d'expérimentation qu'auparavant. Cela nous permet de conclure que le logiciel a, au mieux, amélioré sensiblement le niveau de satisfaction de la clientèle de l'entreprise hôte, ou bien qu'au pire, il ne l'a pas dégradé.

8.4 Conclusion

Au terme de cette étude expérimentale d'une durée de près de cinq mois, incluant une équipe de six personnes, nous pouvons conclure que le logiciel de recommandation GTiA basé sur un modèle de recommandation multi-acteur a révélé son impact significatif sur la performance commerciale. D'une part, ce logiciel a permis de réduire la perte attendue de chiffre d'affaires de l'entreprise hôte en identifiant les meilleures alternatives en fonction des critères préétablis. D'autre part, en améliorant et en simplifiant le processus décisionnel, il a permis aux collaborateurs de libérer un temps précieux, qui a pu être réaffecté à des tâches importantes mais jusqu'alors négligées.

La réduction de la perte de chiffre d'affaires et la libération de temps pour les collaborateurs ne sont pas seulement des bénéfices immédiats, mais également des indicateurs clés de performance pour une entreprise. En optimisant les décisions commerciales, le logiciel de recommandation permet de saisir de nouvelles opportunités, de minimiser les risques et d'améliorer la rentabilité globale. De plus, la disponibilité de ressources temporelles précieuses permet aux collaborateurs de se concentrer sur des tâches d'expertise pour lesquelles leurs compétences sont indispensables.

Cette expérimentation visait principalement à prouver que le logiciel était fonctionnel avec les critères et les alternatives initialement sélectionnés. Cette démonstration de faisabilité revêt une importance cruciale, car elle ouvre la voie à l'extension du logiciel à d'autres secteurs et à l'utilisation de critères et d'alternatives spécifiques à ces domaines. Sur le plan scientifique, l'étude détaillée du fonctionnement en conditions réelles du logiciel et des conséquences de ses recommandations a fourni des informations utiles. Le modèle d'agrégation combinant la méthode AHP et la théorie des jeux est valable, puisqu'il a apporté une double valeur ajoutée à l'entreprise : la diminution de la perte de chiffre d'affaires et la libération de temps précieux pour les utilisateurs.

Conclusion Générale

Dans le cadre de la digitalisation de l'économie, toutes les entreprises sont incitées, tant par les institutions étatiques que par le marché, à utiliser des logiciels pour gérer leur activité. A tel point que cette transition digitale entre dans des programmes d'accompagnement de la part des régions, des dispositifs d'aides directes ou indirectes, afin d'assurer le maintien et le développement de la compétitivité des entreprises, et de favoriser la transformation numérique. L'intelligence artificielle est l'une des grandes innovations numériques dont aucun pays ne voudrait être à l'écart tant les enjeux sont importants.

Les entreprises sont au cœur de cette transformation et comptent sur l'intelligence artificielle pour révolutionner progressivement leur mode de fonctionnement, notamment en les soulageant des tâches les plus fastidieuses, au profit d'autres nécessitant plus d'expertise.

Au cours des dernières années, les ERP ont intégré des fonctionnalités dont la performance et la stabilité ont permis d'améliorer considérablement le fonctionnement interne des entreprises. Néanmoins, aucun n'a proposé un module permettant de gérer l'activité des collaborateurs sur le logiciel afin de les guider dans leur utilisation, tout en respectant la politique ou la stratégie imposée par la direction, et les préférences des utilisateurs eux-mêmes. Le développement de GTiA, né de ce vide, s'est étendu sur plusieurs mois, répartis en plusieurs phases opérationnelles, à savoir la réalisation de l'interface, le développement du modèle de recommandation, et l'intégration à l'ERP hôte.

L'interface a été conçue en réponse à de multiples contraintes, à la fois esthétiques, fonctionnelles et techniques. Lorsque la cible est une organisation, l'expérience utilisateur est décisive, puisqu'elle conditionne et s'inscrit dans la conduite du changement. Aujourd'hui, quelque chose occupe l'espace qui autrefois était vide. Un changement est ainsi constaté. L'utilisateur est, quoi qu'il en soit, perturbé. L'objectif consiste à rendre cette perturbation positive. La première information qui parvient à l'utilisateur lors de la mise en place d'un nouvel outil logiciel est visuelle : l'interface graphique. Or, on a rarement deux occasions de faire une bonne première impression. Il est alors crucial de soigner l'esthétique. Si cette étape

est réussie, l'utilisateur est davantage en condition pour évaluer la performance fonctionnelle. La navigation doit être simple et logique, dans un ensemble sobre et accueillant. Ces notions, qui constituent l'ergonomie, sont essentielles pour que l'utilisateur s'approprie le nouvel outil et bouscule ses habitudes de travail pour l'y inclure. Enfin, la partie technique joue un rôle décisif, principalement sur l'appréciation du temps que l'utilisateur doit allouer pour obtenir une réponse pertinente du logiciel vis à vis de son besoin initial. La compatibilité des plateformes et la sécurité sont aussi des considérations techniques importantes. L'authentification de l'utilisateur doit être simple et robuste, tandis que l'accès au formulaire du logiciel depuis l'ERP hôte doit disposer du chemin le plus direct possible. Toutes ces exigences ont été prises en considération et la solution apportée à chacune d'entre elles a nécessité de la réflexion, du travail d'équipe et beaucoup de détermination.

Ce travail de recherche se démarque par l'intégration d'un modèle de recommandation multi-acteur, innovant par son utilisation d'une méthode d'agrégation fondée sur les principes de la théorie des jeux. L'idée d'utiliser la théorie des jeux a émergé lors de la recherche de solutions pour aborder les aspects complexes de la recommandation multi-acteur. En explorant différentes approches pour prendre en compte les interactions dynamiques entre les parties prenantes, il est apparu clairement qu'une méthode basée sur les stratégies et les résultats anticipés des acteurs pourrait offrir une solution prometteuse. Inspirée par le cadre analytique et les concepts émergents de la théorie des jeux, cette approche a été envisagée comme une façon novatrice d'aborder l'agrégation des préférences et des choix des acteurs, ouvrant ainsi la voie à un modèle de recommandation qui fusionne les disciplines de l'informatique et de l'économie, et s'alignant avec les problématiques spécifiques de la firme. Le passage du modèle théorique au code source dans Visual Studio a nécessité une translation des concepts de la théorie des jeux en algorithmes concrets. L'objectif était de garantir la robustesse, la fiabilité et les performances du système. Gérer efficacement les interactions entre les acteurs et maintenir des performances optimales étaient des aspects essentiels, nécessitant des tests rigoureux pour valider la solution.

L'intégration de GTiA à l'interface existante de l'ERP hôte a nécessité une approche minutieuse et anticipative pour garantir une transition fluide et une adoption réussie par les utilisateurs. Tout d'abord, une analyse de l'interface existante a été réalisée pour identifier les points d'intégration et les éventuelles incompatibilités. Ensuite, des tests et des simulations ont été effectués pour évaluer l'impact de l'intégration sur l'expérience utilisateur et anticiper les éventuelles critiques ou réticences. Parallèlement, une stratégie de conduite du changement a été élaborée, mettant l'accent sur la communication proactive, la formation adéquate et l'implication des utilisateurs dès les premières étapes du processus. Des séances de sensibilisation et de démonstration ont été organisées pour expliquer les avantages du

nouveau logiciel et répondre aux questions ou préoccupations des utilisateurs. Enfin, un suivi continu a été assuré après le déploiement, permettant d'apporter des ajustements en fonction des retours d'expérience et d'assurer une adoption optimale du nouveau système.

L'une des grandes problématiques traitées dans cette étude était le temps, et plus particulièrement le temps de travail des collaborateurs dans l'organisation. Si cette notion paraissait un peu vague lorsqu'elle a été introduite dans l'état de l'art, et que son traitement était à mi chemin entre une analyse philosophique et technique appliquée au management, elle est devenue très concrète lors des phases suivantes. Il était question de la gestion du temps au même titre que de la performance commerciale, ainsi l'un ne pouvait pas se substituer à l'autre. En maximisant la productivité et en minimisant les délais, une gestion rigoureuse du temps contribue à améliorer l'efficacité opérationnelle et à renforcer la compétitivité de l'entreprise. Or, lorsque les processus internes d'une organisation sont dictés par un ERP, les utilisateurs doivent consacrer un temps considérable à l'accomplissement des tâches nécessaires au maintien opérationnel du logiciel. Dans un monde où les données jouent un rôle prépondérant, cette charge de travail devient particulièrement significative. En ciblant le pôle commercial dans l'utilisation de GTiA, un double intérêt était envisagé. D'une part, l'évaluation de la différence de qualité de traitement des tâches à exécuter, et d'autre part, le gain de temps associé. Les instruments de mesure déployés pour ces évaluations, exposés lors de la phase expérimentale, ont conduit à plusieurs constats positifs et encourageants.

En optimisant les décisions commerciales, GTiA a ouvert l'accès à de nouvelles opportunités. La réduction du temps consacré à des tâches répétitives et chronophages a libéré non seulement du temps pour les collaborateurs, mais amélioré également leur bien-être au travail. En disposant de plus de temps pour se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée et plus stimulantes, les collaborateurs ont pu exprimer leur expertise et leur créativité de manière plus significative. Cette valorisation de leur contribution a renforcé leur motivation et leur engagement, conduisant à une augmentation de leur satisfaction au travail et à une amélioration de leur bien-être général. En conséquence, une meilleure disponibilité pour se consacrer à des tâches de performance a pu être observée, ce qui a contribué à accroître l'efficacité globale de l'entreprise.

Par ailleurs, le niveau général de la satisfaction client, qui était aussi l'un des facteurs clés de cette étude, est passé de 67% avant la mise en place de GTiA à 82,88% au terme de la phase expérimentale. La satisfaction client a ainsi augmenté de 23,21% depuis la mise en place de GTiA, ce qui est non négligeable. Au delà des points de contrôle mis en place dans le questionnaire de satisfaction présenté dans le chapitre du bilan, cette hausse s'explique probablement par une plus grande disponibilité du personnel vis à vis des clients, en raison de l'aide apportée par le logiciel.

Les perspectives d'amélioration de GTiA pourraient s'envisager avec l'intégration du machine learning, tel que des algorithmes de recommandation basés sur le filtrage collaboratif ou les réseaux de neurones. Tout d'abord, en utilisant des données transactionnelles historiques et comportementales des utilisateurs, il serait possible d'entraîner des modèles pour une recommandation plus précise et personnalisée. Les features pourraient inclure les achats précédents, les interactions avec le système, les préférences déclarées et les performances commerciales individuelles. La target pourrait être la probabilité d'achat ou la satisfaction client. En adaptant ces modèles en temps réel à partir des données en continu, le système de recommandation pourrait rester pertinent face aux évolutions du marché et aux changements dans les comportements des utilisateurs. Les algorithmes de machine learning permettraient également d'identifier des patterns et des corrélations complexes dans les données, offrant ainsi un meilleur traitement des dynamiques commerciales et des opportunités de croissance. Par ailleurs, en étendant le système à d'autres divisions de l'organisation telles que les achats, les ressources humaines ou la gestion de projet, où l'utilisation de l'ERP est également chronophage, plusieurs intérêts pourraient être observés. Dans le domaine des achats, l'application du système de recommandation pourrait aider les responsables à identifier rapidement les fournisseurs les plus adaptés en fonction des besoins spécifiques de l'entreprise, réduisant ainsi le temps passé à rechercher des partenaires potentiels et à négocier des contrats. Pour les ressources humaines, le système pourrait fournir des recommandations pour le recrutement et la gestion des talents, facilitant ainsi le processus de sélection et de rétention des employés qualifiés, tout en réduisant les délais de recrutement. Concernant la gestion de projet, le système pourrait recommander des méthodologies spécifiques en fonction des caractéristiques du projet, telles que la méthodologie agile pour les projets nécessitant une flexibilité et une adaptation rapides, ou la méthode en cascade pour les projets avec des exigences et des livrables clairement définis. De plus, le système pourrait suggérer des outils et des logiciels appropriés pour la gestion des tâches, la collaboration d'équipe et le suivi des progrès, aidant ainsi les gestionnaires de projet à choisir les meilleures solutions pour leurs besoins spécifiques. Aussi, le système pourrait contribuer à réduire les risques de retard et de dépassement de budget.

Bibliographie

- [1] A. Tsoukiàs, “On the concept of decision aiding process,” *Annals of Operations Research*, 2005.
- [2] S. Davran, “Le dirigeant de personne morale peut-il être considéré comme une entreprise au sens de l’article i.1er du code de droit économique ?,” *Université de Liège*, 2022.
- [3] P. Lassegue, “Le profit et le bénéfice de l’entreprise.,” *Revue Économique*, vol. 14, no. 6, 1963.
- [4] A. Jacquemin, “Stratégies d’entreprise et politique de la concurrence dans le marché unique européen,” *Revue d’économie industrielle*, vol. 57, pp. 7–24, 1991.
- [5] F. Meyssonier and F. Pourtier, “Erp, changement organisationnel et contrôle de gestion.,” *Normes et Mondialisation*, pp. 3–10, 2004.
- [6] Y. Kocoglu and F. Moatty, “Les erp entre mythe et réalités : les stratégies d’intégration fonctionnelle des entreprises françaises en 2006,” *Centre d’études de l’emploi*, pp. 5–23, 2012.
- [7] P. Besson, “Les erp à l’épreuve de l’organisation,” *Systèmes d’Information et Management*, vol. 4, no. 4, pp. 4–9, 1999.
- [8] A. Strohmeier, “Cycle de vie du logiciel,” *Génie logiciel : principes, méthodes et techniques*, 2000.
- [9] C. Teuscher, “Alan turing se fraye un chemin jusqu’à la place de l’ordinateur,” *Electrical and Computer Engineering*, vol. 57, pp. 18–19, 2009.
- [10] J. V. Neumann, *Théorie générale et logique des automates*. Editions Champ Vallon, 1996.
- [11] L. Bloch, “La conversion à unix un exemple de prophétisme informatique ?,” *Cahiers d’histoire du Cnam : La recherche sur les systèmes : des pivots dans l’histoire de l’informatique*, vol. 7, pp. 129–144, 2017.

- [12] R. L. Wexelblat, *History of Programming Languages*. Academic Press, 1981.
- [13] F. Fontane, “Essai de définition des erp,” *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 21, no. 4, pp. 6–10, 2002.
- [14] B. Randell, “The origins of computer programming,” *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 16, pp. 6–14, 1994.
- [15] F. Z. Chaib and M. Haouli, “Les systèmes d’information, nouvel outil stratégique,” pp. 346–355, 2012.
- [16] H. S. Oluwatosin, “Client-server model,” *IOSR Journal of Computer Engineering*, vol. 16, no. 9, pp. 67–71, 2014.
- [17] M. Bertocco, F. Ferraris, C. Offelli, and M. Parvis, “A client-server architecture for distributed measurement systems,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 16, no. 9, pp. 67–71, 2014.
- [18] T. Socolofsky and C. Kale, *A TCP/IP Tutorial*. Spider Systems Limited, 1991.
- [19] K. R. Fall and W. R. Stevens, *TCP/IP Illustrated : The Protocols, Volume 1*. Pearson, 2011.
- [20] N. Boussoualim, “Etude et mise en oeuvre d’un modèle de publication et de découverte des applications saas,” *Electrical and Computer Engineering*, pp. 93–97, 2012.
- [21] M. Nonjon and G. Marrel, “Gouverner par les architectures informatiques. logiciels et progiciels de gestion intégrée dans le secteur social,” *Gouvernement et action publique*, vol. 4, no. 2, pp. 9–24, 2015.
- [22] F. Schlotter, “L’erp et la transformation numérique,” 2021.
- [23] D. Salber, “De l’interaction homme-machine individuelle aux systèmes multi-utilisateurs,” 1995.
- [24] S. Mueller, *Le PC : Architecture, maintenance et mise à niveau*. Pearson, 2008.
- [25] R. Malek and S. Patrick, *Les réseaux informatiques : conception et optimisation*. Technip, 2006.
- [26] N. Boussoualim, *Etude et mise en oeuvre d’un modèle de publication et de découverte des applications saas” software as a service”*. PhD thesis, 2012.
- [27] G. Ali, *Une contribution à la gestion des applications SaaS mutualisées dans le cloud : approche par externalisation*. PhD thesis, Université de Bretagne-Sud, 2013.
- [28] R. Cannone and J. Damret, “Résultat d’une enquête sur l’implantation et l’utilisation des erp en france,” *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 21, no. 4, pp. 5–36, 2002.

- [29] D. Wagle, “The case for erp systems,” *Mc Kinsey Quaterly*, no. 2, pp. 130–138, 1998.
- [30] J.-L. Tomas, *ERP et progiciels de gestion intégrés : sélection, déploiement et utilisation opérationnelle : les bases du SCM et du CRM*. Dunod, 2003.
- [31] R. Reix, “Changements organisationnels et technologies de l’information,” *Cahiers du GREGO (Montpellier 2)*, no. 12, 2002.
- [32] F. Zohra, *L’impact de l’ERP sur le processus de gestion budgétaire*. PhD thesis, 2020.
- [33] F. Rodhain, B. Fallery, A. Girard, and S. Desq, “Une histoire de la recherche en systèmes d’information, à travers 30 trente ans de publications.,” *Entreprises et Histoire*, vol. 60, pp. 78–97, 2010.
- [34] C. Quelennec, “Erp, levier de transformation de l’entreprise.,” *Hermès Science*, 2007.
- [35] J. Printz, *Architecture logicielle - 3e édition : Concevoir des applications simples, sûres et adaptables*. Dunod, 2012.
- [36] C. Ozanne, *Conception d’applications client-serveur : modèles d’architecture fonctionnelle et opérationnelle*. PhD thesis, Université Paris 6, 1996.
- [37] A. Yanuarizki, L. Charles, I. H. Purnomo, and J. Arkav, “Toward cloud computing reference architecture : Cloud service management perspective,” pp. 1–4, 2013.
- [38] K. Won, “Cloud computing : Today and tomorrow.,” *J. Object Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 65–72, 2009.
- [39] E. Mohamed, N. Eman, and G. Mervat, “Benefits and challenges of cloud erp systems : A systematic literature review,” *Future Computing and Informatics Journal*, vol. 1, no. 1-2, pp. 1–9, 2016.
- [40] P. Boutin, *Définition d’une méthodologie de mise en oeuvre et de prototypage d’un progiciel de gestion d’entreprise (ERP)*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2001.
- [41] C. Bernier, C. Bareil, and A. Rondeau, “Transformer l’organisation par la mise en oeuvre d’un erp : une appropriation à trois niveaux,” *Gestion*, vol. 27, no. 4, pp. 24–33, 2002.
- [42] F. Meyssonier and F. Pourtier, “Erp, changement organisationnel et contrôle de gestion,” 2004.
- [43] N. Amzil, L. Faqir, and M. E. Haddad, “L’impact de la qualité de système erp sur la performance financière de l’entreprise,” *Revue Française d’Economie et de Gestion*, vol. 4, no. 4, 2023.
- [44] G. Baglin, S. Lamouri, and A. Thomas, *Maîtriser les progiciels ERP*. Editions Economica, 2015.

- [45] M. Lotfi, “Le pilotage de la performance par les erp : Quelle démarche stratégique?,” *Geopolitics and Geostrategic Intelligence*, vol. 1, no. 1, pp. 20–35, 2018.
- [46] J. Reimer, “A history of the gui,” *Ars Technica*, vol. 5, pp. 1–17, 2005.
- [47] L. Sebastian, E. Hendrik, and B. Steffen, “Scalability, elasticity, and efficiency in cloud computing : A systematic literature review of definitions and metrics,” in *Proceedings of the 11th international ACM SIGSOFT conference on quality of software architectures*, pp. 83–92, 2015.
- [48] F. Deltour, M. Farajallah, and V. Lethiais, “L’équipement des pme en systèmes erp : une adoption guidée par les priorités stratégiques?,” *Management international*, vol. 18, no. 2, pp. 155–168, 2014.
- [49] J. Bradley and C. C. Lee, “Erp training and user satisfaction : A case study,” *International Journal of Enterprise Information Systems (IJEIS)*, vol. 3, no. 4, pp. 33–50, 2007.
- [50] S. Ashish and C. Kakali, “Cloud security issues and challenges : A survey,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 79, pp. 88–115, 2017.
- [51] O. Ahmed, O. Chafik, and A. Boujema, “Les déterminants de l’influence des erp sur le processus de prise de décision,” *Logistique*, 2016.
- [52] A. Houndjo, “Facteurs affectant l’efficacité du système de contrôle de gestion dans les entreprises publiques béninoises : forces et faiblesses?,” *Revue Française d’Economie et de Gestion*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [53] J.-G. Bernard, S. Rivard, and B. Aubert, “L’exposition au risque d’implantation d’erp : éléments de mesure et d’atténuation,” *Systèmes d’information et management*, vol. 21, no. 2, pp. 89–114, 2016.
- [54] S. Radia and B. Moussa, “Les changements organisationnels et managériaux induits par l’implantation d’un erp : cas de l’entreprise alcost bejaia,” *Revue Economie et Société*, no. 12, pp. P107–110, 2016.
- [55] P. Roland and P. Richard, “Data integration and interoperability : Towards a model-driven and pattern-oriented approach,” *Modelling*, vol. 3, no. 1, pp. 105–126, 2022.
- [56] L. M. Jia, W. W. Yen, and H. M. Hao, “Next era of enterprise resource planning system review on traditional on-premise erp versus cloud-based erp : Factors influence decision on migration to cloud-based erp for malaysian smes/smis,” in *2017 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC)*, pp. 48–53, IEEE, 2017.
- [57] G. Shivam and M. Subhas, “Compliance, network, security and the people related factors in cloud erp implementation,” *International Journal of Communication Systems*, vol. 29, no. 8, pp. 1395–1419, 2016.

- [58] G. Pāvels, “Data analytics in crm processes : A literature review,” *Information Technology and Management Science*, vol. 20, no. 1, pp. 103–108, 2017.
- [59] H. Lesca, E. Lesca, N. Lesca, and M.-L. Caron-Fasan, *Gestion de l’information : Qualité de l’information et performances de l’entreprise*. EMS Editions, 2010.
- [60] J. Christian, Z. Patrick, and H. Kai, “Machine learning and deep learning,” *Electronic Markets*, vol. 31, no. 3, pp. 685–695, 2021.
- [61] S. Christof and K. Walter, “Nosql databases,” *Lecture Notes, Stuttgart Media University*, vol. 20, no. 24, p. 79, 2011.
- [62] K. Rakesh, P. B. Bhushan, G. Sakshi, S. Yougeshwary, and G. Neha, “Apache hadoop, nosql and newsql solutions of big data,” *International Journal of Advance Foundation and Research in Science & Engineering (IJAFRSE)*, vol. 1, no. 6, pp. 28–36, 2014.
- [63] L. Ramon, “Integration and virtualization of relational sql and nosql systems including mysql and mongodb,” in *2014 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, vol. 1, pp. 285–290, IEEE, 2014.
- [64] L. John, *Data governance : How to design, deploy, and sustain an effective data governance program*. Academic Press, 2019.
- [65] K. Selma, *Cycle de vie sémantique de conception de systèmes de stockage et manipulation de données*. PhD thesis, ISAE-ENSMA Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d’Aérotechnique-Poitiers, 2013.
- [66] S. Martin, D. Jörg, R. Herman, and L. Mario, “Big data storage,” *New Horizons for a Data-Driven Economy : A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*, pp. 119–141, 2016.
- [67] A. Delforge, “Comment (ré) concilier rgpd et big data?,” *Revue du Droit des Technologies de l’information*, vol. 70, pp. 15–29, 2018.
- [68] P. Pucheral, *Confidentialité des données*. Actes de DRUIDE, 2003.
- [69] A. Chan and A. Chan, “Key performance indicators for measuring construction success,” *New Horizons for a Data-Driven Economy : A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*, vol. 11, pp. 203–221, 2004.
- [70] A. A. Djoudi, *Administration et sécurité d’une plate-forme ERP*. PhD thesis, Université Mouloud Mammeri, 2020.
- [71] M. Imen and L. Mezghani, “L’implantation des erp et ingénierie du changement : Les déterminants de la satisfaction des utilisateurs d’un erp dans les entreprises tunisiennes.,” *XIIIème Conférence de l’Association Internationale de Management Stratégique*, 2003.

- [72] L. Agro, A. Cornet, and F. Pichault, “Systèmes d’information : quelle implication pour les utilisateurs ?,” *Revue Française de Gestion*, pp. 46–55, 1996.
- [73] H. de La Bruslerie, “Le temps, la finance et le management des entreprises,” *Revue française de gestion*, vol. 198-199, pp. 31–57, 2009.
- [74] L. Batsch, *Temps et Sciences de Gestion*. Economica, 2002.
- [75] M. Detchessahar, *L’entreprise délibérée : Refonder le management par le dialogue*. Nouvelle Cité, 2019.
- [76] J. Chandan, *Management theory & practice*. Vikas Publishing House, 2002.
- [77] E. Dale, *Management : theory and practice*. Rex Bookstore, 1965.
- [78] A. Koubi and S. Roux, “Une réinterprétation de la relation entre productivité et inégalités salariales dans les entreprises,” *Document de travail de la Dese*, vol. 13, 2006.
- [79] N. Ceci-Renaud and V. Cottet, “Politique salariale et performance des entreprises,” *Emploi et salaires*, pp. 25–38, 2012.
- [80] B. Aldebert and A. Rouzies, “Quelle place pour les méthodes mixtes dans la recherche francophone en management ?,” *Management international / International Management / Gestión Internacional*, vol. 19, no. 1, pp. 43–60, 2014.
- [81] J. Brillman and J. Hérard, *Les meilleures pratiques de management*. Editions Eyrolles, 2011.
- [82] B. Giesbrecht, “Pomodoro technique for time management.,” *White Papers*, vol. 19, 2015.
- [83] J. Sloan, “The management and decision-making style of president eisenhower.,” *Presidential Studies Quarterly*, vol. 20, no. 2, pp. 295–313, 1990.
- [84] R. Sanders, “The pareto principle : Its use and abuse,” *Journal of Services Marketing*, vol. 1, no. 2, pp. 37–40, 1987.
- [85] F. Chédotel, A. Stimec, and A. Vignikin, “Management des équipes projet : l’impact de la gestion des conflits et de l’improvisation organisationnelle sur la performance.,” *Revue de gestion des ressources humaines*, vol. 96, pp. 24–41, 2015.
- [86] R. Marciniak, “Management des projets informatiques : complexité et gestion des conflits,” *Systèmes d’Information et Management*, vol. 1, no. 1, 1996.
- [87] J. Lequeux, “Manager avec les erp,” *Les Editions d’organisation*, 2002.
- [88] F. A. Lootsma, “The french and the american school in multi-criteria decision analysis.,” *RAIRO-Operations Research*, vol. 24, no. 3, pp. 263–285, 1990.

- [89] S. B. Mena, “Introduction aux méthodes multicritères d’aide à la décision,” *Traitement du signal*, vol. 4, no. 2, pp. 83–93, 2000.
- [90] B. Roy and D. Bouyssou, *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*. Economica, 1993.
- [91] E. Makrem, W. Kalboussi, and A. Dhouibi, “Application de la méthode ahp pour le choix multicritères des fournisseurs.,” *Revue Marocaine de recherche en management et marketing*, no. 12, 2015.
- [92] J.-P. Brans and Y. D. Smet, “Promethee methods.,” *International Series in Operations Research Management Science*, vol. 233, 2016.
- [93] J. R. Figueira, V. Mousseau, and B. Roy, “Electre methods.,” *International Series in Operations Research Management Science*, vol. 233, pp. 155–185, 2016.
- [94] A. Berthoz, *Décision (La)*. Odile Jacob, 2003.
- [95] R. Nadeau and M. Landry, *L’Aide à la décision : nature, instruments et perspectives d’avenir*. Presses Université Laval, 1986.
- [96] H. A. Simon, *Administrative Behavior, 4th Edition*. Simon and Schuster, 2013.
- [97] J. Stiglitz, “Pareto optimality and competition.,” *The Journal of Finance*, vol. 36, no. 2, pp. 235–251, 1981.
- [98] B. Roy, “Critères multiples et modélisation des préférences (l’apport des relations de surclassement).,” *Revue d’économie politique*, vol. 84, no. 1, pp. 1–44, 1974.
- [99] L. Narens, “On the scales of measurement,” *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 24, no. 3, pp. 249–275, 1981.
- [100] M. Grabisch, “A constructive approach to multicriteria decision making.,” *Traitement du signal*, vol. 22, no. 4, p. 321, 2005.
- [101] E. Petit, “Le rôle des affects en économie,” *Revue d’économie politique*, vol. 119, no. 6, pp. 859–897, 2009.
- [102] T. Saaty, “Decision making with the analytic hierarchy process.,” *International journal of services sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83–98, 2008.
- [103] X. Zhou, Y. Hu, and Y. Deng, “A dematel-based completion method for incomplete pairwise comparison matrix in ahp,” *Annals of Operations Research*, vol. 271, p. 1045–1066, 2018.
- [104] T. Saaty and L. Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [105] C. A. Haydar, *Les systèmes de recommandation à base de confiance*. PhD thesis, Université de Lorraine, 2014.

- [106] L. Lü, M. Medo, C. H. Yeung, Y.-C. Zhang, Z.-K. Zhang, and T. Zhou, “Recommender systems,” *Physics Reports*, vol. 519, no. 1, pp. 1–49, 2012. Recommender Systems.
- [107] R. Burke, “Hybrid recommender systems : Survey and experiments.,” *User modeling and user-adapted interaction*, vol. 12, pp. 331–370, 2002.
- [108] B. Chandramouli, “Streamrec : a real-time recommender system.,” *Proceedings of the 2011 ACM SIGMOD International Conference on Management of data*, pp. 1243–1246, 2011.
- [109] B. Heinrich, “Data quality in recommender systems : the impact of completeness of item content data on prediction accuracy of recommender systems.,” *Electronic Markets*, vol. 31, pp. 389–409, 2021.
- [110] P. Resnick and H. R. Varian, “Recommender systems.,” *Communications of the ACM*, vol. 40, no. 3, pp. 56–58, 1997.
- [111] M. Pazzani and D. Billsus, *Content-Based Recommendation Systems*, pp. 325–341. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [112] G. Karypis and M. Deshpande, “Item-based top-n recommendation algorithms.,” *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 22, no. 1, pp. 143–177, 2004.
- [113] C. Zhaoliang and S. Wang, “A review on matrix completion for recommender systems.,” *Knowledge and Information Systems*, pp. 1–34, 2022.
- [114] H. Ma, H. Yang, and M. Lyu, “Sorec : social recommendation using probabilistic matrix factorization.,” *Proceedings of the 17th ACM conference on Information and knowledge management*, pp. 931–940, 2008.
- [115] M. Maurizio and E. Çano, “Hybrid recommender systems : A systematic literature review.,” *Intelligent data analysis*, vol. 21, no. 6, pp. 1487–1524, 2017.
- [116] M. Naumov and D. Mudigere, “Deep learning recommendation model for personalization and recommendation systems.,” *arXiv preprint*, 2019.
- [117] B. Sarwar, G. Karypis, and J. Konstan, “Item-based collaborative filtering recommendation algorithms.,” *Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web*, pp. 285–295, 2001.
- [118] C. Aggarwal and C. Aggarwal, “Model-based collaborative filtering.,” *Recommender systems : the textbook*, pp. 71–138, 2016.
- [119] S. Ghazarian and A. Mohammad, “Enhancing memory-based collaborative filtering for group recommender systems.,” *Expert systems with applications*, vol. 42, no. 7, pp. 3801–3812, 2015.

- [120] F. CACHEDA, V. CARNEIRO, D. FERNÁNDEZ, and V. FORMOSO, “Comparison of collaborative filtering algorithms : Limitations of current techniques and proposals for scalable, high-performance recommender systems.,” *ACM Transactions on the Web*, vol. 5, no. 1, pp. 1–33, 2011.
- [121] R. V. METEREN and M. V. METEREN, “Using content-based filtering for recommendation.,” *Proceedings of the machine learning in the new information age*, vol. 30, pp. 47–56, 2000.
- [122] J. SON and K. SEOUNG, “Content-based filtering for recommendation systems using multiattribute networks.,” *Expert Systems with Applications*, vol. 89, pp. 404–412, 2017.
- [123] Y. BOUZAROUR-AMOKRANE, A. TCHANGANI, and F. PÉRÈS, “Résolution des problèmes de décision de groupe par analyse bipolaire,” *5èmes Journées Doctorales / Journées Nationales MACS, 11*, 2013.
- [124] Y. ZHENG, “Multi-stakeholder recommendations : case studies, methods and challenges,” in *Proceedings of the 13th ACM Conference on Recommender Systems*, pp. 578–579, 2019.
- [125] S. MILANO, M. TADDEO, and L. FLORIDI, “Ethical aspects of multi-stakeholder recommendation systems,” *The information society*, vol. 37, no. 1, pp. 35–45, 2021.
- [126] S. FOMBA, *Décision multicritère : un système de recommandation pour le choix de l’opérateur d’agrégation*. PhD thesis, Université Toulouse 1 Capitole, 2018.
- [127] F. HAMADACHE, N. DIFFELLAH, and K. BENMAHAMMED, “Opérateurs d’agrégation : Moyenne arithmétique et géométrique pondérées,” *5th International Conference : Sciences of Electronic*, 2009.
- [128] V. MESSAGER, *Gestion de projet agile : avec Scrum, Lean, eXtreme Programming...* Editions Eyrolles, 2013.
- [129] A. COLLIGNON and J. SCHÖPFEL, “Méthodologie de gestion agile d’un projet. scrum—les principes de base.,” *I2D—Information données documents*, vol. 53, no. 2, pp. 12–15, 2016.
- [130] R. LEONARD, “From parlor games to social science : von neumann, morgenstern, and the creation of game theory 1928-1944.,” *Journal of economic literature*, vol. 33, no. 2, pp. 730–761, 1995.
- [131] D. KREPS, *Nash Equilibrium*, pp. 167–177. London : Palgrave Macmillan UK, 1989.
- [132] M. BACHARACH, *Zero-sum Games*, pp. 253–257. London : Palgrave Macmillan UK, 1989.
- [133] J. C. HARSANYI, “Games with incomplete information,” *The American Economic Review*, vol. 85, no. 3, pp. 291–303, 1995.

- [134] B. Slantchev, "Game theory : repeated games.," *Department of Political Science, University of California-San Diego*, pp. 1–19, 2004.

Annexe n°1

Code source : Formulaire d'évaluation des alternatives

```
1 Imports System.Data.OleDb
2
3 Public Class Form_AHP_Alt
4     Private Sub Form_AHP_Alt_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
5
6         FormBorderStyle = FormBorderStyle.None
7         BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
8         AutoSize = False
9         SizeGripStyle = SizeGripStyle.Hide
10        StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen
11
12        pnl_head.BackColor = Color.FromArgb(1, 3, 15)
13        pnl_foot.BackColor = Color.FromArgb(1, 3, 15)
14        pnl_critère.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
15        gb_critère.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
16
17        pnl_norm.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
18        gb_norm.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
19
20        pnl_consist.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
21        gb_consist.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
22
23        pnl_score.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
24        gb_score.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
25
26        lbl_titre.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
27
28        dgv_alt.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
29
30        dgv_alt.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
31
32        dgv_norm.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
33
34        dgv_norm.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
35
36        dgv_consist.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
37
38        dgv_consist.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
39
40        dgv_classement.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
41
42        dgv_classement.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
43
44        dgv_score.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
45
46        dgv_score.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
47
48        btn_quit.FlatAppearance.BorderColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
49        btn_quit.FlatAppearance.MouseDownBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
```

```

50 btn_quit.FlatAppearance.MouseOverBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
51 btn_quit.BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
52
53 btn_enr.FlatAppearance.BorderColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
54 btn_enr.FlatAppearance.MouseDownBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
55 btn_enr.FlatAppearance.MouseOverBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
56 btn_enr.BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
57
58 Form_Vote.Opacity = 0.4
59
60 Remplissage_Crit_Choix()
61 cbx__crit.SelectedIndex = 0
62
63 Remplissage_DGV_Alt()
64 Verif_Val()
65 Remplissage_Tab_AL()
66 Remplissage_DGV()
67
68 End Sub
69
70 Sub Remplissage_Crit_Choix()
71
72     cbx__crit.Items.Clear()
73
74     Obj_Command = New OleDbCommand()
75     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
76     Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_LJB FROM CRITERES"
77     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
78
79     While Obj_Reader.Read()
80
81         cbx__crit.Items.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/" , ""))
82
83     End While
84
85     Obj_Reader.Close()
86
87 End Sub
88
89 Private Sub Btn_quit_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btn_quit.Click
90
91     Close()
92     Remplissage = False
93
94 End Sub
95
96 Private Sub Dgv_alt_CellValueChanged(sender As Object, e As DataGridViewCellEventArgs) Handles dgv_alt.CellValueChanged
97
98     If Remplissage = True Then
99
100         If dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value <> "" Or dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value <> "" Then
101
102             If dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Selected Then
103                 dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value = FormatNumber(1 / Cdbl(dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value.ToString), 5)
104             ElseIf dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Selected Then
105                 dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value = FormatNumber(1 / Cdbl(dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value.ToString), 5)
106             End If
107
108         End If
109
110         If dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value <> "" Or dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value <> "" Then
111
112             If dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Selected Then
113                 dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value = FormatNumber(1 / Cdbl(dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value.ToString), 5)
114             ElseIf dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Selected Then
115                 dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value = FormatNumber(1 / Cdbl(dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value.ToString), 5)
116             End If
117
118         End If
119
120         If dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value <> "" Or dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value <> "" Then
121
122             If dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Selected Then
123                 dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value = FormatNumber(1 / Cdbl(dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value.ToString), 5)

```

```

124         ElseIf dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Selected Then
125             dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value = FormatNumber(1 / Cdbl(dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value.ToString), 5)
126         End If
127
128     End If
129
130     If dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value <> "" And dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value <> "" And dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value <>
131     "" And dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value <> "" And dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value <> "" And dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value <> ""
132     Then
133         dgv_alt.Rows(3).Cells(1).Value = FormatNumber(Cdbl(dgv_alt.Rows(0).Cells(1).Value.ToString) + Cdbl(dgv_alt.Rows(1).
134         Cells(1).Value.ToString) + Cdbl(dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value.ToString), 5)
135         dgv_alt.Rows(3).Cells(2).Value = FormatNumber(Cdbl(dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value.ToString) + Cdbl(dgv_alt.Rows(1).
136         Cells(2).Value.ToString) + Cdbl(dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value.ToString), 5)
137         dgv_alt.Rows(3).Cells(3).Value = FormatNumber(Cdbl(dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value.ToString) + Cdbl(dgv_alt.Rows(1).
138         Cells(3).Value.ToString) + Cdbl(dgv_alt.Rows(2).Cells(3).Value.ToString), 5)
139
140         Remplissage_DGV_Norm()
141         Remplissage_DGV_Consist()
142
143         If Construction = False Then
144
145             Construction_DGV_Clasement()
146
147         End If
148
149         Remplissage_DGV_Clasement()
150         Remplissage_DGV_Score()
151
152     End If
153
154 End Sub
155
156 Dim Construction As Boolean = False
157
158 Private Obj_Command As OleDbCommand
159 Private Obj_Reader As OleDbDataReader
160
161 Private Sub Form_Vote_FormClosing(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.FormClosing
162     Form_Vote.Opacity = 1
163     Vider_Form()
164
165 End Sub
166
167 Sub Vider_Form()
168     dgv_alt.Rows.Clear()
169     cbx_crit.Items.Clear()
170     dgv_norm.Rows.Clear()
171
172 End Sub
173
174 Dim Nbr_Alt As Integer = Requete_Reception("SELECT COUNT(AL_ID) FROM ALTERNATIVES")
175
176 Dim Remplissage As Boolean = False
177 Sub Remplissage_DGV_Alt()
178
179     dgv_alt.Rows.Clear()
180     dgv_alt.Columns.Clear()
181     dgv_alt.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
182
183     Obj_Command = New OleDbCommand()
184     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
185     Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_LIB FROM ALTERNATIVES"
186     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
187
188     Dim i As Integer = 0
189
190     dgv_alt.Columns.Add(i, "ALTERNATIVE")
191     dgv_alt.Columns(i).Width = 140
192     dgv_alt.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft

```

```

193
194 While Obj_Reader.Read()
195
196     i = i + 1
197
198     dgv_alt.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
199     dgv_alt.Columns(i).Width = 140
200     dgv_alt.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
201     dgv_alt.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
202     dgv_alt.Rows(i - 1).Height = 25
203
204 End While
205
206 Obj_Reader.Close()
207
208 dgv_alt.Rows.Add("TOTALX")
209 dgv_alt.Rows(i).Height = 25
210
211 For i = 0 To Nbr_Alt - 1
212     dgv_alt.Rows(i).Cells(i + 1).Value = "1"
213 Next
214
215 Remplissage = True
216
217 End Sub
218
219 Sub Remplissage_DGV_Norm()
220
221     dgv_norm.Rows.Clear()
222     dgv_norm.Columns.Clear()
223     dgv_norm.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
224
225     Obj_Command = New OleDbCommand()
226     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
227     Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_LIB FROM ALTERNATIVES"
228     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
229
230 Dim i As Integer = 0
231
232     dgv_norm.Columns.Add(i, "ALTERNATIVE")
233     dgv_norm.Columns(i).Width = 130
234     dgv_norm.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
235
236 While Obj_Reader.Read()
237
238     i = i + 1
239
240     dgv_norm.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
241     dgv_norm.Columns(i).Width = 130
242     dgv_norm.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
243     dgv_norm.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
244     dgv_norm.Rows(i - 1).Height = 25
245
246 End While
247
248 Obj_Reader.Close()
249
250 Dim j As Integer = 0
251
252 'Normalisation de la matrice
253
254 For j = 0 To Nbr_Alt - 1
255     For i = 0 To Nbr_Alt - 1
256
257         dgv_norm.Rows(j).Cells(i + 1).Value = FormatNumber(CDb(dgv_alt.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString) / CDb(dgv_alt
258 .Rows(3).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
259
260     Next
261
262 Next
263
264 'Calcul du poids des vecteurs propres
265

```

```

266     dgv_norm.Columns.Add(i + 1, "VECT. PROPRE")
267     dgv_norm.Columns(i + 1).Width = 130
268     dgv_norm.Columns(i + 1).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
269
270     j = 0
271     i = 0
272
273     Dim Valeur_Inter As Double
274
275     For j = 0 To Nbr_Alt - 1
276
277         dgv_norm.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 1).Value = 0
278         Valeur_Inter = 0
279
280         For i = 0 To Nbr_Alt - 1
281
282             Valeur_Inter = Valeur_Inter + FormatNumber(CDbl(dgv_norm.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
283
284         Next
285
286         dgv_norm.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 1).Value = FormatNumber(Valeur_Inter, 5)
287
288     Next
289
290     'Calcul du poids des vecteurs propres normalisés
291
292     dgv_norm.Columns.Add(i + 1, "VECT. PRO. NORM.")
293     dgv_norm.Columns(i + 1).Width = 130
294     dgv_norm.Columns(i + 1).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
295
296     j = 0
297     i = 0
298
299     For j = 0 To Nbr_Alt - 1
300
301         dgv_norm.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 2).Value = FormatNumber(CDbl(dgv_norm.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 1).Value) / Nbr_Alt, 5)
302
303     Next
304
305 End Sub
306
307 Sub Remplissage_DGV_Consist()
308
309     dgv__consist.Rows.Clear()
310     dgv__consist.Columns.Clear()
311     dgv__consist.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
312
313     Obj_Command = New OleDbCommand()
314     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
315     Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_LIB FROM ALTERNATIVES"
316     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
317
318     Dim i As Integer = 0
319
320     dgv__consist.Columns.Add(i, "ALTERNATIVE")
321     dgv__consist.Columns(i).Width = 140
322     dgv__consist.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
323
324     While Obj_Reader.Read()
325
326         i = i + 1
327
328         dgv__consist.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
329         dgv__consist.Columns(i).Width = 140
330         dgv__consist.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
331         dgv__consist.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
332         dgv__consist.Rows(i - 1).Height = 25
333
334     End While
335
336     Obj_Reader.Close()
337
338     Dim j As Integer = 0
339

```

```

340 'Normalisation de la matrice
341
342 For j = 0 To Nbr_Alt - 1
343
344     For i = 0 To Nbr_Alt - 1
345
346         dgv_consist.Rows(j).Cells(i + 1).Value = FormatNumber(CDbl(dgv_alt.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString) * CDbl(
dgv_norm.Rows(i).Cells(5).Value.ToString), 5)
347
348     Next
349
350 Next
351
352 'Calcul du poids des critères
353
354 dgv_consist.Columns.Add(i + 1, "SOMME POND.")
355 dgv_consist.Columns(i + 1).Width = 140
356 dgv_consist.Columns(i + 1).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
357
358 dgv_consist.Columns.Add(i + 2, "VECT. PROPRE NORM.")
359 dgv_consist.Columns(i + 2).Width = 140
360 dgv_consist.Columns(i + 2).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
361
362 dgv_consist.Columns.Add(i + 3, "CONSISTANCE")
363 dgv_consist.Columns(i + 3).Width = 140
364 dgv_consist.Columns(i + 3).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
365
366 j = 0
367 i = 0
368
369 Dim Valeur_Inter As Double
370
371 'Somme pondérée des valeurs par vecteur propre normalisé
372
373 For j = 0 To Nbr_Alt - 1
374
375     Valeur_Inter = 0
376
377     For i = 0 To Nbr_Alt - 1
378
379         Valeur_Inter = Valeur_Inter + FormatNumber(CDbl(dgv_consist.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
380
381     Next
382
383     dgv_consist.Rows(j).Cells(4).Value = FormatNumber(Valeur_Inter, 5)
384
385 Next
386
387 'Vecteur propre normalisé
388
389 For j = 0 To Nbr_Alt - 1
390
391     dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 2).Value = 0
392     Valeur_Inter = 0
393
394     For i = 0 To Nbr_Alt - 1
395
396         Valeur_Inter = Valeur_Inter + FormatNumber(CDbl(dgv_norm.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
397
398     Next
399
400     dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 2).Value = FormatNumber(Valeur_Inter / Nbr_Alt, 5)
401
402 Next
403
404 'Consistance
405
406 For j = 0 To Nbr_Alt - 1
407
408     dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 3).Value = FormatNumber(dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 1).Value / dgv_consist.
Rows(j).Cells(Nbr_Alt + 2).Value, 5)
409
410 Next
411

```



```

412     lbl_lambda.Text = FormatNumber((Cdbl(dgv_consist.Rows(0).Cells(Nbr_Alt + 3).Value.ToString) + Cdbl(dgv_consist.Rows(1).
Cells(Nbr_Alt + 3).Value.ToString) + Cdbl(dgv_consist.Rows(2).Cells(Nbr_Alt + 3).Value.ToString)) / 3, 5)
413     lbl_CI.Text = FormatNumber((Cdbl(lbl_lambda.Text.ToString) - 3) / 2, 5)
414     lbl_RI.Text = FormatNumber(Cdbl(lbl_CI.Text.ToString) / 0.58, 5)
415
416     If lbl_RI.Text < 0.1 Then
417         lbl_RI.ForeColor = Color.LightSkyBlue
418     Else
419         lbl_RI.ForeColor = Color.PeachPuff
420     End If
421
422 End Sub
423
424 Sub Construction_DGV_Classement()
425
426     dgv_classement.Rows.Clear()
427     dgv_classement.Columns.Clear()
428     dgv_classement.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
429
430     Obj_Command = New OleDbCommand()
431     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
432     Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_LIB FROM CRITERES"
433     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
434
435     Dim i As Integer = 0
436
437     'Ajout des titres de colonnes
438
439     dgv_classement.Columns.Add(i, "ALTERNATIVE \ CRITERE")
440     dgv_classement.Columns(i).Width = 150
441     dgv_classement.ColumnHeadersHeight = 45
442     dgv_classement.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
443
444     While Obj_Reader.Read()
445
446         i = i + 1
447
448         dgv_classement.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
449         dgv_classement.Columns(i).Width = 150
450         dgv_classement.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
451
452     End While
453
454     Obj_Reader.Close()
455
456     'Ajout des titres de lignes
457
458     i = 0
459
460     Obj_Command = New OleDbCommand()
461     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
462     Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_LIB FROM ALTERNATIVES"
463     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
464
465     While Obj_Reader.Read()
466
467         i = i + 1
468
469         dgv_classement.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
470         dgv_classement.Rows(i - 1).Height = 25
471
472     End While
473
474     Obj_Reader.Close()
475
476     Construction = True
477
478 End Sub
479
480 Sub Remplissage_DGV_Classement()
481
482     Dim j As Integer = 0
483
484     'Normalisation de la matrice

```

```

485
486     Dim Crit_Poids As Double = Requete_Reception("SELECT CP_POIDS FROM CRIT_POIDS WHERE US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID
487     & "")
488
489     For j = 1 To 3
490         If dgv_classement.Columns(j).HeaderText = cbx_crit.Text Then
491
492             For i = 0 To Nbr_Alt - 1
493
494                 Select Case i
495
496                     Case 0
497
498                         dgv_classement.Rows(i).Cells(j).Value = FormatNumber(CDb(dgv_consist.Rows(i).Cells(1).Value.ToString)
* Crit_Poids, 5)
499
500                     Case 1
501
502                         dgv_classement.Rows(i).Cells(j).Value = FormatNumber(CDb(dgv_consist.Rows(i).Cells(2).Value.ToString)
* Crit_Poids, 5)
503
504                     Case 2
505
506                         dgv_classement.Rows(i).Cells(j).Value = FormatNumber(CDb(dgv_consist.Rows(i).Cells(3).Value.ToString)
* Crit_Poids, 5)
507
508                 End Select
509
510             Next
511
512         End If
513
514     Next
515
516 End Sub
517
518 Sub Remplissage_DGV_Score()
519
520     dgv_score.Rows.Clear()
521     dgv_score.Columns.Clear()
522     dgv_score.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
523
524     Obj_Command = New OleDbCommand()
525     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
526     Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_LIB FROM ALTERNATIVES"
527     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
528
529     Dim i As Integer = 0
530
531     dgv_score.Columns.Add(i, "ALTERNATIVE")
532     dgv_score.Columns(i).Width = 155
533     dgv_score.ColumnHeadersHeight = 45
534     dgv_score.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
535
536     While Obj_Reader.Read()
537
538         i = i + 1
539         dgv_score.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
540         dgv_score.Rows(i - 1).Height = 25
541
542     End While
543
544     Obj_Reader.Close()
545
546     i = 0
547
548     dgv_score.Columns.Add(i + 1, "SCORE")
549     dgv_score.Columns(i + 1).Width = 96
550     dgv_score.Columns(i + 1).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
551
552     dgv_score.Columns.Add(i + 2, "FOURC.")
553     dgv_score.Columns(i + 2).Width = 97
554     dgv_score.Columns(i + 2).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter

```

```

555
556     For i = 0 To Nbr_Alt - 1
557
558         If dgv_classement.Rows(i).Cells(1).Value <> "" And dgv_classement.Rows(i).Cells(2).Value <> "" And dgv_classement.Rows(
559 i).Cells(3).Value <> "" Then
560
561             dgv_score.Rows(i).Cells(1).Value = FormatNumber(CDbl(dgv_classement.Rows(i).Cells(1).Value) + CDbl(dgv_classement.
562 Rows(i).Cells(2).Value) + CDbl(dgv_classement.Rows(i).Cells(3).Value), 5)
563
564             End If
565
566         Next
567
568     For i = 0 To Nbr_Alt - 1
569
570         If dgv_score.Rows(i).Cells(1).Value <> "" Then
571
572             dgv_score.Rows(i).Cells(2).Value = FormatNumber((CDbl(dgv_score.Rows(i).Cells(1).Value) * 100), 2) & "%"
573
574             End If
575
576         Next
577
578     End Sub
579
580 Dim Val_Exist As Boolean
581 Dim US_ID As String = Requete_Reception("SELECT US_ID FROM USERS WHERE US_LOGIN=" + LeLogin + "'")
582
583 Dim AL_ID(Nbr_Alt - 1) As String
584
585 Sub Remplissage_Tab_AL()
586
587     Obj_Command = New OleDbCommand()
588     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
589     Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_ID FROM ALTERNATIVES"
590     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
591
592     Dim i As Integer = 0
593
594     While Obj_Reader.Read()
595
596         AL_ID(i) = Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", "'")
597         i = i + 1
598
599     End While
600
601     Obj_Reader.Close()
602
603 End Sub
604
605 Sub Verif_Val()
606
607     Dim NBR_VAL As Integer = Requete_Reception("SELECT COUNT(AV_ID) FROM ALT_VOTE WHERE US_ID=" + US_ID + " AND CR_ID=" & CR_ID
608 & "'")
609
610     If NBR_VAL > 0 Then
611         Val_Exist = True
612     Else
613         Val_Exist = False
614     End If
615
616 End Sub
617
618 Sub Remplissage_DGV()
619
620     If cbx_crit.Text <> "" Then
621
622         If Val_Exist = True Then
623
624             If IsInteger(Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOTE WHERE AV_POS='(0,2)' AND US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID="
625 " & CR_ID & "'")) Then
626                 dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Selected = True
627                 dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOTE WHERE AV_POS='(0,2)' AND US_ID="
628 " & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "'")

```

```

624         dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Selected = True
625     End If
626     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(0,3)' AND US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID="
" & CR_ID & "")) Then
627         dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Selected = True
628         dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(0,3)' AND US_ID="
" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
629         dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Selected = True
630     End If
631     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(1,3)' AND US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID="
" & CR_ID & "")) Then
632         dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Selected = True
633         dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(1,3)' AND US_ID="
" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
634         dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Selected = True
635     End If
636     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(1,1)' AND US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID="
" & CR_ID & "")) Then
637         dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Selected = True
638         dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value = Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(1,1)' AND US_ID="
" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
639         dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Selected = True
640     End If
641     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(2,1)' AND US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID="
" & CR_ID & "")) Then
642         dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Selected = True
643         dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value = Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(2,1)' AND US_ID="
" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
644         dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Selected = True
645     End If
646     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(2,2)' AND US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID="
" & CR_ID & "")) Then
647         dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Selected = True
648         dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT AV_VAL FROM ALT_VOIE WHERE AV_POS='(2,2)' AND US_ID="
" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
649         dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Selected = True
650     End If
651 End If
652
653 Else
654     MsgBox("Veuillez d'abord sélectionner un critère", MsgBoxStyle.Critical, "GTA – Action requise")
655 End If
656
657 End Sub
658
659 Dim CR_ID As Integer
660
661 Private Sub Cbx_crit_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles cbx_crit.SelectedIndexChanged
662
663     dgv_norm.Rows.Clear()
664     dgv_norm.Columns.Clear()
665
666     dgv_consist.Rows.Clear()
667     dgv_consist.Columns.Clear()
668
669     CR_ID = Requete_Reception("SELECT CR_ID FROM CRITERES WHERE CR_LIB=" + Replace(cbx_crit.Text, " ", "/") + "")
670     Remplissage_DGV_Alt()
671     Remplissage_DGV()
672
673 End Sub
674
675 Private Sub Btn_enr_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btn_enr.Click
676
677     Verif_Val()
678
679     If dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value <> "" And dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value <> "" And dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value <> ""
680     Then
681
682         Requete_Envoi("DELETE FROM ALT_VOIE WHERE US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
683         Requete_Envoi("DELETE FROM ALT_POIDS WHERE US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & "")
684
685         'Insertion des valeurs
686         If dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value <> "" Or dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value <> "" Then

```

```

687     If IsInteger(dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value) Then
688         Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_VOIE (AV_POS, US_ID, AV_VAL, AL_ID, AL_ID2, CR_ID) VALUES ('(0,2)'," & US_ID & "
,)" & dgv_alt.Rows(0).Cells(2).Value.ToString & ",," & AL_ID(0) & ",," & AL_ID(1) & ",," & CR_ID & ")")
689     ElseIf IsInteger(dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value) Then
690         Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_VOIE (AV_POS, US_ID, AV_VAL, AL_ID, AL_ID2, CR_ID) VALUES ('(1,1)'," & US_ID & "
,)" & dgv_alt.Rows(1).Cells(1).Value.ToString & ",," & AL_ID(1) & ",," & AL_ID(0) & ",," & CR_ID & ")")
691     End If
692 End If
693
694     If dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value <> "" Or dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value <> "" Then
695         If IsInteger(dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value) Then
696             Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_VOIE (AV_POS, US_ID, AV_VAL, AL_ID, AL_ID2, CR_ID) VALUES ('(0,3)'," & US_ID & "
,)" & dgv_alt.Rows(0).Cells(3).Value.ToString & ",," & AL_ID(0) & ",," & AL_ID(2) & ",," & CR_ID & ")")
697         ElseIf IsInteger(dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value) Then
698             Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_VOIE (AV_POS, US_ID, AV_VAL, AL_ID, AL_ID2, CR_ID) VALUES ('(2,1)'," & US_ID & "
,)" & dgv_alt.Rows(2).Cells(1).Value.ToString & ",," & AL_ID(2) & ",," & AL_ID(0) & ",," & CR_ID & ")")
699         End If
700     End If
701
702     If dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value <> "" Or dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value <> "" Then
703         If IsInteger(dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value) Then
704             Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_VOIE (AV_POS, US_ID, AV_VAL, AL_ID, AL_ID2, CR_ID) VALUES ('(1,3)'," & US_ID & "
,)" & dgv_alt.Rows(1).Cells(3).Value.ToString & ",," & AL_ID(1) & ",," & AL_ID(2) & ",," & CR_ID & ")")
705         ElseIf IsInteger(dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value) Then
706             Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_VOIE (AV_POS, US_ID, AV_VAL, AL_ID, AL_ID2, CR_ID) VALUES ('(2,2)'," & US_ID & "
,)" & dgv_alt.Rows(2).Cells(2).Value.ToString & ",," & AL_ID(2) & ",," & AL_ID(1) & ",," & CR_ID & ")")
707         End If
708     End If
709
710     'Insertion des poids
711     Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_POIDS (CR_ID, AL_ID, US_ID, AP_POIDS) VALUES (" & CR_ID & ",," & AL_ID(0) & ",," & US_ID & "
,)" & dgv_norm.Rows(0).Cells(5).Value.ToString & ")")
712     Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_POIDS (CR_ID, AL_ID, US_ID, AP_POIDS) VALUES (" & CR_ID & ",," & AL_ID(1) & ",," & US_ID & "
,)" & dgv_norm.Rows(1).Cells(5).Value.ToString & ")")
713     Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_POIDS (CR_ID, AL_ID, US_ID, AP_POIDS) VALUES (" & CR_ID & ",," & AL_ID(2) & ",," & US_ID & "
,)" & dgv_norm.Rows(2).Cells(5).Value.ToString & ")")
714
715     'Insertion des scores
716     If dgv_score.Rows(0).Cells(1).Value <> "" And dgv_score.Rows(1).Cells(1).Value <> "" And dgv_score.Rows(2).Cells(1).
Value <> "" Then
717
718         Requete_Envoi("DELETE FROM ALT_SCORE WHERE US_ID=" & US_ID & ")")
719
720         Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_SCORE (AS_SCORE, AL_ID, US_ID) VALUES (" & dgv_score.Rows(0).Cells(1).Value & ",,"
& AL_ID(0) & ",," & US_ID & ")")
721         Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_SCORE (AS_SCORE, AL_ID, US_ID) VALUES (" & dgv_score.Rows(1).Cells(1).Value & ",,"
& AL_ID(1) & ",," & US_ID & ")")
722         Requete_Envoi("INSERT INTO ALT_SCORE (AS_SCORE, AL_ID, US_ID) VALUES (" & dgv_score.Rows(2).Cells(1).Value & ",,"
& AL_ID(2) & ",," & US_ID & ")")
723
724     End If
725
726     MsgBox("Les valeurs ont été insérées dans la base de données", MsgBoxStyle.Exclamation, "GTIA – Insertion")
727
728 Else
729
730     MsgBox("Veuillez saisir la totalité des valeurs et attendre le remplissage complet des matrices avant d'enregistrer",
MsgBoxStyle.Exclamation, "GTIA – Enregistrement")
731
732     End If
733
734 End Sub
735
736 End Class

```

Annexe n°2

Code source : Formulaire d'évaluation des critères

```
1 Imports System.Data.OleDb
2
3 Public Class Form_AHP_Crit
4
5     Private Obj_Command As OleDbCommand
6     Private Obj_Reader As OleDbDataReader
7
8     Private Sub Form_Vote_FormClosing(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.FormClosing
9
10        Form_Vote.Opacity = 1
11        Vider_Form()
12
13    End Sub
14
15    Sub Vider_Form()
16
17        dgv_crit.Rows.Clear()
18
19    End Sub
20
21    Dim Nbr_Crit As Integer = Requete_Reception("SELECT COUNT(CR_ID) FROM CRITERES")
22    Dim CR_ID(Nbr_Crit - 1) As String
23
24    Sub Remplissage_Tab_CR()
25
26        Obj_Command = New OleDbCommand()
27        Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
28        Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_ID FROM CRITERES"
29        Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
30
31        Dim i As Integer = 0
32
33        While Obj_Reader.Read()
34
35            CR_ID(i) = Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", "'")
36            i = i + 1
37
38        End While
39
40        Obj_Reader.Close()
41
42    End Sub
43
44
45    Dim Remplissage As Boolean = False
46    Sub Remplissage_DGV_Cri()
47
48        dgv_crit.Rows.Clear()
49        dgv_crit.Columns.Clear()
```

```

50     dgv_crit.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
51
52     Obj_Command = New OleDbCommand()
53     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
54     Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_LIB FROM CRITERES"
55     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
56
57     Dim i As Integer = 0
58
59     dgv_crit.Columns.Add(i, "CRITERE")
60     dgv_crit.Columns(i).Width = 140
61     dgv_crit.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
62
63     While Obj_Reader.Read()
64
65         i = i + 1
66
67         dgv_crit.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
68         dgv_crit.Columns(i).Width = 140
69         dgv_crit.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
70         dgv_crit.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
71         dgv_crit.Rows(i - 1).Height = 25
72
73     End While
74
75     Obj_Reader.Close()
76
77     dgv_crit.Rows.Add("TOTALX")
78     dgv_crit.Rows(i).Height = 25
79
80     For i = 0 To Nbr_Crit - 1
81         dgv_crit.Rows(i).Cells(i + 1).Value = "1"
82     Next
83
84     Remplissage = True
85
86 End Sub
87
88 Sub Remplissage_DGV_Norm()
89
90     dgv_norm.Rows.Clear()
91     dgv_norm.Columns.Clear()
92     dgv_norm.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
93
94     Obj_Command = New OleDbCommand()
95     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
96     Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_LIB FROM CRITERES"
97     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
98
99     Dim i As Integer = 0
100
101     dgv_norm.Columns.Add(i, "CRITERE")
102     dgv_norm.Columns(i).Width = 140
103     dgv_norm.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
104
105     While Obj_Reader.Read()
106
107         i = i + 1
108
109         dgv_norm.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
110         dgv_norm.Columns(i).Width = 140
111         dgv_norm.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
112         dgv_norm.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
113         dgv_norm.Rows(i - 1).Height = 25
114
115     End While
116
117     Obj_Reader.Close()
118
119     Dim j As Integer = 0
120
121     'Normalisation de la matrice
122
123     For j = 0 To Nbr_Crit - 1

```

```

124
125     For i = 0 To Nbr_Crit - 1
126
127         dgv_norm.Rows(j).Cells(i + 1).Value = FormatNumber(CDbl(dgv_crit.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString) / CDbl(
dgv_crit.Rows(3).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
128
129     Next
130
131 Next
132
133 'Calcul du poids des critères
134
135 dgv_norm.Columns.Add(i + 1, "POIDS CRITERE")
136 dgv_norm.Columns(i + 1).Width = 140
137 dgv_norm.Columns(i + 1).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
138
139 j = 0
140 i = 0
141
142 Dim Valeur_Inter As Double
143
144 For j = 0 To Nbr_Crit - 1
145
146     dgv_norm.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 1).Value = 0
147     Valeur_Inter = 0
148
149     For i = 0 To Nbr_Crit - 1
150
151         Valeur_Inter = Valeur_Inter + FormatNumber(CDbl(dgv_norm.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
152
153     Next
154
155     dgv_norm.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 1).Value = FormatNumber(Valeur_Inter / Nbr_Crit, 5)
156
157 Next
158
159 Remplissage = True
160
161 End Sub
162
163 Sub Remplissage_DGV_Consist()
164
165     dgv_consist.Rows.Clear()
166     dgv_consist.Columns.Clear()
167     dgv_consist.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
168
169     Obj_Command = New OleDbCommand()
170     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
171     Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_LIB FROM CRITERES"
172     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
173
174     Dim i As Integer = 0
175
176     dgv_consist.Columns.Add(i, "CRITERE")
177     dgv_consist.Columns(i).Width = 140
178     dgv_consist.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
179
180     While Obj_Reader.Read()
181
182         i = i + 1
183
184         dgv_consist.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
185         dgv_consist.Columns(i).Width = 140
186         dgv_consist.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
187         dgv_consist.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
188         dgv_consist.Rows(i - 1).Height = 25
189
190     End While
191
192     Obj_Reader.Close()
193
194     Dim j As Integer = 0
195
196     'Normalisation de la matrice

```



```

197
198     For j = 0 To Nbr_Crit - 1
199
200         For i = 0 To Nbr_Crit - 1
201
202             dgv_consist.Rows(j).Cells(i + 1).Value = FormatNumber(CDbl(dgv_crit.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString) * CDbl(
dgv_norm.Rows(i).Cells(4).Value.ToString), 5)
203
204             Next
205
206         Next
207
208         'Calcul du poids des critères
209
210         dgv_consist.Columns.Add(i + 1, "SOMME POIDS")
211         dgv_consist.Columns(i + 1).Width = 140
212         dgv_consist.Columns(i + 1).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
213
214         dgv_consist.Columns.Add(i + 2, "POIDS CRITERE")
215         dgv_consist.Columns(i + 2).Width = 140
216         dgv_consist.Columns(i + 2).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
217
218         dgv_consist.Columns.Add(i + 3, "CONSISTANCE")
219         dgv_consist.Columns(i + 3).Width = 140
220         dgv_consist.Columns(i + 3).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
221
222         j = 0
223         i = 0
224
225         Dim Valeur_Inter As Double
226
227         'Somme des poids
228         For j = 0 To Nbr_Crit - 1
229
230             dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 1).Value = 0
231             Valeur_Inter = 0
232
233             For i = 0 To Nbr_Crit - 1
234
235                 Valeur_Inter = Valeur_Inter + FormatNumber(CDbl(dgv_consist.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
236
237             Next
238
239             dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 1).Value = FormatNumber(Valeur_Inter, 5)
240
241         Next
242
243         'Poids des critères
244         For j = 0 To Nbr_Crit - 1
245
246             dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 2).Value = 0
247             Valeur_Inter = 0
248
249             For i = 0 To Nbr_Crit - 1
250
251                 Valeur_Inter = Valeur_Inter + FormatNumber(CDbl(dgv_norm.Rows(j).Cells(i + 1).Value.ToString), 5)
252
253             Next
254
255             dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 2).Value = FormatNumber(Valeur_Inter / Nbr_Crit, 5)
256
257         Next
258
259         'Consistance
260         For j = 0 To Nbr_Crit - 1
261
262             dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 3).Value = FormatNumber(dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 1).Value /
dgv_consist.Rows(j).Cells(Nbr_Crit + 2).Value, 5)
263
264         Next
265
266         lbl_lambda.Text = FormatNumber((CDbl(dgv_consist.Rows(0).Cells(Nbr_Crit + 3).Value.ToString) + CDbl(dgv_consist.Rows(1).
Cells(Nbr_Crit + 3).Value.ToString) + CDbl(dgv_consist.Rows(2).Cells(Nbr_Crit + 3).Value.ToString)) / 3, 5)
267         lbl_CI.Text = FormatNumber((CDbl(lbl_lambda.Text.ToString) - 3) / 2, 5)

```

```

268     lbl_RI.Text = FormatNumber(CDbl(lbl_CI.Text.ToString) / 0.58, 5)
269
270     If lbl_RI.Text < 0.1 Then
271         lbl_RI.ForeColor = Color.LightSkyBlue
272     Else
273         lbl_RI.ForeColor = Color.PeachPuff
274     End If
275
276     Remplissage = True
277
278 End Sub
279
280 Private Sub Form_AHP_Crit_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
281
282     FormBorderStyle = FormBorderStyle.None
283     BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
284     AutoSize = False
285     SizeGripStyle = SizeGripStyle.Hide
286     StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen
287
288     pnl_head.BackColor = Color.FromArgb(1, 3, 15)
289     pnl_foot.BackColor = Color.FromArgb(1, 3, 15)
290
291     pnl_critère.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
292     gb_critère.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
293
294     pnl_norm.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
295     gb_norm.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
296
297     pnl_consist.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
298     gb_consist.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
299
300     lbl_titre.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
301
302     dgv_crit.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
303
304     dgv_crit.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
305
306     dgv_norm.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
307
308     dgv_norm.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
309
310     dgv_consist.ColumnHeadersDefaultCellStyle.Font = New Font("Calibri", 8.0, FontStyle.Bold)
311
312     dgv_consist.BackgroundColor = Color.FromArgb(75, 90, 110)
313
314     btn_quit.FlatAppearance.BorderColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
315     btn_quit.FlatAppearance.MouseDownBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
316     btn_quit.FlatAppearance.MouseOverBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
317     btn_quit.BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
318
319     btn_enr.FlatAppearance.BorderColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
320     btn_enr.FlatAppearance.MouseDownBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
321     btn_enr.FlatAppearance.MouseOverBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
322     btn_enr.BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
323
324     Form_Vote.Opacity = 0.4
325
326     Remplissage_DGV_Cri()
327     Verif_Val()
328     Remplissage_Tab_CR()
329     Remplissage_DGV()
330
331 End Sub
332
333 Private Sub Btn_quit_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btn_quit.Click
334
335     Close()
336     Remplissage = False
337
338 End Sub
339
340 Private Sub Dgv_crit_CellValueChanged(sender As Object, e As DataGridViewCellEventArgs) Handles dgv_crit.CellValueChanged
341

```

```

342     If Remplissage = True Then
343
344         If dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value <> "" Or dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Value <> "" Then
345
346             If dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Selected Then
347                 dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Value = FormatNumber(1 / CDb(dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value.ToString), 5)
348             ElseIf dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Selected Then
349                 dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value = FormatNumber(1 / CDb(dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Value.ToString), 5)
350             End If
351
352         End If
353
354         If dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value <> "" Or dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value <> "" Then
355
356             If dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Selected Then
357                 dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value = FormatNumber(1 / CDb(dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value.ToString), 5)
358             ElseIf dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Selected Then
359                 dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value = FormatNumber(1 / CDb(dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value.ToString), 5)
360             End If
361
362         End If
363
364         If dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value <> "" Or dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value <> "" Then
365
366             If dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Selected Then
367                 dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value = FormatNumber(1 / CDb(dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value.ToString), 5)
368             ElseIf dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Selected Then
369                 dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value = FormatNumber(1 / CDb(dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value.ToString), 5)
370             End If
371
372         End If
373
374         If dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Value <> "" And dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value <> "" And dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value
375         <> "" And dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value <> "" And dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value <> "" And dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value
376         <> "" Then
377
378             dgv_crit.Rows(3).Cells(1).Value = FormatNumber(CDb(dgv_crit.Rows(0).Cells(1).Value.ToString) + CDb(dgv_crit.Rows
379             (1).Cells(1).Value.ToString) + CDb(dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value.ToString), 5)
380             dgv_crit.Rows(3).Cells(2).Value = FormatNumber(CDb(dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value.ToString) + CDb(dgv_crit.Rows
381             (1).Cells(2).Value.ToString) + CDb(dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value.ToString), 5)
382             dgv_crit.Rows(3).Cells(3).Value = FormatNumber(CDb(dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value.ToString) + CDb(dgv_crit.Rows
383             (1).Cells(3).Value.ToString) + CDb(dgv_crit.Rows(2).Cells(3).Value.ToString), 5)
384
385             Remplissage_DGV_Norm()
386             Remplissage_DGV_Consist()
387
388         End If
389
390     End If
391
392 End Sub
393
394 Dim Val_Exist As Boolean
395 Dim US_ID As String = Requete_Reception("SELECT US_ID FROM USERS WHERE US_LOGIN=" + LeLogin + " ")
396
397 Sub Verif_Val()
398
399     Dim NBR_VAL As Integer = Requete_Reception("SELECT COUNT(CV_ID) FROM CRIT_VOTE WHERE US_ID=" + US_ID + " ")
400
401     If NBR_VAL > 0 Then
402         Val_Exist = True
403     Else
404         Val_Exist = False
405     End If
406
407 End Sub
408
409 Sub Remplissage_DGV()
410
411     If Val_Exist = True Then
412
413         If IsInteger(Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(0,2)' AND US_ID=" & US_ID & " ")) Then
414             dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Selected = True
415             dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(0,2)' AND US_ID="

```

```

411 & US_ID & ""
412     dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Selected = True
413     End If
414     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(0,3)' AND US_ID=" & US_ID & "")) Then
415         dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Selected = True
416         dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(0,3)' AND US_ID="
417 & US_ID & "")
418         dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Selected = True
419     End If
420     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(1,3)' AND US_ID=" & US_ID & "")) Then
421         dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Selected = True
422         dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(1,3)' AND US_ID="
423 & US_ID & "")
424         dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Selected = True
425         dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(1,1)' AND US_ID="
426 & US_ID & "")
427         dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Selected = True
428     End If
429     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(2,1)' AND US_ID=" & US_ID & "")) Then
430         dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Selected = True
431         dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value = Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(2,1)' AND US_ID="
432 & US_ID & "")
433         dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Selected = True
434     End If
435     If IsInteger(Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(2,2)' AND US_ID=" & US_ID & "")) Then
436         dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Selected = True
437         dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT CV_VAL FROM CRIT_VOTE WHERE CV_POS='(2,2)' AND US_ID="
438 & US_ID & "")
439         dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Selected = True
440     End If
441 End If
442 End Sub
443 Private Sub Btn_enr_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btn_enr.Click
444
445     Verif_Val()
446
447     If dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value <> "" And dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value <> "" And dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value <> ""
448 Then
449
450         If lbl_RI.Text < 0.1 Then
451             Requete_Envoi("DELETE FROM CRIT_VOTE WHERE US_ID=" & US_ID & "")
452             Requete_Envoi("DELETE FROM CRIT_POIDS WHERE US_ID=" & US_ID & "")
453
454             'Insertion des valeurs
455             If dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value <> "" Or dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Value <> "" Then
456                 If IsInteger(dgv_crit.Rows(0).Cells(2).Value) Then
457                     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_VOTE (CV_POS, US_ID, CV_VAL) VALUES ('(0,2)'," & US_ID & ",'" & dgv_crit.
458 Rows(0).Cells(2).Value.ToString & "')")
459                 ElseIf IsInteger(dgv_crit.Rows(1).Cells(1).Value) Then
460                     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_VOTE (CV_POS, US_ID, CV_VAL) VALUES ('(1,1)'," & US_ID & ",'" & dgv_crit.
461 Rows(1).Cells(1).Value.ToString & "')")
462                 End If
463             End If
464
465             If dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value <> "" Or dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value <> "" Then
466                 If IsInteger(dgv_crit.Rows(0).Cells(3).Value) Then
467                     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_VOTE (CV_POS, US_ID, CV_VAL) VALUES ('(0,3)'," & US_ID & ",'" & dgv_crit.
468 Rows(0).Cells(3).Value.ToString & "')")
469                 ElseIf IsInteger(dgv_crit.Rows(2).Cells(1).Value) Then
470                     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_VOTE (CV_POS, US_ID, CV_VAL) VALUES ('(2,1)'," & US_ID & ",'" & dgv_crit.
471 Rows(2).Cells(1).Value.ToString & "')")
472                 End If
473             End If
474
475             If dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value <> "" Or dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value <> "" Then
476                 If IsInteger(dgv_crit.Rows(1).Cells(3).Value) Then
477                     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_VOTE (CV_POS, US_ID, CV_VAL) VALUES ('(1,3)'," & US_ID & ",'" & dgv_crit.
478 Rows(1).Cells(3).Value.ToString & "')")

```

```

473         ElseIf IsInteger(dgv_crit.Rows(2).Cells(2).Value) Then
474             Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_VOTE (CV_POS, US_ID, CV_VAL) VALUES ('(2,2)'," & US_ID & ",'" & dgv_crit.
Rows(2).Cells(2).Value.ToString & "')")
475         End If
476     End If
477
478     'Insertion des poids
479     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_POIDS (CR_ID, US_ID, CP_POIDS) VALUES (" & CR_ID(0) & ", " & US_ID & ",'" & dgv_norm
.Rows(0).Cells(4).Value.ToString & "')")
480     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_POIDS (CR_ID, US_ID, CP_POIDS) VALUES (" & CR_ID(1) & ", " & US_ID & ",'" & dgv_norm
.Rows(1).Cells(4).Value.ToString & "')")
481     Requete_Envoi("INSERT INTO CRIT_POIDS (CR_ID, US_ID, CP_POIDS) VALUES (" & CR_ID(2) & ", " & US_ID & ",'" & dgv_norm
.Rows(2).Cells(4).Value.ToString & "')")
482
483     MsgBox("Les valeurs ont été insérées dans la base de données", MsgBoxStyle.Exclamation, "GTiA – Insertion")
484
485     Else
486
487         MsgBox("Veuillez saisir des valeurs cohérentes et vérifier que le taux de consistance est inférieur à 0,1",
MsgBoxStyle.Exclamation, "GTiA – Incohérence des valeurs")
488
489     End If
490
491     Else
492
493         MsgBox("Veuillez saisir la totalité des valeurs et attendre le remplissage complet des matrices avant d'enregistrer
", MsgBoxStyle.Exclamation, "GTiA – Enregistrement")
494
495     End If
496
497 End Sub
498
499 End Class
500

```

Annexe n°3

Code source : Formulaire de recommandation

```
1 Imports System.Data.OleDb
2
3 Public Class Form_Visual
4
5     'Déclaration l'Objet Commande
6     Private Obj_Command As OleDbCommand
7     'Déclaration d'un lecteur
8     Private Obj_Reader As OleDbDataReader
9
10    Private Sub Form_Alternative_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
11
12        FormBorderStyle = FormBorderStyle.None
13        BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
14        AutoSize = False
15        SizeGripStyle = SizeGripStyle.Hide
16        StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen
17
18        pnl_head.BackColor = Color.FromArgb(1, 3, 15)
19        pnl_foot.BackColor = Color.FromArgb(1, 3, 15)
20
21        gb_perf.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
22        gb_recom.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
23
24        pnl_perf.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
25        pnl_recom.BackColor = Color.FromArgb(55, 70, 90)
26
27        lbl_titre.BackColor = Color.FromArgb(35, 50, 70)
28
29        btn_valid.FlatAppearance.BorderColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
30        btn_valid.FlatAppearance.MouseDownBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
31        btn_valid.FlatAppearance.MouseOverBackColor = Color.FromArgb(45, 60, 80)
32        btn_valid.BackColor = Color.FromArgb(15, 30, 50)
33
34        Form_IA.Opacity = 0.4
35        Opacity = 1
36
37        Construction_DGV_perf()
38        Remplissage_DGV_Perf()
39
40    End Sub
41
42    Sub Vider_Form()
43
44        lbl_recom.Text = ""
45        dgv_perf.Rows.Clear()
46        dgv_perf.Columns.Clear()
47
48    End Sub
49
```

```

50 Private Sub Form_Alternatives_Closing(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.FormClosing
51
52     Form_IA.Opacity = 1
53     Vider_Form()
54
55 End Sub
56
57 Private Sub btn_valid_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btn_valid.Click
58
59     Close()
60
61 End Sub
62
63 Dim Remplissage As Boolean = False
64
65 Sub Construction_DGV_perf()
66
67     dgv_perf.Rows.Clear()
68     dgv_perf.Columns.Clear()
69     dgv_perf.CellBorderStyle = DataGridViewCellBorderStyle.Single
70
71     'Générer les titres de colonnes
72
73     Obj_Command = New OleDbCommand()
74     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
75     Obj_Command.CommandText = "SELECT CR_LIB FROM CRITERES"
76     Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
77
78     Dim i As Integer = 0
79
80     dgv_perf.Columns.Add(i, 'PERFORMANCE')
81     dgv_perf.Columns(i).Width = 140
82     dgv_perf.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
83
84     While Obj_Reader.Read()
85
86         i = i + 1
87
88         dgv_perf.Columns.Add(i, Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
89         dgv_perf.Columns(i).Width = 140
90         dgv_perf.Columns(i).DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
91
92     End While
93
94     Obj_Reader.Close()
95
96     'Générer les titres de lignes
97
98     Obj_Command = New OleDbCommand()
99     Obj_Command.Connection = laConnexionPrincipale
100    Obj_Command.CommandText = "SELECT AL_LIB FROM ALTERNATIVES"
101    Obj_Reader = Obj_Command.ExecuteReader()
102
103    i = 0
104
105    While Obj_Reader.Read()
106
107        i = i + 1
108        dgv_perf.Rows.Add(Replace(Obj_Reader.GetValue(0).ToString(), "/", ""))
109        dgv_perf.Rows(i - 1).Height = 30
110
111    End While
112
113    Obj_Reader.Close()
114
115    Remplissage = True
116
117 End Sub
118
119 Dim US_ID As String = Requete_Reception("SELECT US_ID FROM USERS WHERE US_LOGIN=" + LeLogin + "")
120 Dim Val_Exist As Boolean
121
122 Sub Verif_Val()
123

```

```

124 Dim NBR_VAL As Integer = Requete_Reception("SELECT COUNT(AP_ID) FROM ALT_POIDS WHERE US_ID=" + US_ID + ")")
125
126 If NBR_VAL > 0 Then
127     Val_Exist = True
128 Else
129     Val_Exist = False
130 End If
131
132 End Sub
133
134 Sub Remplissage_DGV_Perf()
135
136     Verif_Val()
137
138     If Val_Exist = True Then
139
140         Dim CR_ID As Integer
141
142         Dim AL_ID1 As Integer = Requete_Reception("SELECT AL_ID FROM ALTERNATIVES WHERE AL_LIB=" + Replace(dgv_perf.Rows(0).
143 Cells(0).Value.ToString, "'", "/") + "'")
144         Dim AL_ID2 As Integer = Requete_Reception("SELECT AL_ID FROM ALTERNATIVES WHERE AL_LIB=" + Replace(dgv_perf.Rows(1).
145 Cells(0).Value.ToString, "'", "/") + "'")
146         Dim AL_ID3 As Integer = Requete_Reception("SELECT AL_ID FROM ALTERNATIVES WHERE AL_LIB=" + Replace(dgv_perf.Rows(2).
147 Cells(0).Value.ToString, "'", "/") + "'")
148
149         'Critère n°1
150
151         CR_ID = Requete_Reception("SELECT CR_ID FROM CRITERES WHERE CR_LIB=" + Replace(dgv_perf.Columns(1).HeaderText, "'", "/
152 ") + "'")
153
154         dgv_perf.Rows(0).Cells(1).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID1 & " AND
155 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
156         dgv_perf.Rows(1).Cells(1).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID2 & " AND
157 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
158         dgv_perf.Rows(2).Cells(1).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID3 & " AND
159 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
160
161         'Critère n°2
162
163         CR_ID = Requete_Reception("SELECT CR_ID FROM CRITERES WHERE CR_LIB=" + Replace(dgv_perf.Columns(2).HeaderText, "'", "/
164 ") + "'")
165
166         dgv_perf.Rows(0).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID1 & " AND
167 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
168         dgv_perf.Rows(1).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID2 & " AND
169 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
170         dgv_perf.Rows(2).Cells(2).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID3 & " AND
171 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
172
173         'Critère n°3
174
175         CR_ID = Requete_Reception("SELECT CR_ID FROM CRITERES WHERE CR_LIB=" + Replace(dgv_perf.Columns(3).HeaderText, "'", "/
176 ") + "'")
177
178         dgv_perf.Rows(0).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID1 & " AND
179 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
180         dgv_perf.Rows(1).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID2 & " AND
181 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
182         dgv_perf.Rows(2).Cells(3).Value = Requete_Reception("SELECT AP_POIDS FROM ALT_POIDS WHERE AL_ID=" & AL_ID3 & " AND
183 US_ID=" & US_ID & " AND CR_ID=" & CR_ID & ")")
184
185     End If
186 End Sub
187
188 End Class

```