

## **Table des matières**



<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1 Contexte de l'étude.....	3
2 Description de l'étude.....	3
3 Plan.....	5
Première partie : Généralités.....	5
Deuxième partie : Recherche des $N$ meilleures solutions.....	5
Troisième partie : Post-traitements.....	6
<b>PREMIERE PARTIE : Généralités.....</b>	<b>7</b>
<b>CHAPITRE I Reconnaissance de la parole.....</b>	<b>9</b>
1 Système de reconnaissance.....	10
1.1 Analyse acoustique.....	11
1.2 Décodage des informations.....	11
2 Caractéristiques des systèmes de reconnaissance.....	12
3 Techniques de reconnaissance.....	12
3.1 Alignement temporel.....	12
3.2 Méthode statistique.....	13
3.3 Méthode connexionniste.....	13
4 Introduction aux modèles de Markov cachés.....	14
4.1 Modèles de Markov.....	14
4.2 Phase de reconnaissance.....	16
4.3 Probabilité d'émission des observations.....	16
4.4 Algorithme de Viterbi.....	17
4.5 Détermination des paramètres du modèle.....	18
5 Reconnaissance de mots connectés.....	18
5.1 One-Pass.....	19
5.2 Level-Building.....	20
6 Quelques systèmes de reconnaissance.....	21
7 Système de reconnaissance PHIL90.....	23
7.1 Modélisation statistique.....	23
7.2 Analyse acoustique.....	23
7.3 Modélisation d'une application.....	23
7.3.1 Modélisation par mots.....	24
7.3.2 Modélisation par phonèmes.....	24
7.3.3 Modélisation par allophones.....	25
<b>CHAPITRE II Algorithmes de recherche dans un graphe.....</b>	<b>27</b>
1 Généralités.....	27
2 Méthodes de recherche dans un graphe.....	28

2.1 Méthodes de recherche aveugle.....	29
2.1.1 Recherche en largeur .....	29
2.1.2 Recherche en profondeur .....	30
2.2 Méthode de recherche ordonnée.....	30
3 Algorithme A* .....	31
3.1 Fonction coût.....	31
3.2 Stratégie de recherche du noeud final .....	32
3.3 Choix de la fonction h .....	34
3.4 Admissibilité de l'algorithme A* .....	34
4 Exemple de comparaison .....	35
5 Heuristiques dans les techniques de reconnaissance automatique de la parole.....	37
<b>DEUXIEME PARTIE : Recherche des <math>N</math> meilleures solutions.....</b>	<b>39</b>
<b>CHAPITRE III Méthodes de recherche des <math>N</math> meilleures solutions .....</b>	<b>41</b>
1 Introduction .....	41
2 Méthodes de recherche.....	41
2.1 A partir de la solution optimale .....	41
2.2 A partir de l'algorithme One-Pass .....	42
2.3 A partir d'une méthode de recherche en largeur .....	44
2.4 A partir de l'algorithme A* .....	45
2.5 A partir des $N$ meilleurs scores .....	46
<b>CHAPITRE IV Méthode utilisée pour la recherche des <math>N</math> meilleures solutions.....</b>	<b>49</b>
1 Introduction .....	49
2 Description de la méthode de recherche.....	50
2.1 Phase aller.....	50
2.2 Phase retour.....	50
3 Gestion de la pile.....	53
<b>CHAPITRE V Corpus de données .....</b>	<b>55</b>
<b>CHAPITRE VI Résultats.....</b>	<b>57</b>
1 Introduction .....	57
2 Développement du modèle .....	57
2.1 Compilation du modèle .....	57
2.2 Initialisation des paramètres .....	59
2.3 Apprentissage .....	59
2.4 Test de reconnaissance.....	59

3	Mesure du taux d'erreur résiduel.....	59
4	Nombre de solutions à développer.....	60
5	Seuil de reconnaissance.....	60
6	Indication des intervalles de confiance.....	61
7	Résultats : Taux d'erreur résiduel.....	62
7.1	Mots isolés.....	62
7.2	Mots connectés.....	63
8	Temps de recherche des $N$ meilleures solutions.....	64
8.1	Mots isolés.....	64
8.2	Mots connectés.....	66
9	Conclusion.....	67
<b>TROISIEME PARTIE : Post-traitement des <math>N</math> meilleures solutions .....</b>		<b>69</b>
<b>CHAPITRE VII Etat de l'art dans les post-traitements.....</b>		<b>71</b>
1	Introduction.....	71
2	Caractéristiques des post-traitements.....	72
2.1	Post-traitement segmental.....	72
2.2	Post-traitement syntaxique.....	72
3	Premiers pas dans le post-traitement segmental.....	73
3.1	Post-traitement segmental connexionniste.....	74
3.2	Post-traitement segmental statistique.....	75
<b>CHAPITRE VIII Post-traitement syntaxique.....</b>		<b>77</b>
1	Introduction.....	77
2	Description du post-traitement.....	78
3	Résultats.....	79
<b>CHAPITRE IX Post-traitement segmental statistique.....</b>		<b>81</b>
1	Introduction.....	81
2	Description de l'observation.....	83
3	Modélisation statistique d'un segment.....	83
3.1	Segments.....	84
3.2	Etiquettes.....	85
3.3	Modèles statistiques.....	86
4	Paramètres segmentaux.....	86
4.1	Introduction.....	86
4.2	Vecteurs des coefficients.....	87
4.2.1	Coefficients temporels.....	87
4.2.2	Coefficients acoustiques.....	88

5	Modélisation d'un mot .....	88
6	Calcul des probabilités des solutions .....	89
6.1	Calcul de la probabilité d'émission d'une solution .....	89
6.2	Probabilité d'émission d'un segment .....	91
6.3	Score segmental d'une solution .....	92
7	Caractéristiques de l'application .....	93
7.1	Silence .....	93
7.2	Contexte .....	94
7.3	Normalisation de la durée .....	94
8	Recherche de la combinaison optimale .....	95
9	Conclusion .....	98
<b>CHAPITRE X Résultats du post-traitement segmental .....</b>		<b>99</b>
1	Introduction .....	99
2	Les 5 types d'expérience .....	100
2.1	Contexte indépendant, sans silence et avec durée relative .....	100
2.2	Contexte indépendant, avec silence et durée relative .....	101
2.3	Contexte dépendant, avec silence et durée relative .....	102
2.4	Contexte dépendant, avec silence et durée absolue .....	102
2.5	Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue .....	102
3	Seuil minimum sur l'écart type des gaussiennes .....	103
4	Vecteur des coefficients .....	103
5	Prise en compte du modèle correct uniquement .....	104
5.1	Score d'une solution .....	104
5.2	Paramètre de combinaison $\alpha$ .....	104
5.3	Contexte indépendant sans silence et avec durée relative .....	106
5.4	Contexte indépendant avec silence et durée relative .....	107
5.5	Contexte dépendant avec silence et durée relative .....	108
5.6	Contexte dépendant avec silence et durée absolue .....	109
5.7	Conclusion .....	110
6	Prise en compte des modèles corrects et incorrects .....	110
6.1	Modélisation des segments incorrects .....	110
6.2	Paramètre de combinaison $\alpha$ .....	111
6.3	Contexte indépendant sans silence et avec durée relative .....	112
6.4	Contexte indépendant avec silence et durée relative .....	113
6.5	Contexte dépendant avec silence et durée relative .....	114
6.6	Contexte dépendant avec silence et durée absolue .....	115
6.7	Conclusion .....	116
7	Modélisation avec des multigaussiennes .....	116

7.1 Technique de clustering.....	116
7.2 Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue.....	118
7.3 Contexte indépendant, sans silence et avec durée absolue .....	119
7.4 Résultats sur les autres corpus de données.....	121
8 Corrects vs Corrects/Incorrects .....	122
9 Conclusion .....	123
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>125</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>131</b>
<b>Annexe 1 Correspondance entre code phonétique CNET et code API .....</b>	<b>133</b>
<b>Annexe 2 Corpus du Trégor.....</b>	<b>135</b>
<b>Annexe 3 Résultats des <i>N</i> meilleures solutions pour une modélisation par mots .....</b>	<b>137</b>
1 Intervalles de confiance .....	137
2 Mots isolés.....	138
3 Mots connectés .....	139
3 Conclusion .....	139
<b>Annexe 4 Post-traitement syntaxique .....</b>	<b>141</b>
<b>Annexe 5 Prise en compte des modèles corrects uniquement.....</b>	<b>143</b>
1 Contexte dépendant, sans silence et avec durée relative .....	143
2 Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue .....	144
<b>Annexe 6 Prise en compte des modèles corrects et incorrects.....</b>	<b>145</b>
1 Contexte dépendant, sans silence et avec durée relative .....	145
2 Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue .....	146
<b>Annexe 7 Apport des multigaussiennes sur les modèles corrects et incorrects .....</b>	<b>147</b>
1 Corpus du Trégor.....	148
1.1 Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue.....	148
1.2 Contexte indépendant, sans silence et avec durée absolue .....	149
1.3 Contexte dépendant avec silence et durée relative.....	150
Corpus d'apprentissage .....	150
Corpus de test .....	151
2 Corpus des chiffres.....	152
2.1 Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue.....	152

Corpus d'apprentissage .....	152
Corpus de test .....	153
2.2 Contexte dépendant, avec silence et durée relative.....	154
Corpus d'apprentissage .....	154
Corpus de test .....	155
3 Nombres .....	156
3.1 Contexte dépendant, sans silence et avec durée absolue.....	156
Corpus d'apprentissage .....	156
Corpus de test .....	157
3.2 Contexte dépendant, avec silence et durée relative.....	158
Corpus d'apprentissage .....	158
Corpus de test .....	159
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>161</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>171</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>177</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>183</b>