



Un langage contrôlé pour les instructions nautiques du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Julie Sauvage-Vincent

► To cite this version:

Julie Sauvage-Vincent. Un langage contrôlé pour les instructions nautiques du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Réseaux et télécommunications [cs.NI]. Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique, 2017. Français. NNT : 2017IMTA0001 . tel-01810642

HAL Id: tel-01810642

<https://theses.hal.science/tel-01810642>

Submitted on 8 Jun 2018

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.

**UNIVERSITE
BRETAGNE
LOIRE**

THÈSE / IMT Atlantique

sous le sceau de l'Université Bretagne Loire
pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE IMT Atlantique

*Mention : Sciences et Technologies de l'Information
et de la Communication*

École Doctorale Sicma

Présentée par

Julie Sauvage-Vincent

Préparée au département Informatique
Laboratoire Labsticc

**Un langage contrôlé pour les
Instructions nautiques du
Service Hydrographique et
Océanographique
de la Marine**

**A Controlled Language for the
French National Hydrographic and
Oceanographic Service Coast
Pilot Books Instructions nautiques**

Thèse soutenue le 16 janvier 2017

devant le jury composé de :

Isabelle Borne

Professeure, à l'UBS, Laboratoire IRISA / Présidente

Sébastien Ferré

Maître de conférences (HDR), Laboratoire IRISA / Rapporteur

Éric Saux

Maître de conférences (HDR), École Navale BCRM de Brest / Rapporteur

Georges Antoniadis

Professeur, Université de Grenoble-Alpes / Examineur

Yannis Haralambous

Directeur d'études, Labsticc IMT Atlantique / Examineur

Nathalie Leidinger

Ingénieure, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine / Invitée

John Puentes

Maître de conférences (HDR), Labsticc IMT Atlantique / Directeur de thèse

Maybe the only significant difference between a really smart simulation and a human being was the noise they made when you punched them.

Terry Pratchett, *The Long Earth*

If you can't give me poetry, can't you give me poetical science?

Ada Lovelace

Résumé

LES LANGAGES CONTRÔLÉS sont des langages artificiellement définis utilisant un sous-ensemble du vocabulaire, des formes morphologiques, des constructions syntaxiques d'une langue naturelle¹ tout en en éliminant la polysémie. En quelque sorte, ils constituent le pont entre les langages formels et les langues naturelles. De ce fait, ils remplissent la fonction de communication du médium texte tout en étant rigoureux et analysables par la machine sans ambiguïté. En particulier, ils peuvent être utilisés pour faciliter l'alimentation de bases de connaissances, dans le cadre d'une interface homme-machine.

Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) publie depuis 1971 les *Instructions nautiques*, des recueils de renseignements généraux, nautiques et réglementaires, destinés aux navigateurs. Ces ouvrages complètent les cartes marines. Elles sont obligatoires à bord des navires de commerce et de pêche. D'autre part, l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) a publié des normes spécifiant l'échange de données liées à la navigation et notamment un modèle universel de données hydrographiques (norme S-100, janvier 2010).

Cette thèse se propose d'étudier l'utilisation d'un langage contrôlé pour représenter des connaissances contenues dans les *Instructions nautiques*, dans le but de servir de pivot entre la rédaction du texte par l'opérateur dédié, la production de l'ouvrage imprimé ou en ligne, et l'interaction avec des bases de connaissances et des outils d'aide à la navigation. En particulier on étudiera l'interaction entre le langage contrôlé des *Instructions nautiques* et les cartes électroniques correspondantes. Plus généralement, cette thèse se pose la question de l'évolution d'un langage contrôlé et des ontologies sous-jacentes dans le cadre d'une application comme les *Instructions nautiques*, qui ont la particularité d'avoir des aspects rigides (données numériques, cartes électroniques, législation) et des aspects nécessitant une certaine flexibilité (rédaction du texte par des opérateurs humains, imprévisibilité du type de connaissance à inclure par l'évolution des usages et des besoins des navigants). De manière similaire aux ontologies dynamiques que

1. L'expression de langue « naturelle » est un anglicisme, l'anglais n'ayant pas, contrairement au français deux termes distincts pour « langue » et « langage ».

l'on rencontre dans certains domaines de connaissance, on définit ici un langage contrôlé dynamique.

Le langage contrôlé décrit dans cette thèse constitue une contribution intéressante pour la communauté concernée puisqu'il touche au domaine maritime, domaine encore inexploité dans l'étude des langages contrôlés, mais aussi parce qu'il présente un aspect hybride, prenant en compte les multiples modes (textuel et visuel) présents dans le corpus constitué par les *Instructions nautiques* et les documents qu'elles accompagnent. Bien que créé pour le domaine de la navigation maritime, les mécanismes du langage contrôlé présentés dans cette thèse ont le potentiel pour être adaptés à d'autres domaines utilisant des corpus multimodaux. Enfin, les perspectives d'évolution pour un langage contrôlé hybride sont importantes puisqu'elles peuvent exploiter les différents avantages des modes en présence (par exemple, une exploitation de l'aspect visuel pour une extension 3D).

Table des matières

Résumé	iii
Table des matières	v
Acronymes	xiii
Liste des Figures	xv
Liste des Tableaux	xix
Liste des Listings	xxi
Introduction	1
0.1 Contexte	2
0.1.1 Un peu d'histoire	2
0.1.2 Les missions du SHOM	3
0.1.3 Des textes compagnons aux cartes marines	4
0.1.4 Utilisation actuelle des textes compagnons	7
0.1.5 Multimodalité du corpus	9
0.1.6 La refonte des <i>Instructions nautiques</i>	9
0.2 Problématique	11
0.3 Solution	12
0.3.1 Quelles solutions possibles?	12
0.3.2 Une solution qui s'impose d'elle-même	13
0.3.3 Différents cas d'utilisation de la solution envisagée	14

0.3.3.1	Cas d'utilisation n° 1 : population et enrichissement des <i>Instructions nautiques</i>	15
0.3.3.2	Cas d'utilisation n° 2 : génération automatique de partie des <i>Instructions nautiques</i>	16
0.3.3.3	Cas d'utilisation n° 3 : préparation d'une traversée . . .	17
0.4	« Carte » de la thèse	18
I	État des lieux et réflexions sur une solution	21
1	Rencontre entre le traitement automatique de la langue et l'informa- tion géographique	23
1.1	Traitement Automatique de la Langue	24
1.1.1	Les langages contrôlés	24
1.1.1.1	Historique	24
1.1.1.2	Langages contrôlés vs. sous-langages	28
1.1.1.3	Les différents types	30
	Les langages contrôlés naturalistes	31
	Les langages contrôlés formalistes	31
1.1.1.4	Structure d'un langage contrôlé	33
1.1.2	La Génération Automatique de Textes	34
1.1.2.1	Architecture classique d'un système de GAT	35
1.1.2.2	Défi du <i>discourse planning</i>	36
1.2	Informations géographiques	37
1.2.1	Géomatique	38
1.2.2	Systèmes d'information géographique	38
1.2.2.1	Quels outils pour la représentation de la connaissance spatiale dans un SIG ?	40
1.2.2.2	Typologie des SIG	42
1.2.2.3	Un SIG pour la navigation en mer	43
	Quelles sont les informations présentes dans un ECDIS ? . . .	43
1.2.3	Les cartes marines	46

1.2.3.1	RNC	48
1.2.3.2	ENC	48
1.2.3.3	Différences entre RNC et ENC	49
1.3	Langage & espace	50
1.3.1	Représentation de l'espace dans le langage	50
1.3.2	Méréotopologie, « méréolinguistique » ?	53
1.4	Conclusion	54
2	Langages contrôlés et représentation des connaissances	57
2.1	Principes généraux	58
2.1.1	La représentation des connaissances	58
2.1.1.1	Les logiques de description	59
2.1.1.2	Les réseaux sémantiques et assimilés	60
	Les graphes conceptuels	61
	Les ontologies et bases de connaissances	64
2.1.1.3	Taxonomie des systèmes d'organisation de la connaissance	67
2.1.2	Interrogation et manipulation des connaissances	70
2.1.2.1	Langages de requêtes	70
	SPARQL	70
	CYPHER	71
2.1.2.2	Projection	73
2.2	Interfaces exploitant les langages contrôlés	74
	Édition d'une KB via un langage contrôlé	74
	Interrogation d'une KB via un langage contrôlé : le cas OWLPath	75
2.3	Quelles solutions pour des usagers non-experts ?	76
2.3.1	Les avantages des langages contrôlés...	76
2.3.2	...et leurs défauts	80
2.4	Conclusion	80

3	Un langage contrôlé comme interface de base de connaissances	81
3.1	Introduction	82
3.2	Modélisation des <i>Instructions nautiques</i>	82
3.2.1	Les détails de la modélisation	83
3.3	La base de connaissances du SHOM	85
3.3.1	Les instances	88
3.3.2	Les relations	88
3.3.3	Vocabulaire et syntaxe du langage contrôlé	89
3.4	Langage contrôlé brut vs. langage contrôlé littéraire	91
3.5	Interaction avec les ENC ?	93
3.6	Limitations du langage contrôlé unimodal	94
3.7	Conclusion	95
4	Extension du langage contrôlé unimodal en langage contrôlé hybride	97
4.1	Introduction	98
4.2	Qu'est-ce qu'un langage visuel ?	98
4.2.1	Principes généraux	98
4.2.2	La chorématique, ou la « linguistique géographique »	100
4.2.3	L'angle de la cognition	103
4.3	Un Langage Contrôlé Visuel	105
4.3.1	Des grammaires non-contextuelles aux grammaires Symbol-Relation	107
4.3.2	Une grammaire SR fondée sur la logique topologique : la grammaire SR-RCC8	111
	Premier exemple	112
	Deuxième exemple	114
4.4	INAUT, introduction d'un Langage Contrôlé Hybride	118
4.4.1	Étude de cas	118
4.4.2	Le graphe de la base de connaissances	120
4.4.3	Les principes d'un LCH	122
4.5	Fonctionnements du LCH	123

4.5.1	Les cartes et leurs textes compagnons : des propositions formulées en LCH	123
4.5.2	Application du LCH aux <i>Instructions nautiques</i> et ENC . . .	124
4.5.2.1	Exemple d'un paragraphe en INAUT	125
4.5.2.2	Structure d'INAUT	127
	Les types	127
	Les objets, attributs et relations	129
	La grammaire visuelle	129
4.5.2.3	Complémentarité entre représentations textuelles et visuelles	129
4.6	Les opérations du Langage Contrôlé	130
4.6.1	Mises à jour collaboratives	131
4.6.2	Génération automatique textuelle en INAUT et LitINAUT	132
4.6.2.1	Détermination du contenu	132
4.6.2.2	Structure du document, agrégation et réalisation linguistique	133
	Sous-tâche 1 : Trier les composantes connexes de G	134
	Sous-tâche 2 : Trouver un nœud de départ <i>S</i> pour chaque composante.	135
	Sous-tâche 3 : Établir le fractionnement et l'ordre des phrases.	136
	Sous-tâche 4 : Finaliser le texte généré.	138
4.6.2.3	La question de la stabilité	139
4.6.3	Interaction avec les ENC	141
4.7	Classification d'INAUT	142
4.7.1	Précision	143
4.7.2	Expressivité	143
4.7.3	Naturel	144
4.7.4	Simplicité	144
4.7.5	Types de langages contrôlés	145
4.7.6	INAUT, un langage contrôlé $P^5E^3N^4S^3$	145
4.8	Conclusion	147

II Démarche, implémentation et évaluation de la solution	149
5 Implémentation d'un Langage Contrôlé Hybride	151
5.1 <i>Frameworks</i> d'implémentation d'un langage contrôlé	152
5.1.1 L'existant	152
5.1.2 Grammatical Framework	152
5.1.3 Les différents modules d'une grammaire GF	156
5.2 Extension de Grammatical Framework pour un langage contrôlé hybride	161
5.2.1 Design de l'implémentation d'INAUT en GF	161
5.2.2 Grammaire abstraite d'INAUT	162
5.2.3 Grammaire concrète de la partie textuelle	164
5.2.4 Grammaire concrète de la partie visuelle	165
5.3 L'implémentation dans NaVisu	167
5.3.1 Présentation de NaVisu	168
5.3.2 Utilisation d'INAUT dans NaVisu	169
5.3.2.1 Saisie de texte INAUT	169
5.3.2.2 Sélection d'une zone géographique	170
5.4 Réflexions sur l'évaluation d'INAUT	171
5.4.1 Méthodes d'évaluation d'un langage contrôlé	171
5.4.1.1 Approches axées tâches	172
5.4.1.2 Approches axées paraphrase	172
5.4.1.3 Le <i>framework Ontograph</i>	173
5.4.2 Évaluation orientée humain du système INAUT	175
5.4.2.1 Évaluation du système : <i>System Usability Scale</i>	177
Participants	178
Protocole	178
5.4.2.2 Évaluation de la GAT	180
Participants	181
Protocole	181
5.4.3 Évaluation orientée machine du système INAUT	182

5.4.3.1	Linéarisation GF	182
5.4.3.2	Génération Automatique de Textes INAUT	184
	Choix de la première phrase	185
	Ordonnancement dans le paragraphe	185
5.5	Conclusion	186
6	Conclusion et perspectives	187
6.1	Bilan	188
6.2	Les extensions potentielles du système	189
6.2.1	Une extension 3D	189
6.2.2	Un système Question-Réponse	191
6.2.3	Une prise en compte de la dangerosité	192
6.3	Conclusion	193
	Références	195
A	Publications	213
B	Liste non exhaustive des langages contrôlés existants	215
B.1	Langages contrôlés naturalistes	215
B.2	Langages contrôlés formalistes	216
C	Fragment du guide stylistique pour les <i>Instructions nautiques</i>	219
D	Exemple d'une fiche traversée	229
E	Exemple d'une fiche de préparation de quart	237
F	« En Pologne, c'est-à-dire nulle part » (A. Jarry)	241
G	Structure hiérarchique type des <i>Instructions nautiques</i>	245
H	Tableau de données portuaires	251
I	Les énoncés du <i>System Usability Scale</i>	253
	Glossaire	253

Acronymes

ACE Attempto Controlled English.

BNF forme de Backus-Naur.

ECDIS Electronic Chart Display and Information System, système de visualisation des cartes électroniques et d'information.

ENC Electronic Navigational Chart, carte électronique de navigation.

GAT Génération Automatique de Textes.

GF Grammatical Framework.

IHM Interaction/Interface Homme-Machine.

IN *Instructions nautiques*.

INAUT Langage contrôlé pour les *Instructions nautiques* présenté dans cette thèse.

KB Base de connaissances.

LCH Langage Contrôlé Hybride.

LCV Langage Contrôlé Visuel.

LitINAUT Version « littéraire » d'INAUT.

NLU Natural Language Understanding, compréhension du langage naturel.

OHI Organisation Hydrographique Internationale.

OMI Organisation Maritime Internationale.

PENS Système de classification des langages contrôlés (Précision Expressivité Naturel Simplicité).

RCC8 Region Connection Calculus.

RNC Raster Navigational Chart, carte raster de navigation.

RST Rhetorical Structure Theory, théorie de la structure rhétorique.

SHOM Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

SIG Système d'Information Géographique.

SR Symbol-Relation.

SUS System Usability Scale, échelle d'utilisabilité d'un système.

TAL Traitement Automatique de la Langue.

WYSISYM What You See Is What You Mean, « tel affichage, telle signification ».

WYSIWYG What You See Is What You Get, « tel affichage, tel résultat ».

Liste des figures

0.1	Carte des côtes bretonnes	2
0.2	Chronologie de l'histoire du SHOM	4
0.3	Carte des côtes bretonnes version papier	5
0.4	Carte des côtes bretonnes version électronique	5
0.5	Espaces maritimes sous juridiction française	6
0.6	Exemple d'une carte incomplète sans les <i>Instructions nautiques</i> . . .	8
0.7	Artefact multimodal constitué par les cartes marines et les <i>Instruc-</i> <i>tions nautiques</i>	9
0.8	Aperçu du projet du SHOM	14
0.9	Cas d'utilisation n° 1	15
0.10	Cas d'utilisation n° 2	16
0.11	Cas d'utilisation n°3	17
0.12	Carte rhétorique de la thèse	19
1.1	Émission et décodage d'un message dans une IHM	35
1.2	Architecture d'un système de GAT	36
1.3	Relations des différentes sciences de la géomatique	39
1.4	Représentations de certaines relations du RCC8	41
1.5	Sorties possibles d'un SIG	43
1.6	Organisations internationales impliquées dans la standardisation des ECDIS	44
1.7	Flux de données d'un ECDIS	46
1.8	Suivi d'un navire de pêche grâce à l'AIS	47

1.9	Affichage des pixels d'une image	48
1.10	Implicite vs. explicite	49
2.1	Exemple d'un graphe existentiel	62
2.2	Exemple d'un graphe conceptuel	64
2.3	Extrait d'une ontologie illustrant le concept de « navire »	67
2.4	Exemple d'une taxonomie	69
2.5	Une relation entre deux nœuds	72
2.6	Une projection de H sur G	74
2.7	Les langages contrôlés, formels et naturels	77
3.1	Les différents éléments de la modélisation	83
3.2	Le même graphe avec trois racines différentes	83
3.3	Plusieurs modificateurs	85
3.4	Modélisation des <i>Instructions nautiques</i>	86
3.5	Un paragraphe représenté dans la base de connaissances	89
3.6	Arbre syntaxique d'une phrase en langage contrôlé	90
3.7	Objets présents à la fois dans les <i>Instructions nautiques</i> et dans la carte	93
4.1	Primitives graphiques de VQL	99
4.2	Deux dispositions différentes de régions respectant le RCC8	100
4.3	Un document multimodal	106
4.4	Un arbre en grammaire SR	110
4.5	Sémantique d'un arbre en grammaire SR	111
4.6	Exemple d'une phrase visuelle	112
4.7	Différentes configurations de parties d'une même phrase visuelle	113
4.8	Second exemple d'une phrase visuelle	114
4.9	Trois configurations différentes	115
4.10	Arbre syntaxique de la phrase visuelle de la figure 4.6.	116
4.11	Arbre des attributs sémantiques de la phrase visuelle présentée en figure 4.6	117
4.12	Surface, syntaxe et sémantique d'une phrase en langage hybride	119

4.13 Un extrait de la figure 4.12	120
4.14 De la conjonction des formules logiques au graphe de la KB, en deux étapes	121
4.15 Fragment de la KB	126
4.16 Structure hiérarchique type d'un volume des IN	128
4.17 Intention de la phrase « La plage est dominée par l'agglomération. »	130
4.18 Architecture du système de la KB du SHOM	131
4.19 Fil directeur d'un volume des IN	134
4.20 Erreur détectée dans le volume D2.1 des IN	142
4.21 Vraie position du port du Rouet	143
5.1 Arbres syntaxiques générés par les règles d'une grammaire non- contextuelle	153
5.2 Arbres syntaxiques générés par les règles d'une grammaire non- contextuelle en finnois	154
5.3 Une grammaire abstraite avec quatre linéarisations différentes . . .	155
5.4 Une grammaire abstraite avec deux linéarisations différentes	156
5.5 Passage à une architecture modulaire	160
5.6 Design d'implémentation d'INAUT en GF	161
5.7 Arbre de la phrase « La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] » généré grâce à la grammaire abstraite d'Inaut implémentée en GF.	164
5.8 Les mots de départ pour la rédaction en INAUT.	166
5.9 Relations RCC8 disponibles pour commencer la rédaction du lan- gage visuel.	167
5.10 Les suggestions proposées par GF pour poursuivre la rédaction : dominée, limitée et située.	167
5.11 Représentation d'une phrase INAUT dans la syntaxe abstraite et dans les deux syntaxes concrètes disponibles.	168
5.12 Sélection et chargement d'un volume des <i>Instructions nautiques</i> dans NaVisu	169
5.13 Validation d'une édition des <i>Instructions nautiques</i>	170
5.14 Sélection par parcours de la structure hiérarchique (à droite) ou par zones géographiques (à gauche)	171

5.15 Exemple d'un <i>ontograph</i>	175
5.16 Schéma de communication	176
5.17 Échelle d'interprétation d'un score SUS	177
5.18 Tâche (2) de l'évaluation utilisant le <i>SUS</i>	179
5.19 Exemple de nœuds de la base de connaissances	184
6.1 Affichage 3D d'une ENC	191
6.2 Affichage 2D d'une ENC	192
6.3 Prise en compte de la dangerosité	194
E.1 Recto d'une fiche de préparation de quart vierge	237
E.2 Verso d'une fiche de préparation de quart vierge	238
E.3 Recto d'une fiche de préparation de quart remplie	238
E.4 Verso d'une fiche de préparation de quart remplie	239
F.1 Carte de la Pologne	242

Liste des tableaux

0.1	Longueur de côte et superficies des espaces maritimes français . . .	7
1.1	Alphabet klingon	30
1.2	Les relations du RCC8	41
1.3	Correspondance entre les relations du RCC8 et la <i>4-intersection</i> . . .	42
2.1	Classification des différents niveaux des langages de représenta- tions des connaissances	59
2.2	Syntaxe d'une logique de description	61
2.3	Exemple d'une TBox avec sa signification	61
2.4	Exemple d'une ABox pouvant s'appliquer à l'exemple de TBox pré- senté dans le tableau 2.3 – Une même TBox peut se voir appliquer différentes ABoxes	62
2.5	Résultat de la requête SPARQL 2.1	72
4.1	Socle de la chorématique	101
4.2	Genres du discours et construction cognitive contemporaine	104
4.3	Résumé de la hiérarchie définie par Chomsky	107
4.4	Taxonomie des éléments visuels que l'on peut rencontrer dans une carte	124
4.5	Les différents symboles du concept <i>Wreck</i>	128
4.6	Code des propriétés des Langages Contrôlés	145
5.1	Catégories syntaxiques et lexicales fermées autorisées par GF . . .	158
5.2	Catégories lexicales ouvertes autorisées par GF	159

5.3	Des catégories de la grammaire abstraite accompagnées de leur signification et d'exemples.	163
5.4	Énoncés ACE correspondants à l' <i>ontograph</i> de la figure 5.15	174
6.1	Table attributaire de l'objet 1333 dans l'ENC FR468430	190
H.1	2.2.3.5.A. – Port de Banyuls-sur-Mer (42°28,89' N – 3°08,05' E) (<i>tableau issu du volume D2.1 des IN</i>)	251

Liste des listings

2.1	Exemple de requête SPARQL	71
2.2	Syntaxe de CYPHER	72
2.3	Structure d’une requête CYPHER simple	72
2.4	Extrait de la base de connaissances “African Wildlife” du logiciel Fluent Editor verbalisée en langage contrôlé Ontorion	74
2.5	Requête SPARQL générée depuis une requête en langage contrôlé	76
5.1	Règles d’une grammaire non-contextuelle	152
5.2	Grammaire non-contextuelle du listing 5.1 en finnois	153
5.3	Exemple d’une grammaire abstraite minimale pour INAUT	156
5.4	Exemple d’une grammaire concrète minimale pour la partie tex- tuelle d’INAUT	156
5.5	Le foncteur InautI ouvrant une interface de syntaxe et une inter- face de lexique. Le mot-clef incomplete indique qu’il s’agit d’un foncteur et non d’une grammaire concrète.	157
5.6	Interface LexInaut. Le mot-clef oper désigne une opération* qui consiste, ici, à assigner une catégorie à la fonction baie_N.	159
5.7	Instance LexInautTxt qui contient le lexique de la grammaire concrète textuelle d’INAUT.	159
5.8	Grammaire concrète InautTxt qui instancie les interfaces Syntax et LexInaut.	160
5.9	Quelques fonctions de la grammaire asbtraite d’INAUT	163

Introduction

"Begin at the beginning," the King said, gravely, "and go on till you come to an end ; then stop."

Lewis Carroll, *Alice in Wonderland*

LE sujet de cette thèse est la création d'un langage contrôlé pour les *Instructions nautiques* du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM). Nous nous proposons de justifier la nécessité de ce langage contrôlé, les défis qu'il représente, décrire son utilisation ainsi que son implémentation. Pour mieux comprendre l'intérêt de ce langage, il nous faut d'abord expliciter les besoins du SHOM, mais aussi le cadre culturel et scientifique dans lesquels s'inscrit ce projet.

0.1 Contexte

0.1.1 Un peu d'histoire

En 1660 est initié par Colbert la création du *Neptune françois*² (cf. figure 0.1), un recueil de cartes nautiques, dont le but est d'améliorer la sécurité de la navigation. Il constitue le premier véritable atlas nautique publié en France par les presses de l'Imprimerie royale à Paris en 1693, mais ne rencontrera du succès qu'à la moitié du XVIII^e siècle, certainement en raison des réticences des navigateurs face à la projection de Mercator³ utilisée dans le *Neptune*.

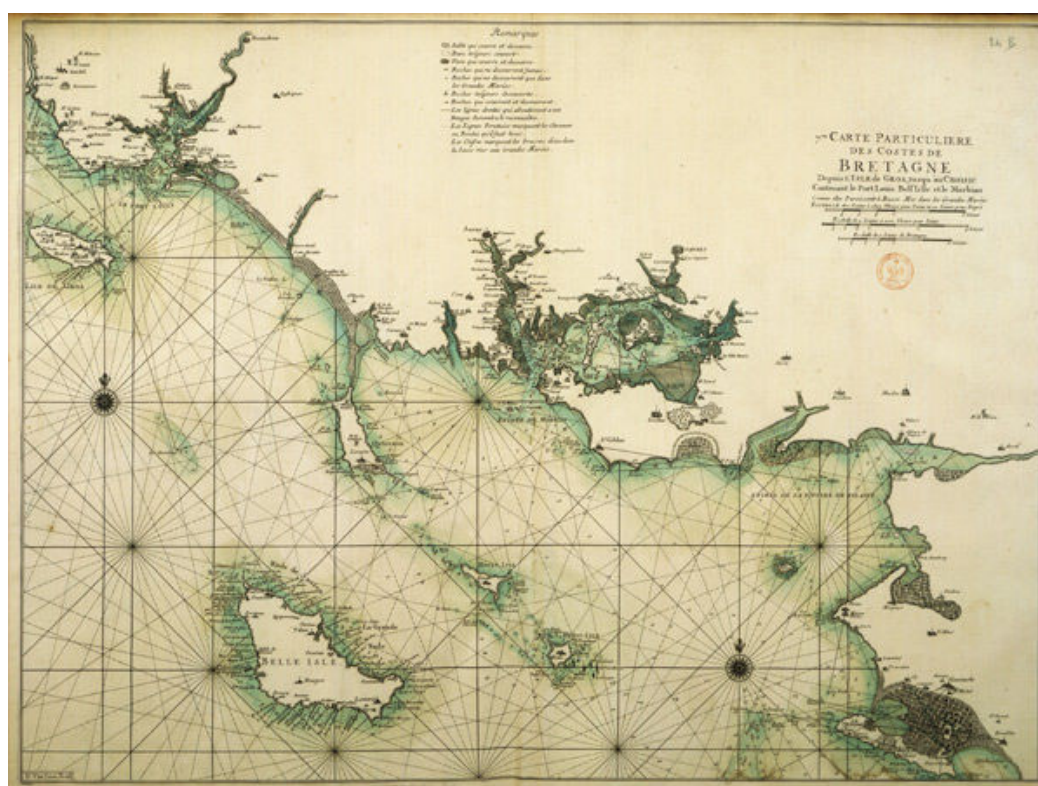


Figure 0.1 — Carte des côtes bretonnes, vers Belle-Île-en-Mer – extrait du *Neptune François*

Jusqu'alors édité par des intérêts privés, le *Neptune François* devient, vers la moitié du XVIII^e, la charge du *Dépôt des cartes et plans de la Marine* créé en 1720 par

2. Le nom de « Neptune », dieu romain des océans, aurait vraisemblablement été choisi pour faire écho aux Atlas qui tirent leur nom du Titan grec en charge, selon la mythologie, de porter la voûte céleste. Ainsi les Atlas sont en charge de la cartographie terrestre, tandis que le Neptune est en charge de la cartographie maritime.

3. Projection de la surface terrestre sur un cylindre tangent à l'équateur, inventée au XVI^e siècle par le mathématicien flamand Mercator, de son vrai nom Gerhard Kremer.

le Régent (cf. figure 0.2). Le *Neptune François* est d'une grande importance dans l'histoire des cartes marines mais aussi dans celle des *Instructions nautiques*. En effet, c'est pour accompagner le Neptune que les premières instructions françaises ont été rédigées ; elles accompagneront par la suite le *Pilote français* de Beautemps-Beaupré⁴ [168].

Héritier du *Dépôt des cartes et plans de la Marine*, considéré comme le premier service hydrographique officiel du monde, le SHOM, lui-même créé en 1971, publie les ouvrages nautiques pour le compte de la France. Il compte de nombreux équivalents à l'international dont :

- le *United Kingdom Hydrographic Office*⁵ au Royaume-Uni,
- le *National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Coast Survey*⁶ aux États-Unis,
- le *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*⁷ en Allemagne,
- le *Landhelgisgæsla Íslands*⁸ en Islande,
- etc.

0.1.2 Les missions du SHOM

Avant d'expliquer plus en détail les missions affectées au SHOM, nous pouvons nous attarder un instant sur la signification même de *Service Hydrographique et Océanographique de la Marine*. Il est en effet intéressant pour faciliter la compréhension du sujet de savoir ce que sont l'hydrographie et l'océanographie.

L'hydrographie est une branche des sciences appliquées qui traite de la mesure et de la description des caractéristiques physiques des océans, mers, zones côtières, lacs et rivières. Elle permet de prédire leurs changements dans le temps. Elle se distingue de l'*hydrologie*, science qui a pour objet l'étude des eaux marines, lacustres, fluviales et des eaux des nappes phréatiques, ainsi que des phénomènes qui les affectent ; en ce sens, l'hydrologie marine est une branche de l'océanographie.

L'océanographie quant à elle a pour objet la description du milieu marin, comprenant les courants océaniques, les modifications climatiques ou encore

4. Ingénieur hydrographe et cartographe français du XVIII^e siècle.

5. <http://www.ukho.gov.uk>

6. <http://www.nauticalcharts.noaa.gov>

7. <http://www.bsh.de>

8. <http://www.lhg.is>



Une autre des missions principales du SHOM est celle de la tenue à jour et de l'édition de l'information nautique textuelle sur toutes les zones maritimes couvertes par la France, ce qui inclut les *Instructions nautiques* ou encore les atlas

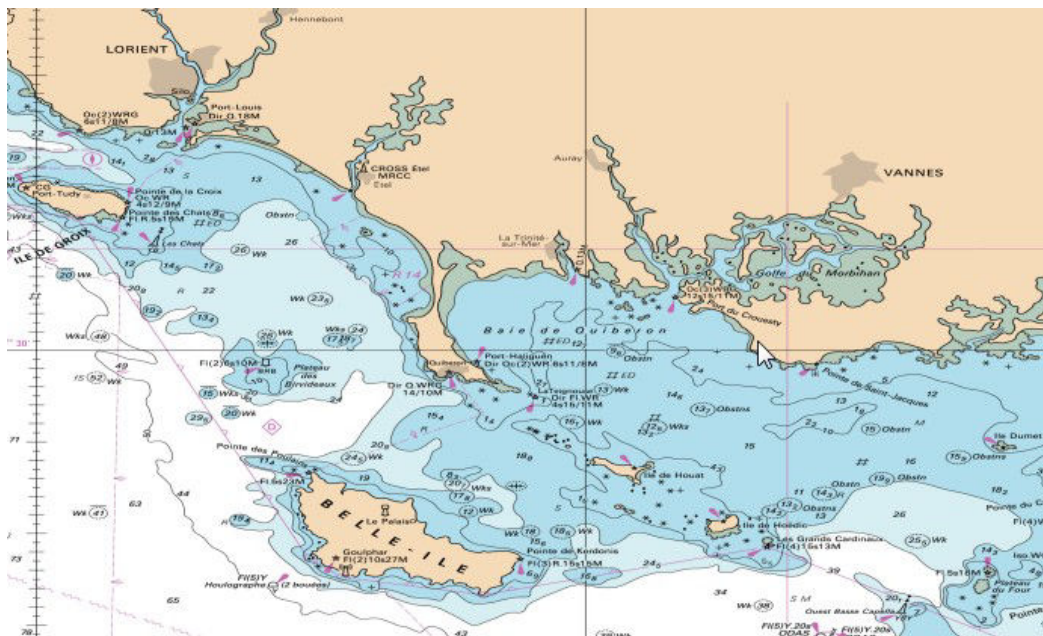


Figure 0.3 — Carte des côtes bretonnes, région de Belle-Île-en-Mer, version papier

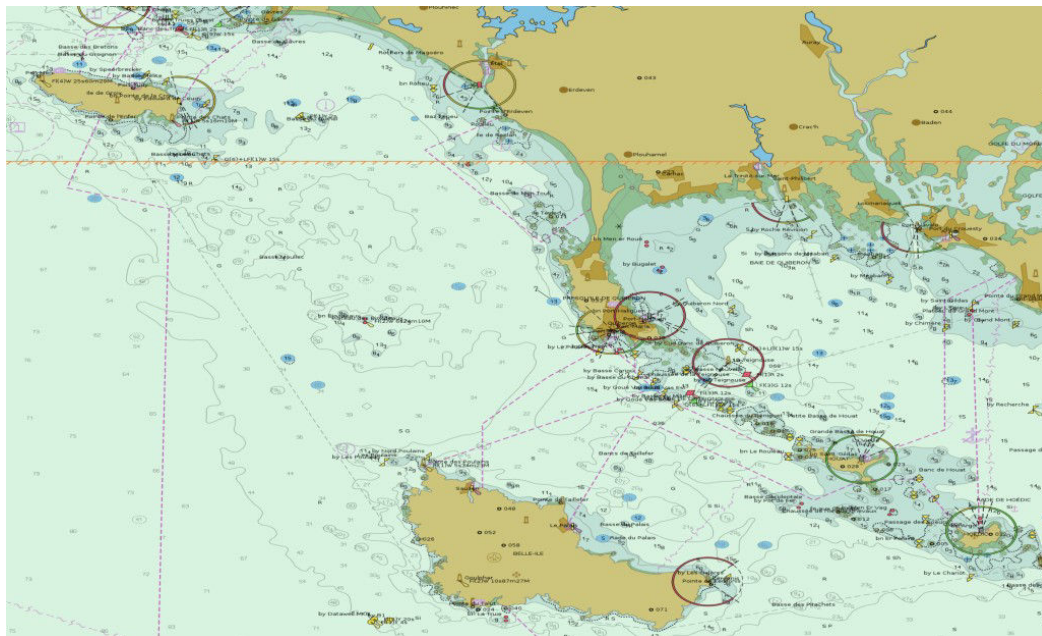


Figure 0.4 — Carte des côtes bretonnes, région de Belle-Île-en-Mer, version électronique

des courants et les livres de feux. Les *Instructions nautiques* constituent des *textes compagnons* des cartes marines, elles sont un outil indispensable qui accompagne

les cartes marines et les complète en fournissant des informations essentielles telles que la réglementation, les données* météorologiques, les canaux VHF⁹ ou même des informations culturelles et linguistiques. Elles complètent les cartes marines en apportant des informations qu'il serait difficile, voire impossible, à représenter graphiquement dans celles-ci.

Éditées par le SHOM, les *Instructions nautiques* sont mises à jour sur une base quadriennale. Les experts chargés de ces mises à jour sont d'anciens marins de la Marine Nationale ayant navigué pendant de nombreuses années et ainsi acquis une grande connaissance* des côtes et ports des zones maritimes couvertes par la France.

Avec 11 millions de km² d'espaces maritimes sous juridiction française (cf. table 0.1), la France dispose du 2^e domaine maritime mondial, juste après les États-Unis (cf. figure 0.5).

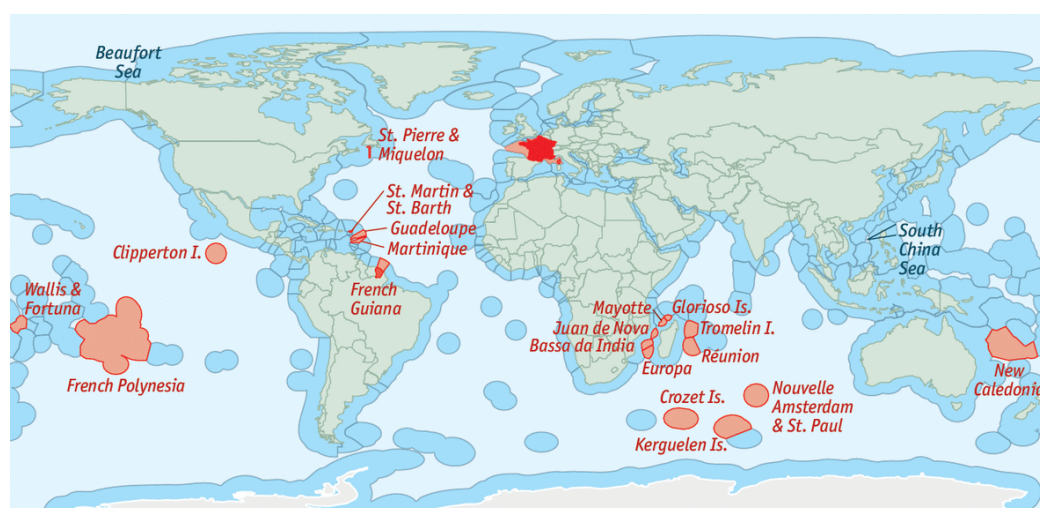


Figure 0.5 — Espaces maritimes sous juridiction française (source : <http://marineregions.org/>)

Ces zones sont placées sous la responsabilité cartographique de la France au sein de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) ou en application d'accords bilatéraux avec certains États côtiers.

Pour gérer cet espace maritime, le SHOM dispose d'équipes effectuant les relevés hydrographiques, mais aussi de rédacteurs techniques ayant une grande expérience de la navigation, de cartographes, d'ingénieurs, etc. assurant le recueil, le traitement et la diffusion de l'information nautique indispensable à la navigation

9. Canaux à très hautes fréquences (Very High Frequency).

Zone	Longueur trait de côte en km ²	Superficie en milliers de km ²
Métropole	5853	349
Antilles-Guyane	1380	264
Réunion, Mayotte et îles éparses	401	1058
Polynésie française	4497	4804
Nouvelle-Calédonie	3367	1364
Wallis et Futuna	106	266
Terres australes et antarctiques françaises	2709	1727
Amérique du Nord	137	10
Pacifique Nord	5	434

Table 0.1 — Longueur de côte et superficies des espaces maritimes français

que ce soit pour la Marine Nationale, la marine marchande ou la navigation de plaisance.

0.1.4 Utilisation actuelle des textes compagnons

Dans son ouvrage sur la sémiologie graphique [19], Jacques Bertin analyse l'utilisation des constructions graphiques par le lecteur et parvient à la conclusion que :

Tout lecteur cherche à comprendre et à retenir. Or il mesure instantanément le temps qu'il lui faudrait « perdre » pour découvrir les relations que ces dessins ne montrent pas. En conséquence, il tourne la page et cherche dans le texte la réduction qu'il attend. Car toute communication est une réduction.

Ainsi quand un usager de la mer utilise une carte il cherche les réponses que cette construction graphique se doit de lui fournir : quels sont les objets à utiliser ? Comment les traiter ? Mais la carte ne peut pas tout montrer. Elle présente un certain degré d'exactitude cartographique : le degré d'exactitude dans la représentation des objets du monde réel et celui de l'information contenue dans la carte.

Si les cartes marines présentent un haut degré d'exactitude dans le dessin de la carte, l'information contenue quant à elle, à défaut d'être inexacte, n'est pas parfaitement complète. L'utilisateur est donc contraint d'utiliser les *Instructions nautiques* en regard des cartes marines correspondantes.

La figure 0.6 présente l'utilisation qui est faite des *Instructions nautiques*. En effet, sur la zone représentée on peut voir en vert les zones dangereuses et en noir les différentes zones du port comprenant les quais où il est possible de mouiller. Néanmoins, si l'on complète avec les *Instructions nautiques*, on peut lire que :



Figure 0.6 — Exemple d’une carte incomplète sans les *Instructions nautiques* – L’anse de droite est l’anse de la Ville. On constate qu’il n’y a aucune indication graphique d’un quelconque mouillage à l’ouverture de cette anse alors qu’il est mentionné dans les *Instructions nautiques*.

– À l’ouvert de l’anse de la Ville, profondeur 5 à 6 m, protégé des vents de Nord et de NW, intenable par vent d’Est...

se trouve un mouillage possible, pourtant non présent sur la carte. Par conséquent, un navigateur de la Marine Nationale, qui prépare par exemple une fiche traversée (cf. annexe D, page 229 pour un exemple) ou une fiche de préparation de quart (cf. annexe E, page 237), devra obligatoirement lire toutes les instructions correspondant aux zones de la traversée afin de recenser les mouillages, les dangers, les conditions de prise de pilotage ou encore les canaux VHF. Cette utilisation correspond à l’usage principal qui est fait des *Instructions nautiques* dans la Marine Nationale. Nous verrons un peu plus tard différents usages des *Instructions nautiques* dans le cadre d’un système permettant leur mise à jour et leur génération automatique via l’utilisation d’un langage contrôlé (cf. section 0.3.3).

0.1.5 Multimodalité du corpus

Une des caractéristiques du corpus de travail est qu'il est multimodal. En effet, l'utilisation nécessairement complémentaire entre *Instructions nautiques* et cartes marines donne lieu à un corpus contenant à la fois des documents visuels et des documents textuels. La multimodalité est définie par Van Leeuwen dans son ouvrage sur la sémiotique [201, p. 281] comme

the combination of different semiotic modes – for example, language and music – in a communicative artefact or event.

Van Leeuwen distingue plusieurs modalités, entre autres, la modalité linguistique, la modalité visuelle, la modalité acoustique ou encore la modalité vestimentaire. Dans notre cas ce sont les deux premières modalités qui s'interpénètrent : la modalité textuelle est influencée par la modalité visuelle et inversement. En effet, la multimodalité suppose des interactions ou des interdépendances entre plusieurs modalités au sein d'un même artefact. Ainsi, les *Instructions nautiques* se combinent aux cartes marines dans la création d'un artefact à la fois visuel et textuel (cf. figure 0.7). Puisque le corpus est multimodal, deux lo-

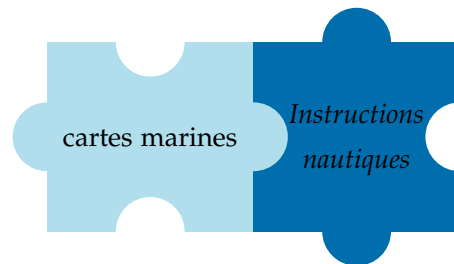


Figure 0.7 — Artefact multimodal constitué par les cartes marines et les *Instructions nautiques*

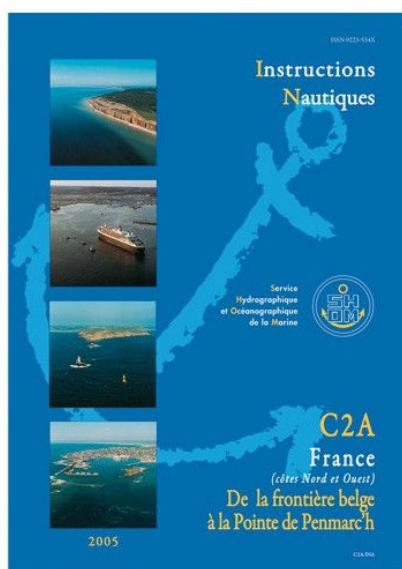
giques différentes gouvernent les modalités : la modalité textuelle est gouvernée par une logique de séquences temporelles et/ou spatiales tandis que la modalité visuelle est gouvernée par une logique de la spatialité et de la simultanéité [104, p. 151].

Nous nous devons donc de tenir compte de cet aspect à la fois textuel et visuel au sein du projet.

0.1.6 La refonte des *Instructions nautiques*

Dans un but de facilitation de la diffusion, de la rédaction ainsi que de la mise à jour de l'information nautique, le SHOM a entrepris une refonte complète des *Instructions nautiques*. Jusqu'alors diffusées principalement au format papier et

mises à jour dès que nécessaire par le rédacteur en charge de la zone traitée, elles sont soumises à de très nombreuses modifications éditées sur cédérom ou sur livret papier. Ces formats, ainsi que ce mode de fonctionnement, ne correspondent plus ni aux besoins, ni aux technologies des usagers de la mer. La nécessité d'une mise à jour en temps réel, pour amoindrir le facteur danger, mais aussi collaborative pour permettre à n'importe quel rédacteur de mettre à jour un ouvrage est devenue primordiale. Cette nécessité à laquelle on peut ajouter le désir d'effectuer des requêtes intelligentes, crée de nouveaux besoins concernant les *Instructions nautiques*.



Pour répondre à ces besoins, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine a donc lancé un projet de création d'une Base de connaissances (KB) – *Knowledge Base* – couvrant à la fois la connaissance contenue dans les *Instructions nautiques* et dans les cartes marines. Mais comment enrichir et mettre à jour une base de connaissances quand ses usagers sont des personnes qui ne maîtrisent en aucun cas les formalismes nécessaires à son accès et à son utilisation ? Nous faut-il alors demander à des experts de la navigation d'apprendre de nouveaux formalismes pour la représentation des connaissances ? En effet, la tenue, la mise à jour mais aussi l'exploitation d'une base de connaissances repose sur

différents formalismes. Ainsi, une base de connaissances peut être formalisée via des graphes conceptuels ou des logiques de description, interrogée grâce à des langages conçus spécifiquement pour cet usage tels que CYPHER ou SPARQL, etc. Ces différents formalismes seront présentés plus tard (*cf.* chapitre 2), leur richesse, leur diversité et leur niveau de complexité en font des outils très efficaces mais en même temps difficile à appréhender pour quiconque n'est pas expert du domaine.

L'enrichissement ainsi que la population de la base de connaissances devraient pouvoir être effectués aussi, après validation par un expert, par n'importe quel usager de la mer. C'est donc le système qui se doit d'être un expert pluridisciplinaire et non l'utilisateur qui n'a pas à pâtir des difficultés qu'imposent la création d'un tel outil.

0.2 Problématique

La problématique émerge naturellement au vu des contraintes exposées précédemment. La création de la base de connaissances du SHOM, qui doit prendre en compte les aspects textuels des *Instructions nautiques* mais aussi les aspects visuels/graphiques des cartes marines, nécessite la création d'un outil d'interaction avec la base, utilisable sans connaissance des formalismes nécessaires. Les cartes marines, sans les *Instructions nautiques*, ne sont pas complètes et présentent alors une source d'information incomplète. Mais l'inverse est tout autant vrai. En effet, il n'est que difficilement possible de comprendre les *Instructions nautiques* sans avoir accès aux cartes correspondantes.

De ce fait, l'association entre cartes marines et textes compagnons crée un document multimodal qui nécessite une prise en compte elle aussi multimodale. Or, les langages contrôlés ont été créés pour traiter des éléments textuels et non pas graphiques. Le problème qui se pose alors est : comment traiter les relations de complémentarité entre deux modes différents ? C'est en partie à cette question que nous essaierons de répondre dans cette thèse.

Un autre défi du travail entrepris est celui du contenu implicite des *Instructions nautiques* : la rédaction des instructions est effectuée par des experts du domaine, d'anciens membres de la Marine Nationale avec de très nombreuses années d'expérience, qui utilisent tout un savoir implicite pour, entre autres, ordonnancer les descriptions qu'ils donnent ou choisir les objets importants à mettre en avant. Il a donc été important de parvenir à expliciter cette connaissance afin de la réinvestir dans la création du langage contrôlé. Cette explicitation dépasse ainsi le domaine des langages contrôlés et il nous faut prendre en compte plusieurs autres domaines dont les sciences de l'information géographique ainsi que la cognition.

Enfin, la création de ce nouveau langage contrôlé impose, de par l'origine même des *Instructions nautiques*, le respect de conventions de rédaction et d'une histoire spécifiques au SHOM qui ne doivent pas être effacées par une innovation, mais aussi une étude approfondie du rôle de la complémentarité entre cartes et instructions, ou encore la prise en compte de documents graphiques telles les cartes dans la création d'un outil *a priori* purement textuel.

0.3 Solution

0.3.1 Quelles solutions possibles ?

Les *Instructions nautiques* présentent plusieurs particularités qu'il nous faut prendre en compte :

1. elles sont rédigées par des personnes n'ayant aucune connaissance des formalismes de représentation des connaissances ;
2. elles sont publiées sur support papier et consultées ainsi par les usagers de la mer ;
3. elles possèdent un « fil narratif » (*guiding path*) qui correspond à un itinéraire de navigation précis et découpé en sections ;
4. il y a une nécessité de rigueur et de précision puisque le SHOM peut être engagé juridiquement sur le contenu des données publiées.

La particularité (1) est d'ores et déjà une raison suffisante pour chercher une solution plus appropriée mais, en outre, la prise en compte des trois autres particularités forcent à suivre un processus contraignant lors de la rédaction d'instructions :

1. extraire les connaissances du texte rédigé par l'opérateur, y compris le fil narratif ;
2. vérifier leur cohérence et leur conformité avec la carte correspondante ;
3. en cas de problème (ambiguïté, divergence entre carte et texte), revenir sur le texte et le corriger ;
4. ré-itérer ce cycle pour s'assurer de la validité du texte.

Une solution semble alors s'imposer : puisque les instructions sont rédigées en langue (naturelle), pourquoi ne pas utiliser cet outil ?

Un problème se pose néanmoins comme l'explique Robert W. Bemer [15] :

Without intent to put programmers on a par with philosophers, we observe a certain similarity, if one recalls the Philosopher's Stone that was supposed to have power to turn base metals into gold. For many years we have lived in the dream where the Programmers' Stone, under the guise of using English (or some other "natural language") is supposed to have the power to turn programming drudgery into an easy task. Those who believe it, have not convinced us who do not, but, alas neither have been able to shake their faith.

En effet, le degré d'ambiguïté dans la langue (naturelle) est considéré trop extrême pour être considéré comme une interface entre l'humain et la machine,

comme un outil informatique à part entière [79]. Bien que Bremer ait écrit ces quelques lignes il y a maintenant plus de quarante ans, elles n'en restent pas moins vraies. Bien entendu le domaine du Traitement Automatique de la Langue a fait de nombreuses avancées et les technologies langagières se rapprochent de plus en plus de cette "Programmers' Stone", mais il reste encore énormément à faire avant de pouvoir communiquer parfaitement, sans ambiguïtés, avec une machine.

0.3.2 Une solution qui s'impose d'elle-même

Cependant, un langage se fondant sur une langue (naturelle) tout en réduisant la grammaire et le vocabulaire pour éviter les ambiguïtés et permettre à une machine de le comprendre est une solution qui semble idéale et qui existe déjà puisqu'il s'agit d'un langage contrôlé. En effet, le langage contrôlé offre un compromis entre langue (naturelle) et formalisme. Il permet à l'utilisateur de communiquer de façon intuitive et naturelle avec la machine qui peut analyser sans ambiguïtés le langage de l'utilisateur et ainsi procéder aux traitements désirés. Ainsi, via un langage contrôlé, il nous est possible d'offrir aux usagers de la mer un moyen de communication simple, proche de la langue (naturelle), pour accéder à une base de connaissances sur la navigation maritime. Très schématiquement, le projet du SHOM peut être graphiquement décrit par la figure 0.8 : les utilisateurs peuvent intervenir, au moyen d'une interface graphique utilisant un langage contrôlé, sur la base de connaissances elle-même alimentée par les *Instructions nautiques* et les cartes marines. Les instructions, une fois la base de connaissances modifiée, peuvent être à nouveau générées et diffusées.

Comme nous le verrons un peu plus loin (*cf.* chapitre 1), les langages contrôlés revêtent différentes formes et donnent lieu à de nombreux usages. Nous pouvons pour le moment nous contenter de définir un langage contrôlé comme un sous-ensemble d'une langue (naturelle) donnée reprenant une partie de sa grammaire et de son vocabulaire afin de créer un langage univoque et clair, proche de la langue (naturelle), compréhensible à la fois par l'humain et la machine. En ce sens, le langage contrôlé joue le rôle d'intermédiaire entre la machine et l'humain.

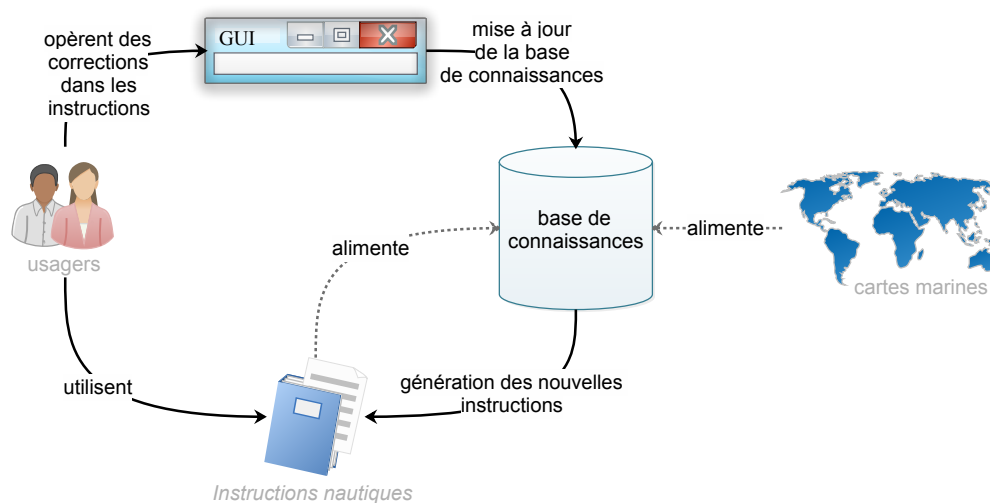


Figure 0.8 — Aperçu du projet du SHOM

Il se comporte comme une *lingua franca*¹⁰ (« langue des Francs ») ; à l'image de la *lingua franca* d'origine, il a pour vocation de permettre la communication entre deux entités aux langages différents. La différence principale dans le cas présent est qu'il ne s'agit pas de deux langues (naturelles) mais d'une langue (naturelle) et du langage artificiel de la machine. Cela suppose donc de tenir compte du mode de fonctionnement des deux langages en présence : le locuteur « machine » n'acquiert pas naturellement la connaissance du monde, contrairement au locuteur humain, il est alors nécessaire d'apprendre à la machine les concepts et notions utilisés par son interlocuteur.

0.3.3 Différents cas d'utilisation de la solution envisagée

Nous proposons ici de présenter trois cas d'utilisation possible du langage contrôlé et de son système, une utilisation future des textes compagnons :

10. À l'origine, la *lingua franca*, à ne pas confondre avec l'arabe لِسْنُ الْفَرَنْجِ (*lisan-al-faranj*) « qui peut nommer n'importe quelle langue parlée par des Francs (Occidentaux) perçus d'un point de vue levantin » [8], était une langue véhiculaire, utilisée du Moyen-Âge au XIX^e siècle, parlée par les locuteurs de l'arabe avec les voyageurs et commerçants de l'Europe de l'Ouest et utilisée pour échanger sur des problématiques commerciales simples [1, 46]. Plus tard, son sens s'est étendu pour devenir celui d'un *langage de commerce* stable et offrant peu d'ambiguïtés jusqu'au sens qu'on lui connaît aujourd'hui, celui d'une langue véhiculaire utilisée par des populations de langue différente pour communiquer entre elles.

1. Le premier cas présenté est celui de l'enrichissement ou de l'alimentation¹¹ de la base de la connaissances via l'utilisation du langage contrôlé pour la mise à jour des *Instructions nautiques*.
2. Le deuxième cas d'utilisation propose la génération automatique d'instructions depuis la base de connaissances lors de ses potentielles mises à jour ou lors d'une interaction avec la carte de la part d'un utilisateur.
3. Enfin, le dernier cas d'utilisation présente la création d'une fiche traversée.

0.3.3.1 Cas d'utilisation n° 1 : population et enrichissement des *Instructions nautiques*

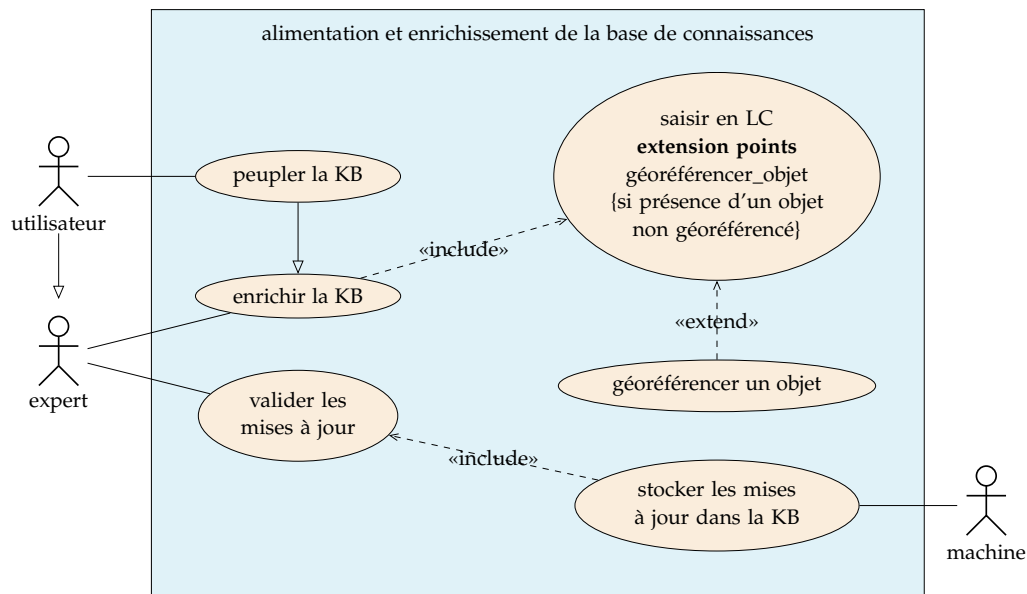


Figure 0.9 — Cas d'utilisation n° 1 : population et enrichissement des *Instructions nautiques* via la base de connaissances

Acteurs : utilisateur lambda, expert (rédacteurs des *Instructions nautiques*), machine.

Pré-conditions : les utilisateurs sont des experts de la navigation maritime.

Scénario nominal : 1. Le **système** affiche une interface avec une zone de saisie de texte, la structure du volume des *Instructions nautiques* concerné et la carte marine correspondante.

11. Nous faisons ici la distinction entre enrichissement et alimentation de notre base de connaissances. En effet, alors que l'alimentation suppose l'ajout d'instances, l'enrichissement consiste à créer de nouveaux concepts.

2. L'utilisateur peuple la base de connaissances (Knowledge Base, KB) en saisissant directement du LC.
3. L'utilisateur peut géoréférencer les objets saisis à la demande du LC.
4. Le **système** propose à l'expert de valider la population.
5. L'expert valide la population.
6. La machine stocke la mise à jour après validation.

Scénario alternatif : 2.a. L'expert enrichit la KB en saisissant directement du LC.

- 2.b. L'utilisateur décide d'interrompre sa mise à jour.
- 3.a. L'utilisateur décide d'interrompre sa mise à jour.
- 5.a. L'expert ne valide pas la mise à jour.

Fin : à l'étape 6 après stockage des mises à jour par la machine ou aux étapes 2, 3 et 5 sur décision de l'utilisateur.

0.3.3.2 Cas d'utilisation n° 2 : génération automatique de partie des *Instructions nautiques*

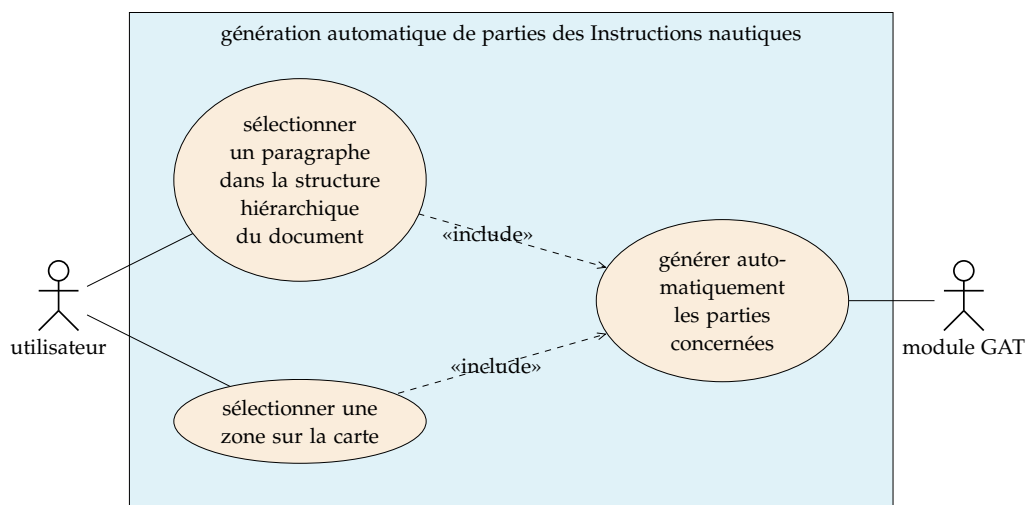


Figure 0.10 — Cas d'utilisation n° 2 : génération automatique de parties des *Instructions nautiques*

Acteurs : utilisateur, module de Génération Automatique de Textes (GAT).

Pré-conditions : les utilisateurs sont des experts de la navigation maritime.

Scénario nominal : 1. Le **système** affiche une interface avec une zone de saisie de texte, la structure du volume des *Instructions nautiques* concerné et la carte marine correspondante.

2. L'utilisateur sélectionne un paragraphe dans la structure hiérarchique de l'ouvrage désiré.
3. Le module de GAT génère le texte des parties concernées.
4. Le système affiche le résultat.
5. L'utilisateur peut modifier sa sélection.
6. Le module de GAT génère le texte des parties concernées.
7. Le système affiche le résultat.

Scénario alternatif : 2.a. L'utilisateur sélectionne une zone géographique sur la carte présente dans l'interface.

2.b. L'utilisateur décide d'interrompre sa sélection.

5.a. L'utilisateur décide d'interrompre sa sélection.

Fin : aux étapes 4 et 7 après affichage du résultat de la génération ou aux étapes ou aux étapes 2 et 5 sur décision de l'utilisateur.

0.3.3.3 Cas d'utilisation n° 3 : préparation d'une traversée

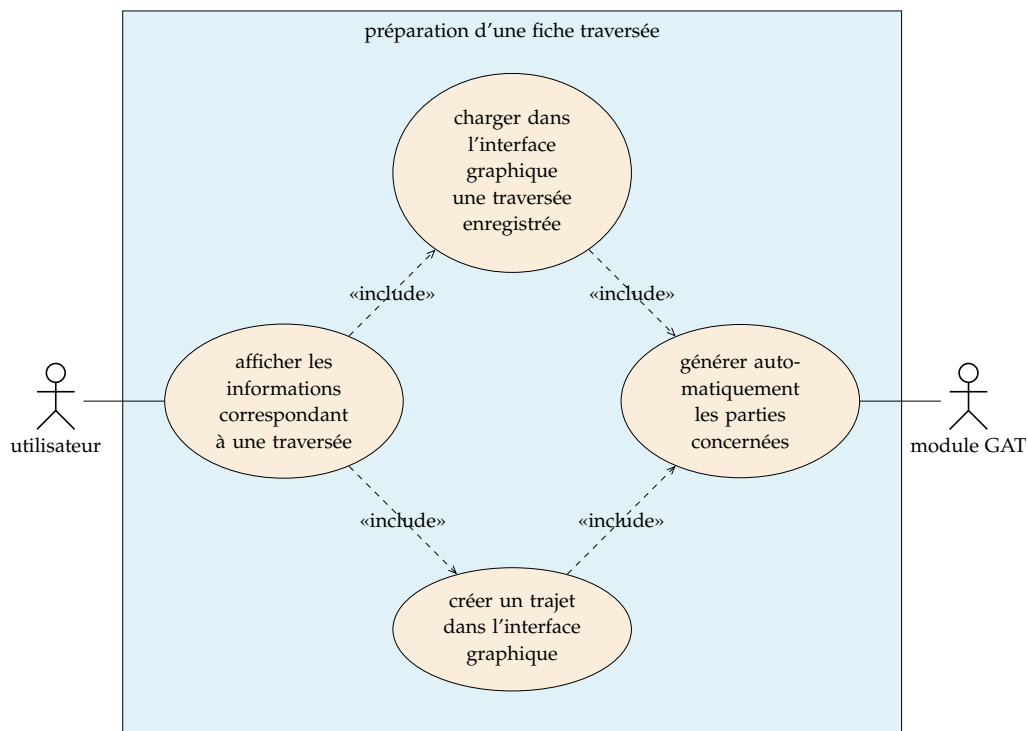


Figure 0.11 — Cas d'utilisation n°3 : préparation d'une fiche traversée

Acteurs : utilisateur lambda, module GAT.

Pré-conditions : les utilisateurs sont des experts de la navigation maritime.

Scénario nominal : 1. Le **système** affiche une interface avec une zone de saisie de texte, la structure du volume des *Instructions nautiques* concerné et la carte marine correspondante.

2. L'*utilisateur* crée un trajet dans l'interface graphique en sélectionnant des points.

3. Le **système** affiche le trajet.

4. Le *module de GAT* génère le texte.

5. Le **système** affiche le texte généré.

Scénario alternatif : 2.a. L'*utilisateur* charge dans l'interface graphique une traversée précédemment enregistrée.

2.b. L'*utilisateur* décide d'interrompre son action.

Fin : à l'étape 5 lorsque le système affiche pour l'utilisateur les informations concernant la traversée chargée ou nouvellement définie ou à l'étape 2 sur décision de l'utilisateur.

Nous venons de voir qu'il existe de nombreux cas d'utilisation possibles pour un système impliquant un langage contrôlé pour les *Instructions nautiques* ; bien que ce langage contrôlé ne soit pas toujours directement utilisé par un utilisateur, il est au cœur des différentes opérations réalisables puisqu'il permet la saisie, il peut être restitué automatiquement via le module de GAT et il est au centre des mécanismes du système.

0.4 « Carte » de la thèse

La structure de cette thèse est la suivante : après cette introduction nous proposons un état de l'art aux chapitres 1 et 2 qui reviennent sur les différents domaines abordés, une des spécificités du travail accompli étant qu'il se positionne sur plusieurs disciplines paraissant, au premier abord, éloignées les unes des autres. Ces premiers chapitres servent ainsi à faciliter la compréhension de la suite, mais surtout du bilan. Puis, une première solution aux problématiques évoquées (cf. *supra*) sera présentée au chapitre 3. Cette solution « temporaire » sera complétée au chapitre suivant (cf. chapitre 4), permettant ainsi d'aborder plus en détail un point évoqué dans cette introduction : la multimodalité. Ainsi, les chapitres 3 et 4 proposent une présentation des interactions possibles entre un langage contrôlé et une base de connaissances, des avantages et des limites de ces interactions justifiant ainsi l'apport de l'introduction d'un langage contrôlé hybride (LCH). Cette partie constitue un pré-requis facilitant la description de

l'implémentation d'un LCH au chapitre 5 dans la seconde partie de ce manuscrit.

Finalement nous concluons au chapitre 6 avec un bilan du travail accompli, des innovations apportées et perspectives d'évolution du langage contrôlé.

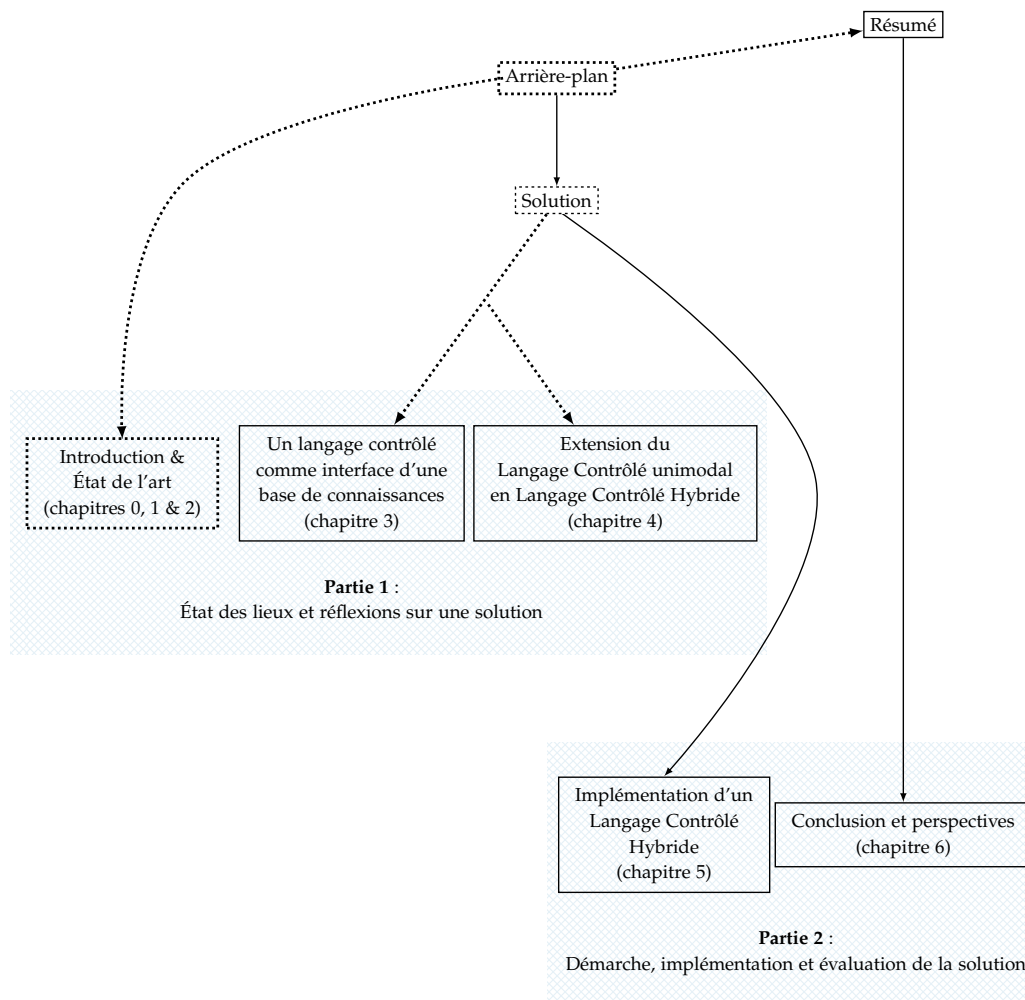


Figure 0.12 — Carte rhétorique de la thèse

Première partie

**État des lieux
et réflexions sur une solution**

Chapitre

1

Rencontre entre le traitement automatique de la langue et l'information géographique

Careful. We don't want to learn from this.

Bill Watterson, *Calvin and Hobbes*

CE chapitre propose un aperçu des travaux existants dans les domaines abordés par cette thèse. De par sa pluridisciplinarité, le travail présenté a abordé des domaines à la fois très différents mais pourtant étroitement liés : le Traitement Automatique de la Langue et les Sciences de l'Information Géographique.

La notion de langage contrôlé sera d'abord abordée en commençant par ses origines et ses premières utilisations, utilisations qui évoluent en même temps que les langages contrôlés. Puis, nous ferons un bref aperçu de la Génération Automatique de Textes (GAT), ses utilisations et les défis qu'elle impose avant de traiter la portion des sciences de l'information géographique touchée par cette thèse.

1.1 Traitement Automatique de la Langue

Les langages contrôlés constituent un sous-domaine du Traitement Automatique de la Langue (TAL) lui-même sous-domaine de l'Intelligence Artificielle. Le TAL est par essence un domaine pluridisciplinaire faisant intervenir les concepts de la linguistique et de l'informatique en premier lieu, mais aussi ceux de la logique, de la traductologie, de la documentation ou encore de la cognition. Nous disposons aujourd'hui de systèmes puissants capables de conduire des voitures ou de jouer aux échecs aussi bien que l'humain, mais lorsqu'il s'agit d'activités langagières, force est de constater que l'automatisation ne fait aussi bien que l'humain que dans des cas bien précis et très délimités.

Il reste encore beaucoup à faire dans le domaine du TAL, dont les applications possibles ne cessent de croître grâce à l'informatisation en constante progression des activités : systèmes de renseignements à voix synthétique, outils de traitement de texte, aide à la traduction, génération automatique de résumés, etc.

Cette informatisation concerne directement le sujet central de cette thèse puisque c'est aussi dans un but de modernisation, via l'informatisation des *Instructions nautiques*, que le SHOM a entrepris une refonte de la documentation produite, notamment via un langage contrôlé.

1.1.1 Les langages contrôlés

1.1.1.1 Historique

De quoi parlons-nous lorsque nous évoquons les *langages contrôlés* ? Le terme et sa définition semblent vagues devant l'abondance de définitions et d'utilisations des langages contrôlés au cours des décennies. Le premier langage contrôlé remonte à 1932 avec le *Basic English* d'Ogden [142]. En sélectionnant un sous-ensemble de règles syntaxiques et de vocabulaire de l'anglais, Ogden crée un anglais aux règles grammaticales simples et au vocabulaire limité assimilable en très peu de temps par des locuteurs non-natifs. Le *Basic English* se veut donc une *lingua franca* permettant un accès plus facile à l'anglais aux populations ayant émigré dans des pays anglophones mais aussi aux locuteurs natifs illettrés [172].

Ogden, lors de la création du *Basic English*, est confronté à différentes contraintes [96] :

“the balancing and ordering of many rival claims—simplicity, ease of learning, scope, clarity, naturalness—all to be as far as possible satisfied and reconciled.”

Simplicité, naturel, variété d'expressions et facilité d'apprentissage sont donc les qualités attendues du *Basic English* de 1932.

Le domaine des langages contrôlés est en pleine expansion depuis plusieurs années et ne cesse d'investir des domaines de plus en plus spécifiques en prenant une variété de formes : vocabulaire contrôlé, guide stylistique, sous-langage, langages artificiels, etc. La liste de dénominations est longue et les différences entre tous ces termes sont nombreuses, mais la volonté de créer un standard contrôlé pour les artefacts textuels et langagiers d'un domaine précis reste au cœur de ces méthodes toutes liées aux langages contrôlés.

Ainsi, l'histoire des langages contrôlés est relativement récente puisqu'elle remonte au début du xx^e siècle. Cependant, comme il a été expliqué un peu plus tôt (cf. Introduction), les langage contrôlé agissent comme une *lingua franca*, mais ne pourrait-on pas imaginer la *lingua franca* comme le premier langage contrôlé ? Né naturellement des besoins communicatifs entre deux régions du monde, si l'on s'en réfère à la préface du *Dictionnaire de la langue franque ou petit mauresque* [1], la *lingua franca* ou *petit mauresque* ne possède que très peu de règles grammaticales et seulement deux temps verbaux : l'infinitif et le participe passé, ce qui n'est pas sans nous rappeler les règles de conjugaison du langage contrôlé au centre de nos attentions (cf. chapitre 2). Peut-on alors s'avancer et dire que le *petit mauresque* constitue le premier langage contrôlé de par son but communicatif et ses règles restreintes ?

Bien que l'idée paraisse séduisante, la réponse est clairement négative. Le *Dictionnaire de la langue franque ou petit mauresque* énonce dans sa préface qu'il n'y a pas, entre autres, de « règles grammaticales bien établies » dans la *lingua franca* ce qui ne respecte pas la ou les définitions du langage contrôlé.

Qu'est-ce qui distingue un langage contrôlé ? Kuhn dans une classification des langages contrôlés naturels propose une définition fondée sur quatre propriétés [106].

Définition 1 Langage contrôlé (1)

Un langage peut être considéré comme un langage contrôlé si et seulement si :

1. Il se fonde sur une et une seule langue naturelle, sa « langue d'origine ».
2. Il a pour différence principale d'avec sa langue de base un lexique, une grammaire et/ou une sémantique plus restreints, c'est-à-dire, des

sous-ensembles lexicaux, grammaticaux et/ou sémantiques de la langue d'origine.

3. Il conserve les propriétés naturelles de sa « langue d'origine » de telle sorte qu'un locuteur natif de ladite langue puisse comprendre intuitivement des textes produits dans le langage contrôlé.
4. Il s'agit d'un langage construit défini artificiellement qui ne résulte d'aucun processus naturel et implicite contrairement à sa langue d'origine qui découle d'un processus naturel et implicite.

Plus succinctement, nous pouvons dire :

Définition 2 Langage contrôlé (2)

Un *langage contrôlé* est un langage construit à partir de sous-ensembles d'une langue donnée dont la syntaxe, le lexique et la sémantique ont été réduits tout en préservant autant que possible la clarté et le naturel.

Ces définitions d'un langage contrôlé reprennent en partie les exigences du *Basic English* sur le naturel, la clarté ou encore la facilité d'apprentissage d'un tel langage.

L'utilisation des langages contrôlés va réellement exploser avec la naissance du *Simplified English*, mis au point en 1980 et utilisé dans l'industrie aéronautique [173], qui donnera lieu au développement de nouveaux langages contrôlés inspirés du *Simplified English* toujours dans l'aéronautique mais pour d'autres langues comme le *Simplified Technical Spanish* [33] en 2002 et le *GIFAS Rationalized French* [13] en 1990 ou encore dans d'autres domaines industriels tels que l'édition de logiciel [62].

Prenons par exemple le *GIFAS Rationalized French*. Il s'agit en réalité d'un vocabulaire contrôlé appelé « glossaire » auquel sont ajoutées des règles expliquant comment utiliser ce vocabulaire. Ce glossaire constitue la partie non-technique du français rationalisé, autrement dit, il s'agit de mots outils, tels que les conjonctions de subordination, conjonctions de coordination, prépositions ainsi que quelques verbes, noms et adverbes communs. Le glossaire des mots outils est complété par un vocabulaire beaucoup plus conséquent regroupant les termes techniques. Enfin, le *GIFAS Rationalized French* est soumis à quelques règles lexico-syntaxiques comme l'interdiction d'utiliser la voix passive ou des règles morphologiques proscrivant l'utilisation de certains temps et modes verbaux.

Ce retour sur l'histoire des langages contrôlés peut donner l'impression d'un « passage à vide » entre les années 1930 et les années 1990 : effectivement, le *Basic English* d'Ogden a donné lieu à de nombreux travaux sur l'acquisition d'une seconde langue, mais la création de langages contrôlés a principalement pris de l'ampleur vers la fin des années 1980. On peut néanmoins citer *TITUS* (*Textile Information Treatment User's Service*), un langage contrôlé en français pour les industries textiles avec pour vocation la traduction multilingue dès le début des années 1970 [49], un projet ambitieux et relativement novateur pour l'époque. Ce sont cependant les années 1980 qui marquent vraiment les débuts de l'utilisation des langages contrôlés à grande échelle avec, comme nous venons de le voir, notamment le *Simplified English*.

Le besoin de communiquer sans encombre entre navires, à un moment où le trafic maritime et la taille des navires ne cessent de s'accroître, débouche sur la création en 1983 de *SEASPEAK* [190], aussi appelé *the International Maritime English*. *SEASPEAK* a pour but de faciliter la communication entre navires en fournissant un anglais contrôlé simple et dépourvu d'ambiguïtés. Un exemple d'échange typique entre un navire, le *Sun Dragon*, et des garde-côtes anglais :

```
Ship - Land's End Coastguard, Land's End Coastguard. This is Sun
Dragon, Sun Dragon. Over.
Coastguard - Sun Dragon. This is Land's End Coastguard. Switch to VHF
channel one-one. Over.
Ship - Land's End Coastguard. This is Sun Dragon. Agree VHF channel
one-one. Over.
Coastguard - Sun Dragon. This is Land's End Coastguard on channel
one-one. Over.
Ship - Land's End Coastguard. This is Sun Dragon. Information: I am
returning to Mount's Bay. Reason: north-west gale and very heavy seas.
Over.
Coastguard - Sun Dragon. This is Land's End Coastguard. Information
received: you are returning to Mount's Bay. Reason: north-west gale
and very heavy seas. Question: do you require assistance? Over.
Ship - Land's End Coastguard. This is Sun Dragon. Answer: no
assistance required, thank you. Nothing more. Over.
Coastguard - Sun Dragon. This is Land's End Coastguard. Nothing more.
Out.
```

L'initiative sera reprise avec *Airpeak* en 1985 [170], pour le trafic aérien et la formation des pilotes d'avion, et *Policespeak* en 1990 [91], pour les communications policières du tunnel sous la Manche.

Considérés par certains comme des *idiolectes*¹ [153], ces protocoles de communication sont, en réalité, bel et bien des langages contrôlés qui utilisent principalement des phrases ou des syntagmes préconçus, en faisant ce que l'on nomme une *phraséologie*, et non pas des jargons.

SEASPEAK constitue ainsi un langage contrôlé institutionnalisé – dans le sens où il est issu de l'initiative d'une institution – et se place à mi-chemin de l'évolution entre la *lingua franca* et un langage contrôlé plus formalisé comme celui de cette thèse (présenté en détails dans les chapitres 3 et 4). Ainsi donc, la *lingua franca* constitue une première étape puisqu'il s'agit d'un langage né spontanément ; SEASPEAK constitue l'étape intermédiaire avec un langage contrôlé institutionnalisé ; et enfin, notre langage contrôlé constitue une étape finale dans cette évolution puisqu'il s'agit d'un langage contrôlé à la fois institutionnalisé et formalisé.

1.1.1.2 Langages contrôlés vs. sous-langages

Nous avons précédemment défini ce que sont les langages contrôlés mais il est cependant intéressant de noter que plusieurs termes peuvent s'y rapporter. Il existe en effet des langages qui peuvent être considérés peu ou prou comme des langages contrôlés.

Phraséologie La phraséologie, que nous venons d'évoquer, est une « construction de phrase ou procédé d'expression propre à une langue, à une époque, à une discipline, à un milieu » (la communauté policière dans le cas de *PoliceSpeak* par exemple) selon la définition fournie par [139] ; à cette description un peu succincte, nous ajouterons que la phraséologie, comme l'a proposé [67] est avant tout définie par la co-occurrence de mots, unités lexicales ou syntagmes formant une unité sémantique unique et dont la fréquence de co-occurrence n'est pas due à une coïncidence mais bien à la construction linguistique d'un *parler*. Cette construction peut être naturelle et rejoint en ce sens la notion d'*idiolecte*, ou artificielle, auquel cas il s'agit bien d'un langage contrôlé se fondant sur l'utilisation de *phrases* dans le sens anglais du terme, c'est-à-dire de *syntagmes*.

Vocabulaire contrôlé Un vocabulaire contrôlé est une collection de termes et d'expressions pour un domaine précis. Permettant d'organiser les connaissances,

1. « [...] chaque usage de la langue est immanquablement marqué par les dispositions particulières du prétendu "émetteur" : sans présumer qu'elles fassent système, on peut appeler idiolecte l'ensemble des régularités personnelles ou "normes individuelles" dont elles témoignent. » [166]

il sert notamment à étiqueter les documents d'un fonds documentaire et permet la création de vedettes matières², de thésaurus ou encore de taxinomies. Les vocabulaires contrôlés, ainsi que leurs schémas, stipulent donc l'utilisation qui doit être faite des termes d'un vocabulaire contrôlé. À la différence d'un langage contrôlé, un vocabulaire contrôlé n'a pas pour vocation de produire des textes ou même de simples propositions, il n'est pas un langage, mais une liste structurée de termes.

Guide stylistique Le cas des guides stylistiques est particulièrement intéressant : on peut penser qu'ils ne fournissent qu'un cadre d'écriture avec des recommandations et quelques instructions pour améliorer la clarté d'un texte. Ils ne sont donc pas considérés, usuellement, comme des langages contrôlés puisque ne définissant pas un « nouveau » langage. Parmi ces guides stylistiques on peut citer la procédure de rédaction des *Instructions nautiques* qui fournit des détails techniques sur les outils à utiliser pour la rédaction, ainsi qu'une structure à respecter pour l'organisation d'un ouvrage ; mais lorsqu'on en vient au texte des instructions, aucune règle précise n'est proposée quant aux tournures, au lexique ou aux constructions à employer, seules quelques règles d'écriture sont établies en annexe (cf. annexe C). Ce genre de guide stylistique ne peut donc être estimé comme un langage contrôlé. Néanmoins, le cas de l'entreprise Koenig & Bauer AG (KBA), qui dispose d'un guide stylistique très précis aux règles d'écriture très strictes, peut pousser à réexaminer la notion de guide stylistique et son appartenance aux langages contrôlés [191]. En effet, le guide de KBA fournit un cadre aboutissant à l'élaboration d'un langage à part entière qui correspond en tous points à la définition 1 susmentionnée. Les guides stylistiques, à ce titre, disposent d'un statut hybride, et leur appartenance supposée aux langages contrôlés reste à déterminer au cas par cas.

Sous-langage Quelles différences entre un langage contrôlé et un sous-langage ? Un langage contrôlé n'est-il finalement pas un sous-langage ? Reprenant, en partie, la définition de Kittredge [99], nous nous proposons de définir un sous-langage comme suit :

Définition 3 Sous-langage

2. Une vedette matière est une « entité lexicale complexe extraite d'un langage documentaire artificiel, et non du langage naturel, il s'agit avant tout d'un syntagme résultant de la coordination de plusieurs descripteurs. » [131], on parle aussi de « sujet » (de l'anglais *subject heading*).

Un *sous-langage* est un langage qui émerge *naturellement* au sein d'une communauté de spécialistes pour échanger sur un sujet précis. Le vocabulaire, les collocations ainsi que les constructions syntaxiques, de par leur récurrence, forment un sous-ensemble contraint d'une et d'une seule langue naturelle.

La différence entre les sous-langages et les langages contrôlés est dans la nature de sa construction : un langage n'est pas contrôlé s'il naît *naturellement* puisqu'il est par essence *artificiel*.

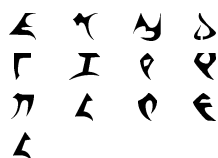


Table 1.1 — Alphabet klingon

Langage artificiel Les langages artificiels sont sciemment construits, à ce titre, les langages contrôlés en font partie tout comme les langages de programmation, on y compte aussi des langues à vocation internationale comme l'Espéranto. Mais, plus anecdotiquement, on peut y inclure tous les langages imaginaires construits comme le fameux klingon (cf. table 1.1) ou encore l'énochien de John

Dee, créé au xvi^e siècle, qui se veut la « langue des anges » et qui consiste en un proto-hébreu à grammaire anglaise.

Les langages contrôlés recouvrent de nombreux termes et de nombreuses pratiques, mais ils ne constituent pas des sous-langages bien qu'ils utilisent des sous-ensembles d'une langue naturelle donnée. De ce fait, si l'on considère une langue naturelle donnée comme un univers à deux dimensions, une pour la grammaire, une pour le vocabulaire, le langage contrôlé peut être considéré comme un univers parallèle. Si les écrits de science-fiction choisissent fréquemment de présenter les univers parallèles au nôtre comme des mondes aux possibilités plus étendues et bien souvent merveilleuses, libérés de certaines lois physiques, l'univers du langage contrôlé est quant à lui *a contrario* soumis à *plus* de lois, ou plutôt de règles, conférant à la langue naturelle son aspect merveilleux aux infinies possibilités. Finalement, le langage contrôlé est un univers qui s'est débarrassé de toutes les ambiguïtés présentes dans l'univers de la langue naturelle.

1.1.1.3 Les différents types

Comme le soutient Huijsen dans [82], on peut considérer qu'il existe deux grands types de langages contrôlés : les *langages contrôlés orientés humain* (LCOH) et les *langages contrôlés orientés machine* (LCOM). Selon Pool, dans [155], ces deux catégo-

ries correspondent aussi, dans l'ordre, à ce qu'on appelle des langages contrôlés *naturalistes* (LCN) ou des langages contrôlés *formalistes* (LCF).

Mais quelles différences entre les deux ?

Les langages contrôlés naturalistes La mission principale d'un LCN est d'améliorer la lisibilité et la clarté d'une documentation technique comme c'est le cas du susmentionné *AECMA Simplified English* [173] (cf. page 26) ou de *ScaniaSwedish* [6] mais aussi de simplifier et standardiser les communications techniques humain-humain comme c'est le cas pour *AirSpeak*, *PoliceSpeak* ou encore *SEAS-PEAK*³. On retrouve dans la catégorie des LCN principalement des langages contrôlés assignés à des domaines spécialisés.

Les langages contrôlés formalistes Les LCF, comme le précise Schwitter [182], sont de deux sortes : ceux d'usage général et ceux destinés à un domaine spécialisé. Ils ont pour but, entre autres, de fournir une représentation à la fois naturelle et intuitive des notations formelles. Ils incluent donc des approches d'analyse automatique de textes qui souvent nécessitent une modélisation dans un formalisme exécutable par une machine.

Les LCF d'usage général ne sont pas spécifiquement destinés à un domaine précis, bien qu'ils puissent parfaitement être applicable à une discipline ciblée. On peut ainsi citer *Attempto Controlled English* (ACE) [61] qui traduit des sous-ensembles de l'anglais en logique du premier ordre (cf. exemple 1.1.1). ACE est composé de deux ensembles de règles :

- un ensemble de règles de construction définissant la syntaxe du langage ;
- un ensemble de règles d'interprétation qui fournissent un cadre de désambiguïsation des constructions problématiques.

Exemple 1.1.1

Phrase : Every cat is on a mat.

Reformulation : If there is a cat X1 then the cat X1 is on a mat.

Logique du premier-ordre :

$\text{forall}(A, \Rightarrow (\text{object}(B, A, \text{cat}, \text{countable}, \text{na}, \text{eq}, 1) - 1/2,$

3. Une liste, non exhaustive, recensant un grand nombre de langages contrôlés, quel que soit le type, est consultable en Annexe A (cf. page 215).


```
exists(C,exists(D,&(object(B,C,mat,countable,na,eq,1)-1/6,
&(predicate(B,D,be,A)-1/3,modifier-pp(B,D,on,C)-1/4))))))
```

ACE, dans un premier temps, a été imaginé pour la rédaction de cahier des charges de logiciels, avant d'être, plus tard, orienté sur la représentation des connaissances et le web sémantique.

Un autre LCF d'usage général est le *Common Logic Controlled English* (CLCE) [186]. Tout comme ACE, CLCE permet de traduire des propositions écrites en anglais (en respectant un ensemble de règles d'écriture) en logique du premier ordre. CLCE agit donc comme un outil facilitant la rédaction et l'écriture de la logique du premier ordre, quelle que soit son application. Il en possède toute l'expressivité, permettant ainsi de traduire toutes sortes de notations basées sur la logique du premier ordre typée en CLCE comme, par exemple, le calcul des prédicats (cf. exemple 1.1.2).

Exemple 1.1.2

Phrase en CLCE : Every cat is on a mat.

Calcul des prédicats : $(\forall x: \text{Cat}) (\exists y: \text{Mat}) \text{On}(x, y)$

Les LCF affectés à un domaine spécifique présentent une grande variété d'usage mais on notera en premier lieu que leur utilisation est très présente dans le domaine du web sémantique.

Ainsi on peut nommer le *Controlled English to Logic Translation* (CELT) [149], qui ne dépend d'aucun domaine spécifique. Il analyse syntaxiquement et sémantiquement des propositions formulées en anglais et les transforme en propositions logiques en utilisant les termes de la *Suggested Upper Merged Ontology* (SUMO) [138], pouvant ainsi être également traduites dans un langage du web sémantique : OWL [145]. On recense un certain nombre de langages contrôlés formalistes créés pour l'édition et/ou l'interrogation d'ontologies et de bases de connaissances, notamment CLOnE (*Controlled Language for Ontology Editing*) [63], GINO [17], OWL ACE [92] qui reprend les règles syntaxiques d'ACE, SQUALL [53] ou encore Rabbit [74]. Les langages contrôlés créés pour le domaine du web sémantique sont ainsi relativement nombreux, ce qui peut s'expliquer par le manque d'expressivité des langages de requêtes qui ne permettent pas à un utilisateur non-expert de poser des requêtes et de comprendre les résultats en retour exprimés dans des formalismes dédiés à la représentation de la connaissance. De nombreux langages contrôlés et outils les exploitant ont ainsi été créés

pour favoriser l’accessibilité au web sémantique comme c’est le cas de SPARKLIS [54] qui permet de formuler des requêtes via un langage contrôlé, lui-même utilisé pour formater les retours obtenus.

Enfin, on retrouve parmi les LCF des langages dédiés à des domaines précis comme le champs médical et clinique qui possède différents LCF (BioQuery-CNL [51], CLEF [69]) ou encore le domaine des mathématiques avec le très usité Naproche CNL [43] et son prédécesseur, ForTheL [206].

1.1.1.4 Structure d’un langage contrôlé

Les règles définissant un langage contrôlé sont de deux types : les unes *proscrivent*, les autres *prescrivent* [140]. En d’autres termes, les premières définissent *ce qu’il ne faut pas faire* quand les secondes spécifient *ce qu’il faut faire*.

O’Brien dans [146] a ainsi analysé plusieurs langages contrôlés basés sur la langue anglaise et a déterminé une classification de leurs règles récurrentes, que ceux-ci soient naturalistes (AECMA *Simplified English*, COGRAM, *EasyEnglish* (IBM), *Controlled Automotive Service Language*, *Controlled English* (Océ), *Avaya Controlled English*) ou formalistes (ACE). Nous nous proposons ici d’expliquer brièvement la structuration d’un langage contrôlé par les règles dégagées par O’Brien en utilisant comme exemple un LCN très usité : l’AECMA *Simplified English*.

- Les *règles lexicales*, selon O’Brien, sont les règles dont la fonction première est d’influer sur la sélection des mots ou expressions.

Exemple 1.1.3

- Use only approved words.
- Use approved words only as the part of speech given. (example : close is a verb [and not an adverb].
Write : Do not go near the landing gear if... NOT : Do not go close to the landing gear if...)
- Keep the approved meaning; do not add any other meaning. (example : Follow means “to come after.” It does not mean “to do what the rules tell you.”
Write : Obey the safety instructions. NOT Follow the safety instructions.)

- Les *règles syntaxiques*, de la même façon, sont des règles dont la fonction première est d’influer sur la syntaxe.

Exemple 1.1.4

- Use a technical name only as a noun or an adjective, not as a verb.
- Enfin, les *règles textuelles* quant à elles ont deux fonctions principales : influencer sur la mise en page du texte mais aussi sur sa structure.

Exemple 1.1.5

- The maximum length of a paragraph is 6 sentences.
- Do not use one-sentence paragraphs more than once in every 10 paragraphs.

Qu’ils soient formalistes ou bien naturalistes, destinés aux industries ou à l’univers médical, les langages contrôlés sont en plein essor et constituent des outils aux multiples vocations permettant de manipuler des textes mathématiques, de guider des maintenances techniques dans l’aéronautique ou même de travailler sur des dossiers médicaux. Un aspect important de certains langages contrôlés est également leur disposition à produire du texte pour en faire des interfaces graphiques *What You See Is What You Meant* (WYSIWYM) comme le propose Power dans [158]. Une interface WYSIWYM permet aux utilisateurs de travailler sur la représentation de la connaissance via une interface en langage naturel. La Génération Automatique de Texte (GAT) immédiatement initiée permet aux utilisateurs d’améliorer et d’affiner leurs représentations qui évoluent au fur et à mesure des modifications grâce à la GAT. C’est pourquoi nous proposons un bref aperçu du fonctionnement d’un système de GAT ainsi qu’un de ses défis que nous avons rencontré, celui du *discourse planning*.

1.1.2 La Génération Automatique de Textes

Dans l’optique d’utiliser la langue naturelle comme moyen de communication entre l’humain et la machine, les systèmes de GAT permettent de produire les réponses émises par la machine. La GAT est donc le pendant du *Natural Language Understanding* (NLU) qui interprète les messages de l’humain pour la machine (cf. figure 1.1).

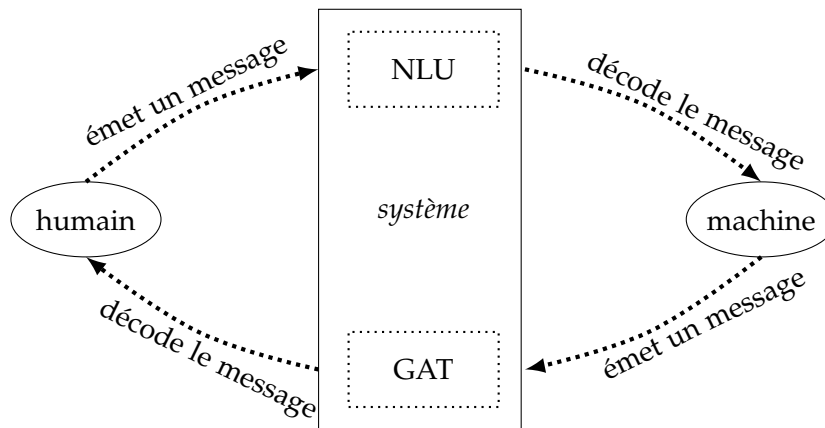


Figure 1.1 — Émission et décodage d'un message dans une interface homme-machine comprenant un module de NLU et un module de GAT.

1.1.2.1 Architecture classique d'un système de GAT

L'architecture traditionnelle d'un système de GAT peut être représentée par le diagramme de la figure 1.2 présenté dans l'ouvrage de Reiter et Dale [167].

Le Communicative Goal ou but communicatif correspond à l'intention du texte généré, qu'il s'agisse d'un résumé de plusieurs textes différents, de la synthèse d'un dossier médical, par exemple, ou, dans le cas des *Instructions nautiques*, des instructions à exécuter.

Le Document planner a pour tâche de produire une sorte de cahier des charges du texte à produire : quelles informations doit-on communiquer (détermination du contenu) et comment (structure du document) ?

Le Microplanner produit une réalisation abstraite du texte à produire, c'est-à-dire qu'il spécifie quel sera le vocabulaire employé (lexicalisation), les expressions référentielles à utiliser et à générer (*referring expressions generation*) et quelles agrégations opérer (*aggregation*).

Le Surface Realizer (réalisateur de surface) a pour but de convertir les structures abstraites du *microplanner* en réalisations concrètes, il est, autrement dit, la dernière étape de génération et il produit le texte.

La combinaison de ces modules constitue un pipeline pour la génération de textes, toutefois, en fonction des données d'entrée ou du résultat attendu en sortie, tous les modules ne sont pas nécessaires pour générer automatiquement du texte. Les modules comportent deux sortes de tâches : celles prenant en charge la structure du document et celles s'occupant du contenu.

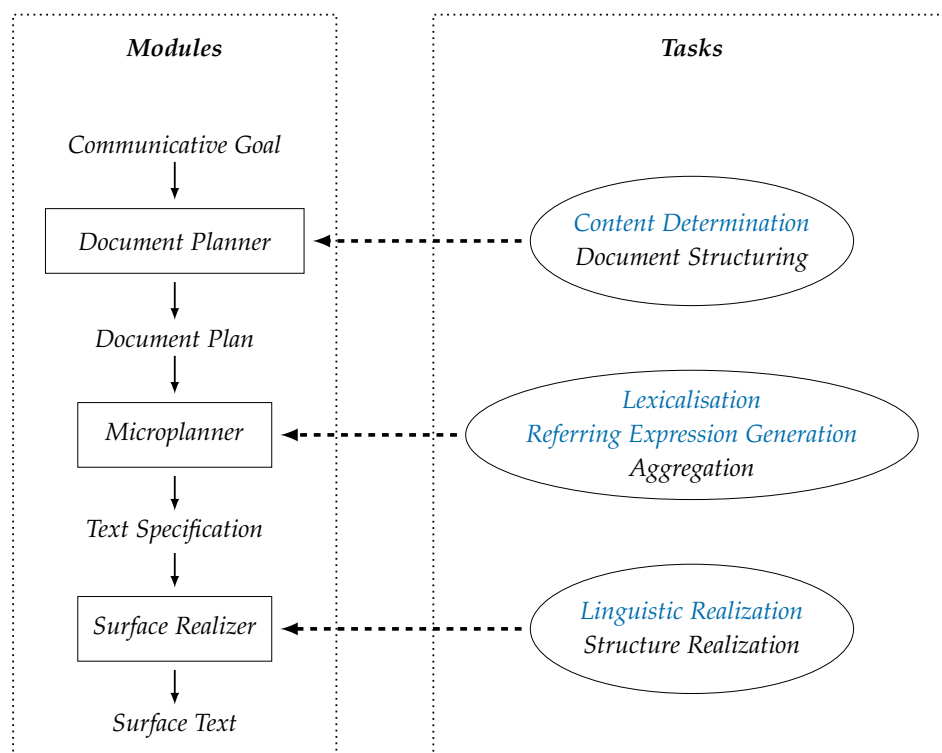


Figure 1.2 — Architecture d'un système de Génération Automatique de Textes. À droite : en bleu, les tâches concernant le contenu, en noir, les tâches concernant la structure.

Bien que la GAT est confrontée à de nombreux défis, sur lesquels nous ne nous arrêterons pas spécifiquement, il est intéressant de se pencher sur l'un d'eux, et plus précisément sur le *discourse planning* ou *document structuring* qui a été abordé au sein de la thèse réalisée et qui présente de nombreuses solutions possibles que nous allons aborder succinctement.

1.1.2.2 Défi du *discourse planning*

Le *discourse planning* détermine l'ordonnancement des messages, faits ou phrases dans le cas d'une génération automatique. La grande majorité des approches utilise la RST [119] que nous avons déjà évoquée dans l'introduction et qui consiste à fixer la structure rhétorique d'un document via des relations rhétoriques prédéterminées composées d'un noyau et d'un satellite. Cette approche a de nombreuses fois été exploitée dans le cadre de la GAT par exemple pour la génération automatique de manuels d'instructions [174, 202], dans le cadre de systèmes de dialogue [90, 58] ou pour la génération automatique de description d'objets ou

de concepts présents dans une base de connaissances ou un catalogue [141]⁴. Chaque règle rhétorique de la RST doit être écrite à la main avant d’être portée à un nouveau domaine d’application, ce qui en fait un outil excessivement chronophage et par conséquent souvent difficile à mettre en application dans le cadre d’un système utilisant un corpus volumineux.

Une autre approche, qui nécessite un pré-traitement similaire, est celui du *text schemata* [124] dont le but est de fournir une représentation de la structure d’un discours/texte. L’hypothèse de départ est que lorsqu’un humain génère du texte, il impose une structure à son texte et utilise des schémas récurrents. Les différentes techniques rhétoriques constituent des moyens mis à la disposition du locuteur pour effectuer une description. Ces techniques sont considérées comme des *schémas* qui reflètent les idées pré-existantes d’un locuteur sur la manière de produire des descriptions. Il est donc possible d’explicitier ces schémas et de les implémenter un à un dans un système de GAT.

Enfin, une autre approche intéressante au *discourse planning* est l’utilisation de techniques de *machine learning* qui ont prouvé leur efficacité notamment pour le résumé multi-documents [22, 23] mais aussi pour des tâches d’ordonnancement dans d’autres applications de GAT [14, 152, 193]; il en est ainsi pour [47] qui propose de prendre en compte la combinatoire complète de l’ordonnancement de chaque phrase pour obtenir une solution d’ordonnancement optimal.

Après cette esquisse des différents défis et techniques pris en compte dans les domaines du Traitement de la Langue auxquels nous nous intéressons, il convient d’introduire les différents outils, concepts et artefacts du champs des sciences de l’information géographique que nous avons utilisés ou abordés.

1.2 Informations géographiques

Comme nous l’avons évoqué en Introduction, les *Instructions nautiques* complètent les cartes marines, elles en sont les textes compagnons et n’ont pas lieu d’être sans les cartes. La représentation graphique de l’instruction nautique via la cartographie est donc un élément dont il faut tenir compte dans notre façon d’appréhender les *Instructions nautiques*. Les sciences de l’information géographique constituent donc un des aspects abordés durant cette thèse. Non central mais néanmoins important, il convient donc d’évoquer cet aspect et dans quel domaine il s’inscrit.

4. Un aperçu assez complet de toutes les utilisations de la RST est fourni par [194].

1.2.1 Géomatique

Les sciences de l'information géographique sont aussi appelées *géomatique*. La géomatique est un terme inventé en 1981 par Michel Paradis [147] et qui nous vient de l'assemblage du grec « $\gamma\eta$ » (gê) qui signifie « terre » et de « matique », suffixe commun de mathématiques, informatique, télématique, etc.

Les disciplines constituant la géomatique sont très nombreuses :

- l'informatique ;
- la *géodésie* qui est la science qui permet de déterminer la forme et la taille de la Terre ;
- la *topographie* qui est une combinaison des méthodes et instruments permettant la mesure et la représentation de la surface de la Terre ;
- la *cartographie* qui, via des outils graphiques et numériques, fournit des représentations de la Terre ;
- la *photogrammétrie* pour déterminer la position et la forme d'objets en les mesurant sur des images photographiques ;
- la *télédétection* pour l'acquisition de données territoriales et environnementales d'objets ;
- le *géo-positionnement par satellite* (GPS) ;
- les *systèmes d'information géographique* (SIG) qui combinent la plupart du temps plusieurs instruments pour créer un système puissant permettant d'enregistrer des données spatiales, de les analyser, etc. ;
- ou encore les *systèmes d'aide à la décision*, les *ontologies*, les *systèmes experts*, etc.

Toutes ces sciences, tous ces domaines forment un réseau de relations et d'interactions comme Gomarasca l'a formulé par le biais du schéma de relations en figure 1.3 [66].

Pour notre part, nous nous intéresserons surtout aux différents SIG, notamment ceux pour la navigation, ainsi qu'au domaine de la cartographie.

1.2.2 Systèmes d'information géographique

Les SIG sont une composante pouvant contribuer à un projet géomatique, mais aussi à un projet de santé publique [35] ou même à un projet politique et humanitaire [113] ; en bref, tous les projets approchant la notion de *territoire* peuvent requérir l'usage d'un SIG. Effectivement, un SIG n'est rien d'autre qu'un outil

informatique qui associe les composantes sémantiques de caractéristiques terrestres.

Burrough [30] propose quant à lui la définition suivante :

Définition 4 Systèmes d'information géographique

[Geographical Information Systems are] a powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and displaying spatial data from the real world for a particular set of purposes.

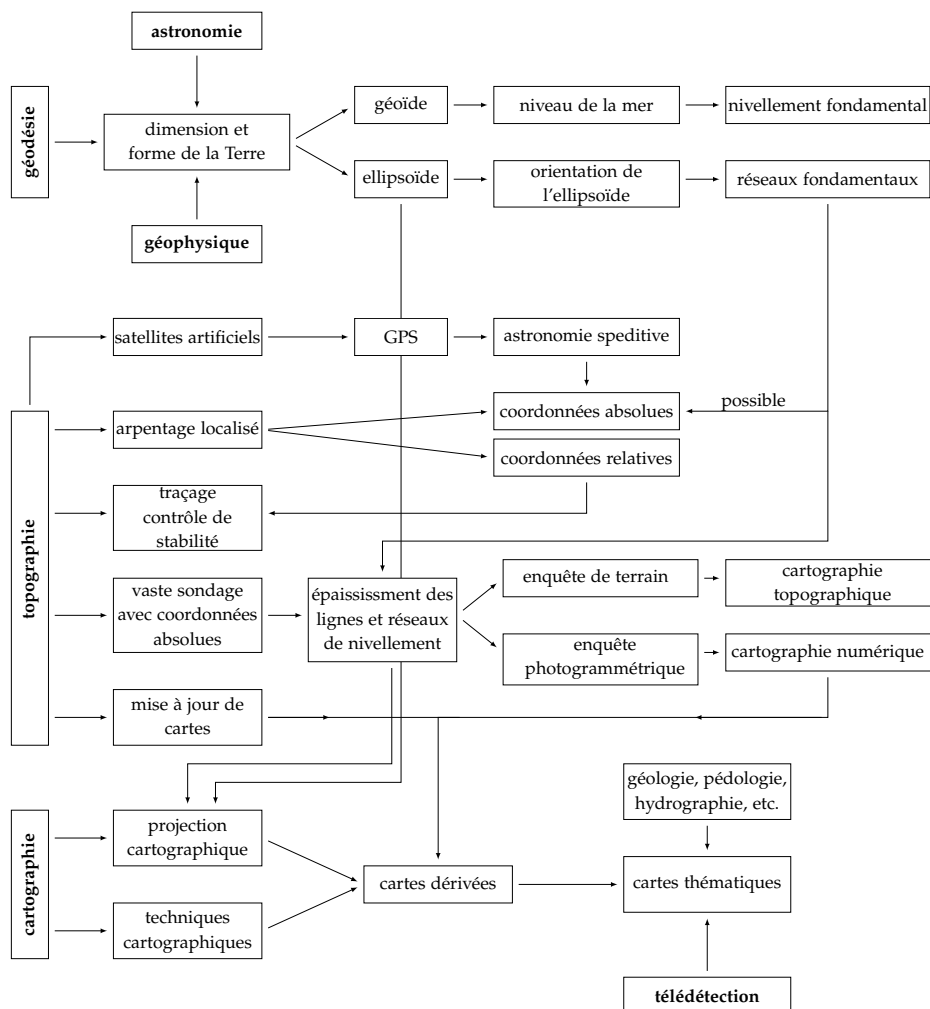


Figure 1.3 — Relations des différentes sciences de la géomatique (extrait de [66])

Avant de nous intéresser à la typologie des SIG, il nous paraît nécessaire d'expliquer brièvement comment sont représentées les connaissances spatiales dans les SIG, ou du moins, comment fonctionnent certaines des méthodes de représentation de cette connaissance.

1.2.2.1 Quels outils pour la représentation de la connaissance spatiale dans un SIG ?

Effectivement, la question qui se pose est la suivante : qu'est-ce qui caractérise la représentation de la connaissance, et surtout la représentation de la connaissance spatiale ? La représentation de la connaissance est une quête à la recherche de représentations symboliques de la connaissance qui puissent être utilisables par la machine. En d'autres termes :

Any intelligent declarative system will need to know an awful lot about the environment in which it is situated ; knowledge representation research studies the problem of finding a language in which to encode that knowledge so that the machine can use it. [64, p. 11]

La représentation spatiale d'un espace consiste à décrire les entités spatiales qui s'y trouvent, ainsi que de décrire les relations spatiales entre ces entités.

Plusieurs langages et outils sont donc utilisés pour la représentation de la connaissance, connaissance stockée très souvent dans des bases de connaissances.

Les SIG modélisent, traditionnellement, la représentation spatiale dans un espace de coordonnées cartésien [184], cette approche quantitative est utilisée dans les modèles raster et vectoriel, que nous verrons plus en détail plus tard (cf. section 1.2.3). Mais il existe aussi une approche qualitative, jouant sur les relations entre les entités et sur leurs propriétés, qui a donné lieu à plusieurs systèmes de représentations de la connaissance spatiale qui considèrent les *régions* comme structures de base dont le RCC8 [164] et le formalisme d'Egenhofer, *4-intersection* [50].

Le RCC8 ou *Region Connection Calculus* (algèbre RCC8 en français) a pour origine première les travaux de Clarke [42] sur le calcul des connections topologiques. La théorie de Clarke repose sur la connexion entre deux régions, x et y , par la relation symétrique $C(x, y)$ qui permet de définir un ensemble de fonctions et prédicats spatiaux rendant compte des relations topologiques entre x et y .

Ces travaux préliminaires ont permis d'aboutir au RCC8 de Randell [164] dont les huit relations de base et quatre relations inverses ainsi que leur signification sont expliquées dans le tableau 1.2 et la figure 1.4.

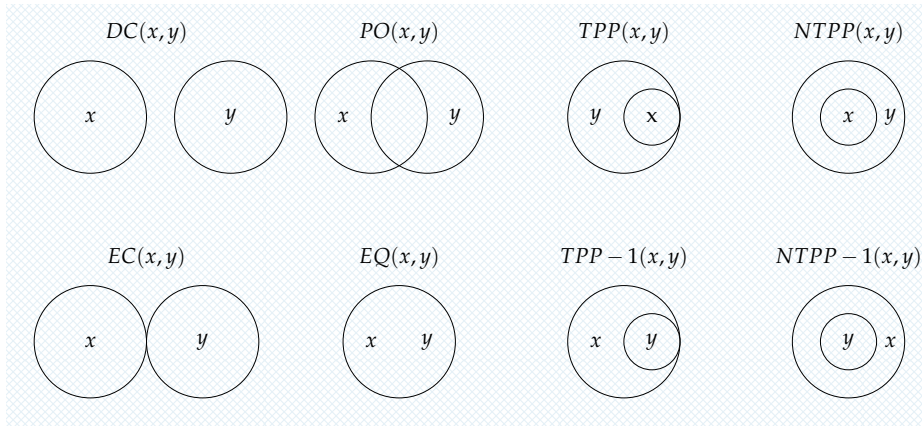


Figure 1.4 — Représentations des relations du RCC8

Relation	Symbole	Signification
$\neg C(x,y)$	$DC(x,y)$	x est déconnectée de y
$\forall z[C(z,x) \rightarrow C(z,y)]$	$P(x,y)$	toute région connectée à x est aussi connectée à y
$P(x,y) \wedge \neg P(y,x)$	$PP(x,y)$	x est une partie de y mais ne lui est pas égale
$\exists z[P(z,x) \wedge P(z,y)]$	$O(x,y)$	x chevauche y
$O(x,y) \wedge \neg P(x,y) \wedge \neg P(y,x)$	$PO(x,y)$	x chevauche partiellement y
$PP(x,y) \wedge \exists z[EC(z,x) \wedge EC(z,y)]$	$TPP(x,y)$	x est une partie propre tangentielle de y
$C(x,y) \wedge \neg O(x,y)$	$EC(x,y)$	x et y sont connectées par leur frontière
$PP(x,y) \wedge \neg \exists z[EC(z,x) \wedge EC(z,y)]$	$NTPP(x,y)$	x est une partie propre tangentielle de y
$P(y,x)$	$P-1(x,y)$	toute région connectée à y est aussi connectée à x
$PP(y,x)$	$PP-1(x,y)$	y est une partie de x mais ne lui est pas égale
$TPP(y,x)$	$TPP-1(x,y)$	y est une partie propre tangentielle de x
$NTPP(y,x)$	$NTPP-1(x,y)$	x est une partie propre non tangentielle de y
$x=y$	$EQ(x,y)$	x est égal à y

Table 1.2 — Les relations du RCC8

La 4-intersection d'Egenhofer propose une approche très différente pour caractériser les différentes relations méreotopologiques⁵ entre deux régions, mais le

5. La méreotopologie est la science issue de la combinaison entre méréologie, l'étude des relations de partie à tout entre deux régions, et de la topologie qui consiste en l'étude des relations de contact et de connexité entre régions.

but reste finalement le même que pour le RCC8 de Randell. Egenhofer considère ainsi chaque région par son *intérieur* et sa *frontière* et décrit leur relation par le biais d'une matrice 2×2 appelée *4-intersection* qui indique les intersections (ou non intersections) entre l'intérieur (*int*) et la frontière (*bdy*) de chacune des deux régions en relation :

$$\begin{pmatrix} bdy(y) & int(y) \\ a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bdy(x) \\ int(x) \end{pmatrix}$$

Dans cette matrice, a , b , c et d correspondent à un 1 ou un 0 selon que leur intersection est vide ou non.

Il est d'ailleurs tout à fait possible de faire correspondre les relations du RCC8 et la représentation utilisée par Egenhofer :

DC	EC	PO	EQ	TPP	NTPP	TPP-1	NTPP-1
$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$

Table 1.3 — Correspondance entre les relations du RCC8 et la *4-intersection*

Il y a donc effectivement de nombreuses façons de représenter la connaissance spatiale, ces outils permettent ainsi d'intégrer les relations spatiales au sein des SIG afin que ces derniers les exploitent.

Nous connaissons maintenant quelques méthodes de représentation de la connaissance exploitables par les SIG, mais il convient de préciser davantage ce que sont les SIG.

1.2.2.2 Typologie des SIG

Kraus dans [103] propose une typologie des *systèmes d'information spatiale* en trois catégories :

1. les *Land Information Systems* (LIS) qui stockent les données se rapportant aux cadastres au format numérique ;
2. les *Topographic Information Systems* (TIS) qui, eux, stockent les modèles numériques des paysages naturels et artificiels et introduit la troisième dimension, c'est-à-dire l'altitude ;

3. et enfin les *Geographic Information Systems* (GIS) pour les contenus géographiques et thématiques (maritimes, forestiers, agricoles).

Un principe fondamental des SIG est qu'ils nécessitent une variété de données en entrée pour en faire une synthèse et présenter un ensemble de données de façon plus homogène et lisible en sortie (cf. figure 1.5).

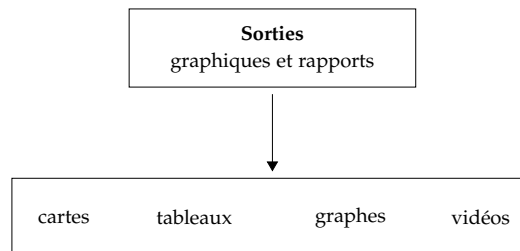


Figure 1.5 — Sorties possibles d'un SIG

Au vu du grand nombre d'utilisations possibles des SIG, il paraît bien peu pertinent de tous les lister ici, aussi, nous évoquerons un SIG pour la navigation maritime, au cœur du projet qui est le nôtre : l'*Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS).

1.2.2.3 Un SIG pour la navigation en mer

En 1974, l'Organisation Maritime Internationale⁶ adopte la convention internationale pour la sûreté en mer nommée *Safety of Life at Sea* (SOLAS) [88]. Cette convention spécifie les exigences à respecter concernant l'équipement de navigation à utiliser lors de la navigation maritime. Elle détermine ainsi l'ECDIS comme étant le SIG de référence à utiliser en mer. En effet, les informations de l'ECDIS vont bien au-delà d'une simple représentation picturale d'une carte sur un écran [78].

Quelles sont les informations présentes dans un ECDIS ? Pour être considéré comme un ECDIS, un SIG doit tout d'abord respecter plusieurs standards définis par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) ainsi que par l'OHI, nommé le *Performance Standards for ECDIS* [89] et les normes S-52 [87] – qui prend en charge les spécifications concernant les symboles des cartes – et S-57 [86] de l'OHI – qui décrit les standards à utiliser lors de l'échange de données hydrographiques entre différents bureaux hydrographiques afin d'empêcher toute perte de données.

6. <http://www.imo.org/>

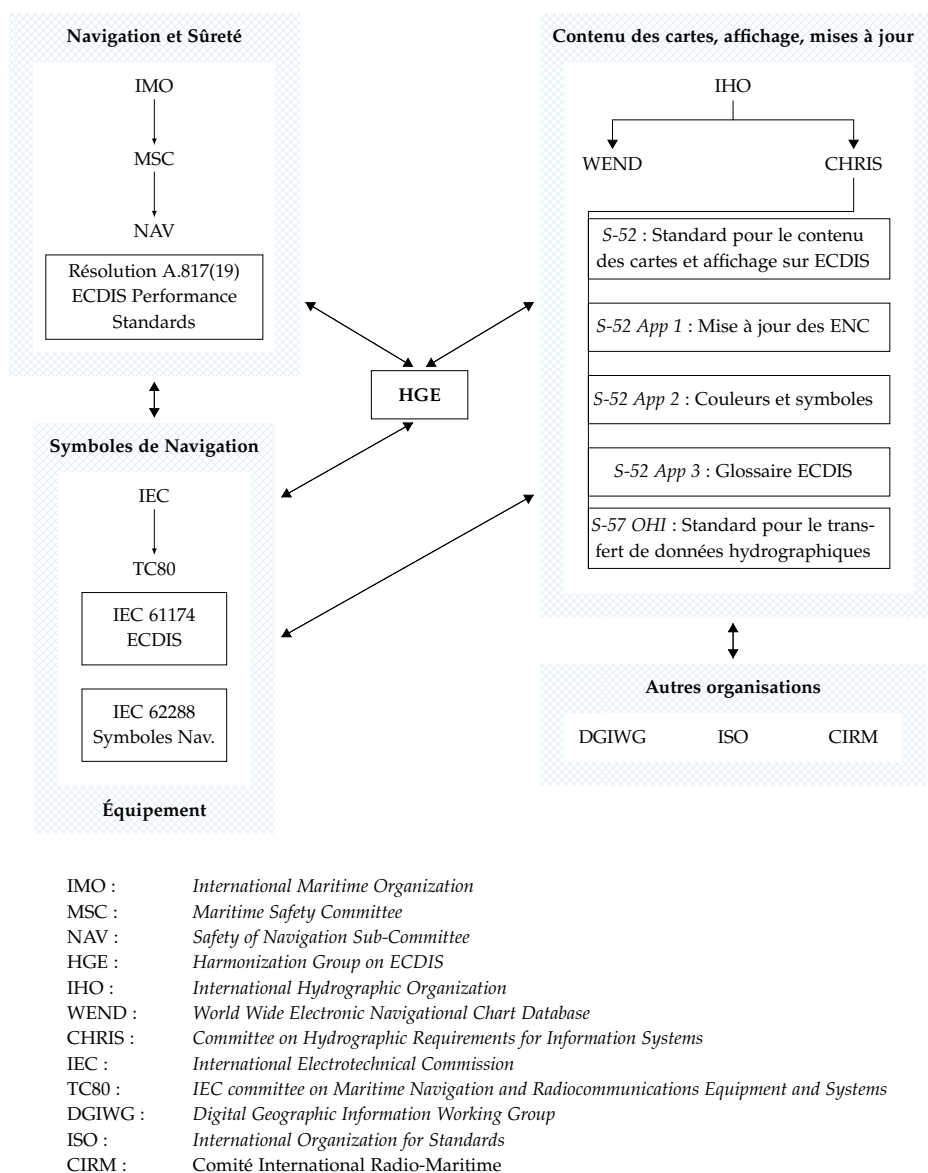


Figure 1.6 — Organisations internationales impliquées dans la standardisation des ECDIS
(extrait de [87])

La mise en place de ces standards est rendue possible grâce à un groupe d'harmonisation travaillant sur les ECDIS avec tous les acteurs engagés dans le domaine de la navigation maritime. Ainsi pour plus de détails on peut se référer à la figure 1.6 qui schématise le processus de standardisation et l'implication des différents groupes, organisations et bureaux du projet.

Si on se réfère à l'appendice 2 de la norme S-52, l'affichage d'un ECDIS se compose donc obligatoirement :

1. des bandes côtières ;
2. du périmètre de sécurité du navire (sélectionné par l'utilisateur) ;
3. des indications de dangers sous-marins isolés ;
4. des indications de dangers aériens isolés, aériens signifiant ici « non sous-marins » (ponts, bouées, balises, etc.) ;
5. des systèmes d'organisation du trafic maritime ;
6. de l'échelle, de l'orientation et du type d'affichage ;
7. des unités de profondeur et de hauteur.

Mais un affichage standard se compose le plus souvent aussi :

1. de l'affichage obligatoire précédemment détaillé ;
2. de la laisse de basse mer* ;
3. des indications des aides à la navigation fixes ou flottantes ;
4. des limites des routes et chenaux* ;
5. des caractéristiques visibles à l'œil nu ou au radar ;
6. des zones interdites ou réglementées ;
7. des limites de l'échelle de la carte ;
8. des indications de mise en garde.

Enfin toutes les autres indications sont affichées selon le bon vouloir de l'utilisateur et comprennent :

- les zones de sondage ;
- les câbles et pipelines sous-marins ;
- les routes empruntées par les ferries ;
- les variations magnétiques ;
- les noms de lieux ;
- les détails de tous les dangers isolés ;
- etc.

L'ECDIS est donc bien plus qu'un simple afficheur numérique de cartes puisque pour pouvoir tenir compte des différents paramètres nécessaires à la navigation il traite des données hétérogènes aux sources multiples (*cf.* figure 1.7). Il fonctionne comme un système vectoriel qui affiche la position et l'information maritime

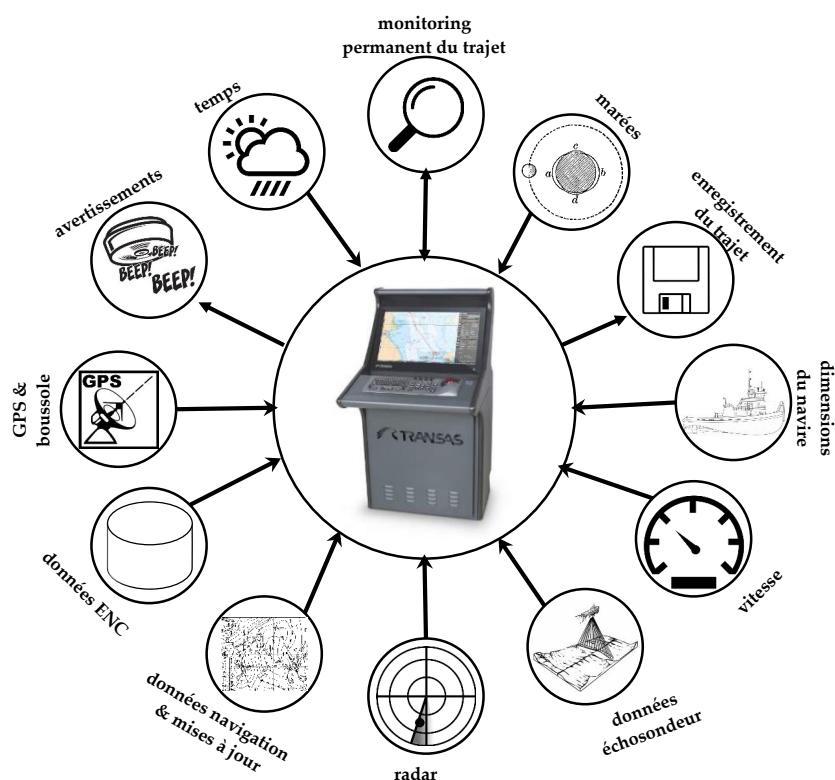


Figure 1.7 — Flux de données d'un ECDIS

nécessaire provenant des capteurs de l'embarcation ainsi que des données de l'ENC ce qui permet, entre autres, un interfaçage avec un système d'identification automatique (*Automatic Identification System*) [109] permettant le suivi en temps réel d'un navire (cf. figure 1.8).

1.2.3 Les cartes marines

Les cartes papier ont été durant des siècles un outil indispensable pour la navigation. Toutefois, l'avènement du positionnement par satellite et l'informatisation de toutes les technologies utilisées par les différents corps de métier a permis l'émergence de nouveaux outils pour les usagers de la mer. Destinés à remplacer les cartes papier, les ECDIS fournissent de très nombreux avantages pour la sécurité et l'efficacité de la navigation. Cependant, ils ne sont pas les seuls SIG pour la navigation encore en usage puisque, comme il a été précédemment mentionné, il existe d'autres SIG, notamment les RCDS, des systèmes de visualisation des



Figure 1.8 — Suivi d'un navire de pêche grâce aux données AIS du « Spontus » réalisé sur le site <http://www.marinetraffic.com/>

cartes matricielles, autrement dit des systèmes similaires aux ECDIS mais utilisés pour l'affichage de cartes raster.

Il y a donc deux classes de données spatiales : les *rasters* et les *vecteurs*.

Qu'est-ce qui compose une image numérique ? Une image est une représentation visuelle que l'on opère grâce à la vue et qui répond à de nombreux critères : la profondeur, la lumière, le plan, etc. Mais dans le cas d'une image numérique, intervient également la notion de *pixel*. En effet, le pixel est le plus petit élément constitutif d'une image numérique et est souvent représenté par un point ou un petit carré (cf. figure 1.9) qu'il convient de ne pas confondre avec, entre autres, les luminophores qui constituent un écran.

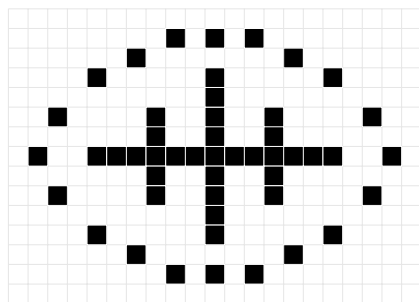


Figure 1.9 — Symbole de naufrage – Affichage des pixels d’une image : chaque carré de l’image représente un pixel

1.2.3.1 RNC

Une carte marine raster (*Raster Nautical Chart*, RNC) est ainsi caractérisée par les valeurs de ses pixels : une RNC n’est, en soi, rien d’autre que la « photo » numérique d’une carte papier. Elle envoie donc au RCDS un message contenant, pour chaque pixel qui la compose, la valeur colorimétrique et les coordonnées de ces derniers. La machine peut alors retransmettre la carte en encodant chaque pixel avec son unique valeur, reconstituant ainsi une carte marine. Chaque pixel dans une grille (ou matrice) a exactement une valeur permettant à la machine de savoir où est située chaque couleur ; le point négatif est qu’elle ne sait pas en revanche à quoi correspond chaque point. Un pixel de RNC peut donc avoir plusieurs sémantiques, par exemple, un pixel noir peut appartenir à une frontière entre la représentation de la terre et de la mer, ou alors à un symbole de naufrage comme dans la figure 1.9 ou même à un symbole représentant une bouée d’amarrage (⚓).

1.2.3.2 ENC

Une carte électronique (*Electronic Navigational Chart*, ENC) est un fichier vectoriel contenant les informations maritimes nécessaires à la navigation. Une image vectorielle est composée de nœuds et d’arcs qui permettent de représenter des points, des lignes et des polygones afin de recréer des formes géométriques, des plus simples aux plus complexes. Ces primitives géométriques possèdent un grand nombre d’attributs (forme, couleur, visibilité, etc.). L’avantage des fichiers vectoriels sur les fichiers rasters est qu’ils proposent un affichage dynamique, ce qui n’est pas le cas d’un fichier raster toujours statique ; cet affichage dynamique autorise donc la personnalisation par les usagers, qui peuvent ainsi créer des « cartes à la carte » en choisissant les couches d’information qu’ils souhaitent

superposer. D'autre part, la sémantique de chaque élément vectoriel est unique et définie sans ambiguïté.

1.2.3.3 Différences entre RNC et ENC

Les différences entre RNC et ENC sont nombreuses. La première est celle de la qualité de visualisation : une image vectorielle est redimensionnable sans perte de qualité, ce qui n'est pas le cas d'une image raster.

Une autre différence majeure selon Hecht [78] est celle de l'*implicite* et de l'*explicite* d'une même information contenue dans ces deux types de cartes. Dans le cas d'une RNC ou d'une carte papier, un pixel noir quelconque peut faire partie d'une bouée, d'une ligne côtière, d'un danger, etc. C'est à l'utilisateur, via sa connaissance, d'inférer sur ce point et de déterminer à quoi il correspond et ce qu'il signifie, les différentes relations entre les éléments de la carte sont donc *implicites*. Dans le cas d'une ENC, point de pixels, mais des primitives géométriques auxquelles sont rattachés des attributs : un symbole correspond donc à un élément du monde réel auquel on a ajouté autant d'informations que nécessaire. L'information géographique est alors *explicite* : chaque élément possède ses propres données qui sont accessibles par l'utilisateur (cf. figure 1.10).

Nous parlerons de sémantique des éléments graphiques, plutôt que d'implicite et d'explicite, car entre les ENC et les RNC c'est bien leur sémantique qui est affectée.

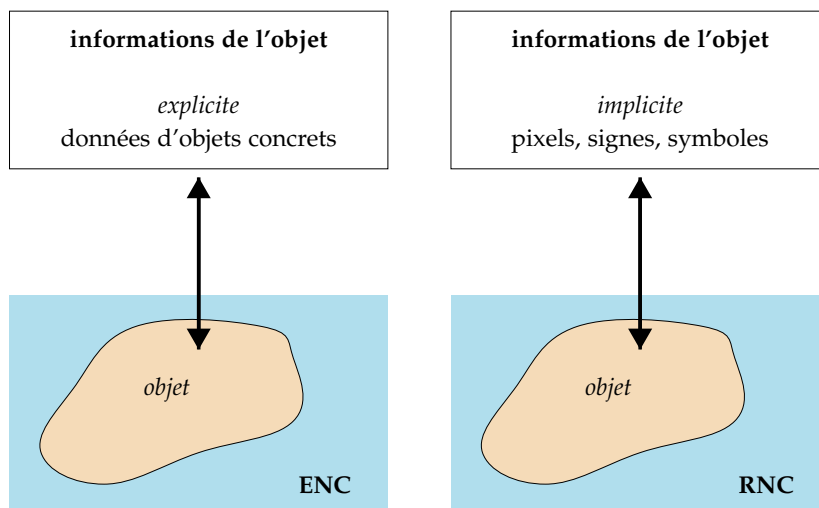


Figure 1.10 — Informations implicites et explicites dans les cartes marines

Un point commun reste cependant entre RNC et ENC : la géolocalisation est possible autant via une RNC qu'une ENC mais les avantages fournis par l'ENC sont non négligeables. En effet, l'ENC agit comme une base de données, données avec lesquelles il est donc possible d'interagir.

Puisqu'il est possible d'interagir avec les données de la carte pour une autre application, à tout hasard, un langage contrôlé, il est important de faire un bref retour sur cette interaction : celle entre espace et langage.

1.3 Langage & espace

Le lien entre espace et langage peut être étudié sous l'angle d'un grand nombre de disciplines : psychologie, linguistique, géographie, informatique, les disciplines s'accumulent mais une idée reste centrale pour beaucoup de chercheurs, l'idée que l'espace est configuré à travers les pratiques langagières [130].

La notion d'« espace » ici associée au langage traite d'une spatialité particulière, celle de la *référence spatiale*, c'est-à-dire la manière dont le langage et ses outils permettent de décrire et représenter l'espace.

1.3.1 Représentation de l'espace dans le langage

La représentation de l'espace dans le langage dépend tout d'abord du type de langage. Les études linguistiques sur le sujet sont nombreuses et Levinson dans [114] fait le constat de la *diversité des langues*. En effet, les langues ne sont pas toutes constituées selon le même modèle tant dans leur grammaire que dans leur vocabulaire, mais aussi dans leur façon d'appréhender certains concepts fondamentaux. Ainsi, à différentes langues, différents moyens de rendre compte, par des processus langagiers, du fonctionnement cognitif impliqué dans la structuration langagière de l'espace. Levinson explique donc qu'il est possible d'opérer une typologie des langues en fonction des systèmes employés :

1. celles n'ayant pas de système de coordonnées et utilisant :
 - (a) une déixis* prototypique : ce qui est dénoté dépend des paramètres en présence, c'est-à-dire que ces langues privilégient l'emploi de termes tels que « là-bas, là, ici » ;
 - (b) la contiguïté (notions de relations topologiques) :
 - (c) le nommage de lieux

2. celles ayant un système de coordonnées et étant :

(a) horizontales

- i. intrinsèques : création d'un système de coordonnées à partir d'une entité et de ses propriétés. Par exemple, dans la phrase « le livre est derrière la télévision », c'est la télévision qui est la base de notre système de coordonnées et qui crée une direction dans laquelle chercher le livre : on se base alors sur les propriétés intrinsèques de la télévision qui possède un avant et un arrière (c'est l'écran de la télévision qui constitue l'avant de l'appareil) ;
- ii. relatives : un système de coordonnées relatives est un système où la position d'un objet est définie en fonction d'un autre objet, ces systèmes sont proches de leurs cousins *intrinsèques* mais une des différences est qu'il n'y a pas utilisation des propriétés inhérentes à un objet (comme son devant, son derrière). Il s'agit en réalité d'une relation ternaire, dans la phrase « le livre est devant l'arbre », entre le livre, le locuteur et l'arbre. Le locuteur utilise en fait deux systèmes de coordonnées : un système primaire basé sur le locuteur/observateur qui décrit la position des objets par rapport à lui-même –« le livre est à gauche de l'arbre » signifiant « depuis le point de vue du locuteur le livre est plus à gauche que l'arbre »– mais aussi un système secondaire. Par exemple, dans le cas de la phrase « le livre est devant l'arbre », le premier élément rencontré par le locuteur, depuis *son* point de vue, est le livre, raison pour laquelle il le place *devant* l'arbre ;
- iii. absolues : les systèmes de coordonnées absolues utilisent des systèmes de localisation absolus par le biais, par exemple, des points cardinaux ;

(b) verticales : les systèmes de coordonnées verticales peuvent correspondre aux mêmes systèmes que ceux aux coordonnées horizontales. La différence est que le point d'observation se fait *par le haut* ou *par le bas* tandis que les systèmes horizontaux, comme leur nom l'indique, propose un point de vue de face, horizontal.

C'est un fait, les langues ne *parlent* pas de l'espace de façon unique. Le langage structure donc l'espace et les linguistes ont démontré cela en se focalisant sur les outils langagiers qui autorisent la localisation des objets comme c'est le cas des prépositions. Talmy [195] a ainsi étudié les prépositions de l'anglais et expliqué pourquoi les primitives géométriques déterminaient l'utilisation de telle ou telle

préposition. Prenons l'exemple de la préposition (ou locution prépositionnelle) française *en travers* (cf. exemple 1.3.6) :

Exemple 1.3.6

Phrase : Un arbre_{objet A} est tombé *en travers*_{préposition} de la route_{objet R}.

Objet A : c'est l'objet dont la position est décrite.

Objet R : c'est l'objet qui définit relativement la position de l'objet A.

Primitives géométriques :

- A est linéaire et a des extrémités définies ;
- R a la forme d'un ruban : une bande avec deux droites relativement parallèles qui la délimitent et dont la longueur est supérieure à la largeur ;
- l'axe de A est horizontal ;
- les axes de A et R sont plus ou moins perpendiculaires ;
- A est parallèle au plan de R ;
- A est adjacent au plan de R ;
- la longueur de A est plus grande ou égale à la largeur de R ;
- A touche les limites de R ;
- les extrémités de A ne dépassent pas excessivement la largeur de R.

Toutes ces primitives géométriques déterminent l'utilisation d'*en travers*, toute utilisation d'une autre préposition serait agrammaticale et communiquerait un sens différent. Ainsi, l'équivalent en langue anglaise de cette préposition est *across* qui peut être traduit par *en travers*, *au travers*, *à travers* mais aussi par *de l'autre côté de*. Si on utilise ce deuxième sens, la phrase devient *l'arbre est tombé de l'autre côté de la route*. De toute évidence, la phrase conserve un sens parfaitement correct, mais est très loin de celui que nous voulons transmettre. De même, nous pourrions utiliser un synonyme de *en travers* comme *au milieu de* : la phrase reste grammaticale, mais une fois de plus le sens n'est pas le même et cela peut être expliqué par à nouveau par les primitives géométriques en présence (cf. exemple 1.3.7).

Exemple 1.3.7

Phrase : Un arbre_{objet A} est tombé *au milieu*_{préposition} de la route_{objet R}.

Objet A : c'est l'objet dont la position est décrite.

Objet R : c'est l'objet qui définit relativement la position de l'objet A .

Primitives géométriques :

- A est linéaire et a des extrémités définies ;
- R a la forme d'un ruban : une bande avec deux droites relativement parallèles qui la délimitent et dont la longueur est supérieure à la largeur ;
- l'axe de A est horizontal ;
- les axes de A et R sont plus ou moins perpendiculaires ;
- A est **perpendiculaire** au plan de R ;
- A est adjacent au plan de R ;
- la longueur de A **est plus petite ou égale à** la largeur de R ;
- A **ne touche pas** les limites de R ;
- A **est strictement contenu dans** R .

Les théories et exemples évoqués partent du principe que le langage structure l'espace, mais l'inverse n'est pas faux pour autant à l'exemple du modèle de représentation d'une scène environnementale formulé par Le Yaouanc [110]. En effet, l'expérience menée révèle que les participants décrivent un paysage en fonction de son agencement et de ses traits saillants. Dans ce cas, c'est le langage qui se retrouve structuré par l'espace.

1.3.2 Méréotopologie, « méréolinguistique » ?

La *méréologie* est une science qui traite du tout et de ses parties et son rapport à la fois avec les réseaux spatiaux et le langage paraît évident. Elle peut aider à comprendre la distinction entre noms collectifs, noms dénombrables et noms indénombrables mais aussi permettre une description linguistique, en se fondant sur un raisonnement spatial, de propositions et d'expressions formulées en langage naturel. Ainsi, on ne manquera pas d'évoquer la *synecdoque*, sous-forme de la métonymie, une figure de style qui consiste en l'utilisation d'un terme faisant référence à une partie d'une entité pour désigner le tout de cette même entité : l'expression *avoir un toit sur la tête* est donc une synecdoque, le toit étant la partie d'un tout, la maison, et par extension le logement.

Les réseaux spatiaux, quant à eux, peuvent être étudiés sous l'angle de la méréologie voire même de la *méréotopologie* qui prend en compte à la fois la méréologie, mais aussi la topologie, en charge de l'étude des relations de connections.

Ces relations spatiales peuvent être décrites via le *Region Connection Calculus* mentionné plus tôt (cf. section 1.2.2.1) qui propose un ensemble de huit relations (et quatre relations inverses).

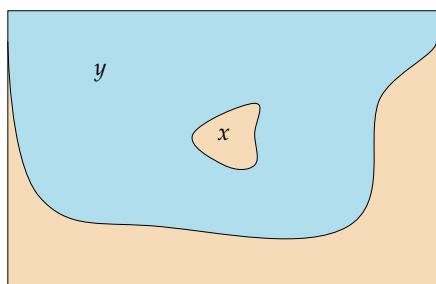
Si ces relations ne permettent pas de décrire toutes les propositions d’une langue naturelle avec des prédicats méréotopologiques, il est néanmoins possible de les appliquer à des textes spécifiques comme les descriptions d’environnement ou les textes compagnons des cartes qui formulent, par le biais de la langue naturelle, des représentations graphiques et spatiales.

Il est donc envisageable d’utiliser les relations spatiales pour décrire des propositions en langue naturelle décrivant des relations spatiales comme cela a déjà été fait avec d’autres formalismes que le RCC8 [162], créant ainsi une « méréolinguistique ». L’exemple suivant permet de démontrer qu’il est possible d’exprimer via des prédicats méréotopologiques des propositions décrivant un espace.

Exemple 1.3.8

Proposition : « L’[île Hicks]_x est dans la [Baie de Higrek]_y »

Représentation :



Prédicat méréologique du RCC8 : $NTPP(x, y)$

1.4 Conclusion

Nous avons vu que plusieurs champs d’étude se recoupent dans le cadre du projet de création d’un langage contrôlé pour les *Instructions nautiques* du SHOM : le traitement automatique des langues, sous-domaine de l’intelligence artificielle, avec notamment les langages contrôlés, mais aussi la génération automatique de textes, la géomatique qui regroupe hydrographie, cartographie et SIG et enfin l’association étroite entre linguistique et topologie. Cette thèse aborde ainsi les

domaines susmentionnés sous l'angle inédit des *Instructions nautiques* et de la navigation maritime.

Le chapitre suivant va se consacrer au domaine de la représentation des connaissances et les relations entretenues avec les langages contrôlés, avant de commencer au chapitre 3 la description de la création de notre langage contrôlé.

Chapitre

2

Langages contrôlés et représentation des connaissances

*If knowledge can create problems, it is not through
ignorance that we can solve them.*

Isaac Asimov

DANS ce chapitre nous proposons une description des possibilités des langages contrôlés, leurs avantages, mais aussi leurs limites qui nous contraignent à définir un nouveau type de langage contrôlé qui va pouvoir prendre en compte la multimodalité des *Instructions nautiques* et ce qui en découle.

Nous évoquerons donc d'abord des principes généraux concernant la représentation des connaissances et les outils nécessaires à leur interrogation, comprenant entre autres les langages contrôlés. Puis nous présenterons quelques interfaces d'exploitation de la connaissance avant de nous intéresser aux solutions d'accessibilité de ces interfaces pour des usagers non-experts.

2.1 Principes généraux

Avant de nous attaquer à la définition de notre langage contrôlé, de ses caractéristiques, ses limites ou encore son potentiel, il convient de préciser ce qu'est la représentation des connaissances, qui nous offre des outils permettant de créer et interroger une base de connaissances pour le SHOM mais aussi comment les langages contrôlés s'insèrent dans cette discipline et la rendent accessible à tous les utilisateurs.

2.1.1 La représentation des connaissances

Qu'est-ce que la représentation des connaissances ?

Dans le domaine de l'Intelligence Artificielle, la représentation des connaissances correspond avant tout à des moyens permettant d'organiser et de stocker des connaissances acquises précédemment afin qu'elles puissent être utilisées dans un système à base de connaissances.

Il existe ainsi différents degrés de formalisme pour la représentation des connaissances en fonction des langages de représentation employés. Selon [198] on distingue trois niveaux différents (*cf.* table 2.1) :

1. **Les langages informels** font surtout référence à la langue naturelle dont le degré d'expressivité très élevé se révèle intéressant pour la représentation des connaissances. Cependant, la langue naturelle regorge d'ambiguïtés : facilement identifiables par l'humain, elles sont particulièrement difficiles à traiter par la machine.
2. **Les langages semi-formels** présentent en général moins d'ambiguïtés mais aussi une expressivité réduite.
3. **Les langages formels** enfin correspondent entre autres aux logiques de description (*cf.* section 2.1.1.1) ou encore aux graphes conceptuels (*cf.* section 2.1.1.2). Ces langages possèdent une expressivité très réduite par rapport aux langages informels mais ont l'avantage de ne présenter aucune ambiguïté permettant ainsi le traitement automatique des connaissances représentées.

Dans le cas de la création d'un langage contrôlé pour les *Instructions nautiques*, il nous faut, comme nous l'avons vu précédemment, nous défaire autant que possible des ambiguïtés. C'est pour cette raison que nous nous intéresserons uniquement aux langages de type formel pour la représentation de la connaissance.

Degré de représentation	Langage	Degré d'ambiguïté	Degré d'expressivité
Informel	Naturel	Élevé	Élevé
Semi-formel	Artificiel	Faible	Moyen
Formel	Artificiel	Nul	Faible

Table 2.1 — Classification des différents niveaux des langages de représentations des connaissances

2.1.1.1 Les logiques de description

Le formalisme des logiques de description est souvent au cœur de la création de systèmes à base de connaissances et d'ontologies pour le web sémantique bien qu'il existe d'autres moyens comme nous le verrons par la suite avec notamment les graphes conceptuels (*cf. infra*) ou même les langages de conception d'ontologie fondés sur d'autres logiques (comme KL-ONE¹ qui est considéré comme l'ancêtre des logiques de description [136] ou LOOM²).

Les grands principes des logiques de description peuvent se résumer en quelques points :

- les éléments du monde réel sont représentés par des concepts, des individus et des rôles ;
- les concepts et les rôles possèdent une description structurée associée à une sémantique qui doit être prise en compte lors de modifications de rôles ou de concepts ;
- les concepts et les rôles sont hiérarchiquement organisés selon une relation de subsomption* ;
- un concept *C* peut être retrouvé dans la hiérarchie des concepts grâce à la *classification* ;
- un *concept* dénote un ensemble d'*individus* ;
- un *individu* est l'instanciation d'un concept ;
- un *rôle* dénote un ensemble de couples d'individus.

La modélisation des connaissances d'un domaine avec les logiques de description se divise en trois composantes : la composante terminologique avec la TBox (*Terminological Box*) qui contient les axiomes, la composante factuelle avec la ABox (*Assertion Box*) et enfin la RBox (*Role Box*) qui contient les assertions concernant

1. KL-ONE [25] est un langage orienté cadre conçu pour la représentation des connaissances en Intelligence Artificielle.

2. LOOM [117] est un langage à cadre qui reconnaît deux langages logiques : un langage de logique de description et un langage fondé sur le calcul des prédicats.

les rôles et leur hiérarchie et qui n'existe que dans certaines logiques de description. La TBox décrit les connaissances générales d'un domaine avec la définition de rôles et de concepts tandis que la ABox définit la structure précise et décrit les individus en spécifiant les assertions qui portent sur eux. Autrement dit, la TBox contient la connaissance en intension* et la ABox contient cette dernière en extension*.

Pour illustrer l'utilisation de la logique de description, nous nous proposons de présenter un exemple simple utilisant la syntaxe du tableau 2.2 : le tableau 2.3 présente un exemple de TBox avec sa signification, le tableau 2.4 propose un exemple de la ABox correspondante.

Nous proposons d'utiliser ici les quatre concepts Brigantin³, Navire, Sloop et Deux-Mâts, et deux rôles aMat et aCanon (possession de mâts et de canons) pour la TBox. Dans la ABox nous utiliserons les individus suivants : William⁴, Ranger⁵ et 12.

Il apparaît clairement que la ABox contient des instances des concepts de la TBox, et que ces instances sont factuelles. Autrement dit, la ABox est une « mémoire à court terme », les individus n'étant pas immuables, alors que la TBox est une « mémoire à long terme » : la hiérarchie, la classification, les rôles qu'elle décrit sont pérennes.

2.1.1.2 Les réseaux sémantiques et assimilés

C'est sur la notion de *graphe* que sont fondés les réseaux sémantiques. Formés de nœuds – représentant les concepts – et d'arcs qui lient les concepts entre eux, les réseaux sémantiques proposent plusieurs modèles de représentation des connaissances. Le point commun des différents réseaux sémantiques est ainsi de fournir la définition d'un formalisme de représentation graphique servant à la fois à représenter les connaissances mais aussi, éventuellement, à raisonner sur lesdites connaissances.

C'est Peirce qui, au tout début du xx^e siècle, a introduit le concept de *graphe existentiel* [151, §347—584] qui consiste en une représentation visuelle de la logique de premier ordre (cf. figure 2.1). Composées de diagrammes, ces représentations visuelles sont vite devenues complexes et inutilisables, mais elles ont servi de fondement à la création des réseaux sémantiques.

3. Navire à deux mâts et à voiles carrées ou auriques.

4. Le *William* était le navire de Calico Jack et Ann Bonny, deux célèbres pirates du début du xviii^e siècle.

5. Le *Ranger* était un brigantin de douze canons avec un équipage de 80 hommes appartenant au pirate Charles Vane au début du xviii^e siècle.

Expression	Signification
$C \sqsubseteq D$	Expressions de concepts
$r \sqsubseteq s$	Expressions de rôles
$A \sqsubseteq a$	Concept et rôle primitifs
n	Entier non nul
$C \sqsubseteq A$	Subsorption de concepts
\perp	Concept vide
\top	Concept universel
\sqcap	Conjonction de concepts
\sqcup	Disjonction de concepts
$\neg C$	Négation de concept
$\forall r.C$	Restriction universelle avec succession dans C
$\exists r.C$	Restriction existentielle avec succession dans C
$(\geq n \ r)$	Restriction supérieure de cardinalité
$(\leq n \ r)$	Restriction supérieure de cardinalité
$r \sqsubseteq s$	Subsorption de rôles
$r \circ s$	Composition de rôles

Table 2.2 — Syntaxe d'une logique de description

TBox	Signification
$\text{Brigantin} \sqsubseteq \text{Navire}$	Un Brigantin est un Navire.
$\text{Sloop} \sqsubseteq \text{Navire}$	Un Sloop est un Navire.
$\text{Brigantin} \sqsubseteq \text{Navire}$ $\sqcap \neg \text{Sloop}$	Aucun Brigantin n'est un Sloop et inversement.
$\text{Deux-Mâts} = \text{Navire}$ $\sqcap (=2 \ \text{aMat})$	Un Deux-Mâts est défini comme un Navire ayant exactement 2 mâts.
$\text{Sloop} = \text{Navire} \sqcap$ $(\leq 18 \ \text{aCanon})$	Un Sloop est défini comme un Navire ayant au plus 18 canons.

Table 2.3 — Exemple d'une TBox avec sa signification

Nous nous attarderons sur deux systèmes de représentation de la connaissance issus des réseaux sémantiques : les graphes conceptuels et les ontologies.

Les graphes conceptuels Nous avons déjà mentionné les nœuds (*cf. supra*) comme éléments de base des graphes conceptuels. Ces derniers sont, en effet,

ABox	Traduction
Navire(William)	Le <i>William</i> est un navire.
Sloop(William)	Le <i>William</i> est un sloop.
Navire(Ranger)	Le <i>Ranger</i> est un navire.
Brigantin(Ranger)	Le <i>Ranger</i> est un brigantin.
aCanon(Ranger, 12)	Le <i>Ranger</i> a 12 canons.

Table 2.4 — Exemple d’une ABox pouvant s’appliquer à l’exemple de TBox présenté dans le tableau 2.3 – Une même TBox peut se voir appliquer différentes ABoxes

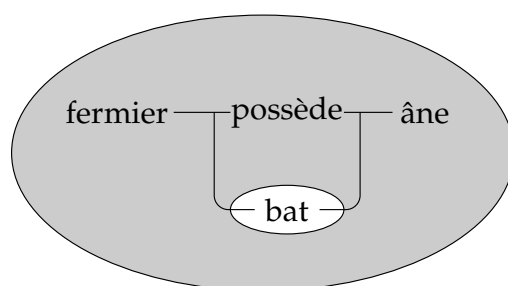


Figure 2.1 — Exemple d’un graphe existentiel pour la formule logique : $\forall x \forall y ((\text{Fermier}(x) \wedge \text{\AA ne}(y) \wedge \text{Poss\`ede}(x, y)) \rightarrow \text{Bat}(x, y))$

constitués de deux types de nœuds : les *relations* et les *concepts*. Comme le précise Sowa [187] :

In the graphs, concept nodes represent entities, attributes, states, and events, and relation nodes show how the concepts are interconnected.

Un *graphe conceptuel* est un multigraphe biparti ; le graphe possède deux ensembles disjoints de sommets où chaque arrête relie deux sommets des deux ensembles. Ces derniers constituent d’une part l’ensemble des sommets concepts, et d’autre part l’ensemble des sommets relations.

Pour représenter les connaissances, les graphes conceptuels sont définis sur un *vocabulaire* qui définit les ensembles de types de concepts et de types de relations. Un concept qui n’est pas spécifié par un individu est appelé concept *générique*. Plus clairement, le concept « le port » est considéré comme un individu, il est défini, tandis que « une plage » est un concept *générique* identifié par le marqueur *. Enfin, la signature d’un type de relations permet de renseigner l’arité et le type de concepts composant cette relation.

Pour plus de précision, on peut se référer aux définitions suivantes (cf. définitions 5 et 6, en partie issues de [37]) qui spécifient respectivement le *vocabulaire* d’un graphe conceptuel et le graphe conceptuel lui-même.

Définition 5 Vocabulaire d'un graphe conceptuel

Le *vocabulaire* d'un graphe conceptuel est un quadruplet $(T_C, T_R, \mathcal{M}, \sigma)$ où :

- T_C , l'ensemble des types de concept, est partiellement ordonné par la relation \leq et admet un plus grand élément.
- T_R , l'ensemble des types de relation, est partitionné en sous-ensembles de même arité. Deux relations avec une arité différente ne peuvent pas être comparées. $T_R = T_{R_1} \cup T_{R_2} \cup T_{R_i} \cup \dots \cup T_{R_j}$ où T_{R_i} est l'ensemble des types d'arité i ($i \neq 0$). Tout T_{R_i} est partiellement ordonné par la relation \leq et admet un plus grand élément.
- T_C et T_R sont des ensembles finis disjoints deux à deux.
- \mathcal{M} est l'union disjointe des marqueurs individuels des ensembles T_C et T_R . Le *marqueur générique* est appelé $*$, $\mathcal{M} \cup *$ représente l'ensemble des marqueurs où $*$ est plus grand que tous les éléments de \mathcal{M} , et ces derniers ne sont pas comparables deux à deux.
- σ est une application qui associe à chaque type de relation $r \in T_R^i$ avec $1 \leq i \leq j$ une signature $\sigma(r) \in (T_C)^i$.

Une fois le vocabulaire constituant les ensembles présents dans un graphe conceptuel défini, il nous est possible de définir un graphe conceptuel *basique*.

Définition 6 Graphe conceptuel basique

Un *graphe conceptuel basique* défini sur un vocabulaire $\mathcal{V} = (T_C, T_R, \mathcal{M}, \sigma)$ est un quadruplet $G = (C, R, A, lab)$ qui satisfait les conditions suivantes :

- (C, R, A) est un multigraphe fini biparti et non orienté où C est l'ensemble des sommets concepts, R l'ensemble des sommets relations et A correspond à l'ensemble des arêtes.
- lab est la fonction d'étiquetage des sommets et des arêtes de (C, R, A) qui satisfait les conditions suivantes :
 - Un sommet concept c est étiqueté par une paire $lab = (type(c), marqueur(c))$ où $type(c) \in T_C$ et $marqueur(c) \in \mathcal{M} \cup *$.
 - Deux sommets concepts différents ne peuvent pas être étiquetés par un même individu.
 - Un sommet relation r est étiqueté par $lab(r) \in T_R$. $lab(r)$ est aussi appelé le type de r et se note $type(r)$.

- Le degré d'un sommet relation r est égal à l'arité de $type(r)$.
- Les arêtes incidentes à un sommet relation r sont totalement ordonnées et étiquetées de 1 à l'arité de $type(r)$.

Les graphes conceptuels ont originellement été conçus pour simplifier la mise en correspondance depuis et vers les langues naturelles – raison pour laquelle ils sont beaucoup utilisés dans le traitement des langues naturelles – mais ils sont aussi souvent implémentés dans des moteurs de recherche et des démonstrateurs de théorèmes.

La figure 2.2 illustre simplement la notion de graphe conceptuel avec la phrase « tous les bricks⁶ ont deux mâts pour partie ».



Figure 2.2 — Exemple d'un graphe conceptuel illustrant la proposition : « tous les bricks ont deux mâts pour partie »

Le concept [Brick : \forall] correspond au syntagme *tous les bricks* avec comme spécification le quantifieur universel \forall , tandis que le concept [Mât : *@2] correspond au syntagme *deux mâts* avec une spécification concernant le nombre. Enfin, le cercle, quant à lui, représente une relation, ici *a pour partie*.

Les graphes conceptuels sont donc un formalisme de représentation de la connaissance très puissant doté à la fois d'une représentation graphique et d'une sémantique formelle.

Les ontologies et bases de connaissances Nous venons de voir ce que sont les graphes conceptuels, ainsi que les logiques de description, qui constituent un *support* de la représentation des connaissances. Ces formalismes permettent ainsi de définir une *ontologie* qui représente le contenu du support avec les concepts, les relations et les différentes contraintes utilisés pour modéliser un domaine donné [212].

Le terme d'*ontologie* n'apparaît qu'au xvii^e siècle⁷ mais le concept nous vient cependant en premier lieu du philosophe Aristote et de ce qu'il définit comme

6. Un brick est un bateau à voiles possédant deux mâts : le mât de misaine et un grand mât.

7. Les dates précises varient selon les sources qui s'accordent tout de même sur le siècle d'apparition du terme.

une science de l'être. Cependant, l'ontologie est davantage considérée comme une science des étants ou de l'étant en tant qu'étant que comme une science de l'être. Autrement dit, elle s'intéresse à ce qui existe (l'étant) plus qu'aux principes de ce qui existe (l'être). L'ontologie est ainsi considérée comme la science qui produit des ensembles, les *ontologies* [36]. Le Stagirite s'intéresse à la nature des choses et propose ainsi une première méthode d'élaboration d'une ontologie dans laquelle les concepts sont définis par genre et différence au sein d'une relation de subsomption. Le concept philosophique d'*ontologie* et surtout sa désignation ont été empruntés dans les années 1990 par le monde de l'informatique bien que la notion d'*ontologie* soit utilisée depuis les années 1970. En effet, pour les graphes conceptuels elle est le *support* où sont décrits les hiérarchies entre les types de concepts ou de relations, mais aussi la *TBox* des logiques de description qui fournit une description des types de termes ainsi que leurs caractéristiques.

L'ontologie a donc été importée en informatique et est passée de la science de l'existant à un artefact représentant l'existant grâce à l'utilisation d'un vocabulaire formel computable par une machine. Ainsi, une ontologie procure des outils pour exprimer des concepts avec leur hiérarchie et leur sémantique dans un formalisme utilisé pour la représentation des connaissances. S'inspirant des graphes conceptuels de Sowa, Handschuh [70] a fourni une définition formelle d'une ontologie (cf. définition 7).

Définition 7 Ontologie

Une *ontologie* est une structure

$$\mathcal{O} := (C, \leq_C, R, \leq_R, A)$$

qui consiste en

- trois ensembles disjoints C , R et A dont les éléments sont respectivement nommés *concepts*, *relations* et *attributs* ;
- un ordre partiel \leq_C sur C nommé *hiérarchie des concepts* ou *taxonomie* ;
- un ordre partiel \leq_R sur R , nommé *hiérarchie des relations*.

Elle dispose de deux fonctions :

- la fonction *domain* : $R \cup A \rightarrow C$;
- la fonction *range* : $R \rightarrow C$.

Tandis que les ontologies formalisent les aspects intensionnels, les bases de connaissances, quant à elles, correspondent à l'aspect extensionnel d'un système de représentation des connaissances [70]. Ainsi, l'ontologie représente une modélisation de la connaissance, tandis que la base de connaissances correspond à une instanciation d'une ontologie via la population par des instances (cf. figure 2.3).

Nous reprendrons ici à nouveau une définition de Handschuh [70] proche de celle de Cimiano [39], cette fois-ci celle d'une base de connaissances.

Définition 8 Base de connaissances

Une *base de connaissances* est une structure

$$KB := (C_{KB}, R_{KB}, A_{KB}, I, \iota_C, \iota_R, \iota_A)$$

qui consiste en

- trois ensembles C_{KB} , R_{KB} et A_{KB} dont les éléments sont respectivement nommés *concepts*, *relations* et *attributs* ;
- un ensemble I dont les éléments sont nommés *instances* ou *objets* ;
- une fonction $\iota_C : C_{KB} \rightarrow 2^I$ prenant en charge l'instanciation des concepts ;
- une fonction $\iota_R : R_{KB} \rightarrow 2^{I \times I}$ prenant en charge l'instanciation des relations ;
- une fonction $\iota_A : A_{KB} \rightarrow 2^{I \times \text{STRING}}$ prenant en charge l'instanciation des attributs où *STRING* est un ensemble contenant toutes les chaînes de caractères.

L'ensemble $id(I)$ correspond à chaque instance i possédant un identifiant $id(i)$.

Soit une base de connaissances définie selon les critères susmentionnés

- on définit l'assignation des classes de la sorte :

$$AC = \{(i, c) | i \in \iota_C(c)\} \subseteq I \times C_{KB}$$

- on définit l'assignation des relations de la sorte :

$$AR = \{(i, r, j) | (i, j) \in \iota_R(r)\} \subseteq I \times R_{KB} \times I$$

— on définit l'assignation des attributs de la sorte :

$$AA = \{(i, a, s) | (i, s) \in \iota_A(a)\} \subseteq I \times A_{KB} \times STRING$$

Inversement, soit AC , AR et AA , on peut retrouver ι_C , ι_R et ι_A .

Ainsi donc, lorsqu'une base de connaissances est connue, il est possible de dériver les extensions des concepts et des relations de l'ontologie en se fondant sur leur instanciation.

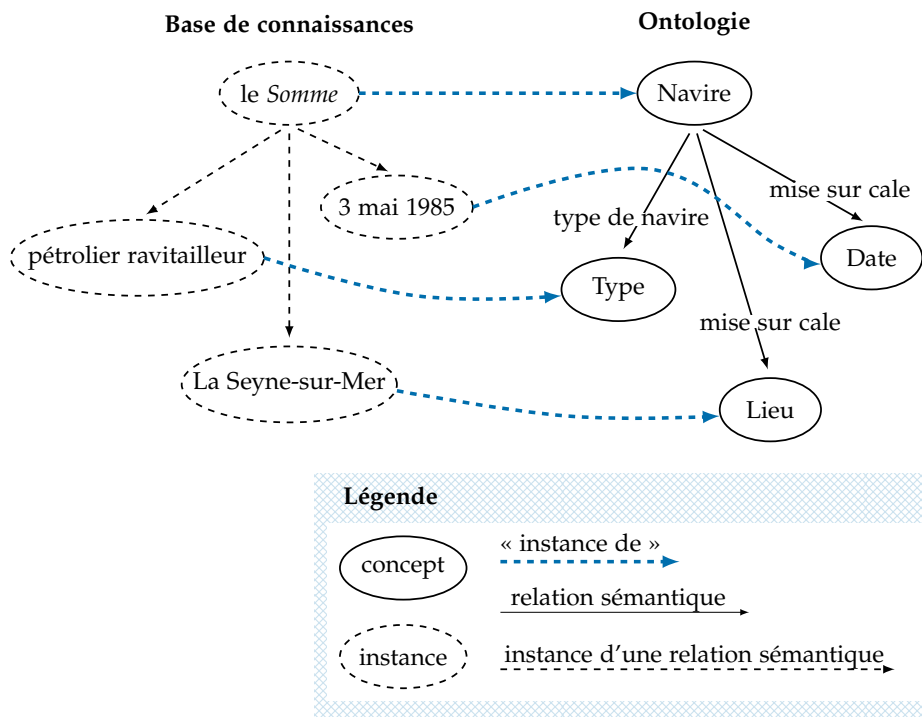


Figure 2.3 — Extrait d'une ontologie illustrant le concept de « navire » accompagnée d'annotations sémantiques constituant la base de connaissances

Les graphes conceptuels et les ontologies sont donc deux systèmes très proches pour la représentation de la connaissance. En effet, ils sont fondés sur les mêmes principes comme il est expliqué dans la section qui suit immédiatement.

2.1.1.3 Taxonomie des systèmes d'organisation de la connaissance

Hjørland [80] propose une simplification de la taxonomie établie par Hodge [81] des *systèmes d'organisation de la connaissance* où l'on peut constater que les diffé-

rents systèmes présentés dans cet exposé appartiennent tous à la troisième catégorie :

1. listes de termes
 - notices d'autorité
 - glossaires
 - dictionnaires
 - *gazetteers*
2. classifications et catégories
 - rubriques
 - schémas de classification
 - taxonomies
 - schémas de catégorisation
3. listes de relations
 - thésaurus
 - réseaux sémantiques
 - ontologies

Dans la première catégorie, on est confronté à un système de représentation de la connaissance qui présente des listes de termes contenant un sens spécifique au domaine pour lequel la liste est utilisée. Typiquement, ces listes sont soumises à un ordre – le plus souvent alphabétique – qui ne crée d'autre sens que celui de l'ordonnement. Autrement dit, dans toute liste ou tout dictionnaire sémasiologique*, puisque deux mots n'ayant aucun rapport entre eux peuvent se suivre, le classement alphabétique des entrées est forcément arbitraire. Les termes sont liés entre eux par un ou plusieurs critères d'ordonnement, et non par le sens qu'ils renferment. Il s'agit donc d'une classification non pas fondée sur des relations sémantiques mais des relations de correspondance de forme entre plusieurs termes.

Dans le cas des classifications et catégories, il existe un arrangement hiérarchique des termes. C'est une relation spécifique et prédéterminée qui impose cette hiérarchie. Effectivement, les concepts sont arrangés selon une hiérarchie de classes et de sous-classes (*cf.* figure 2.4). Ainsi, les concepts de sens plus général, les archisémèmes, sont situés au sommet de la hiérarchie de par leur sémantique plus large tandis que les concepts constituant les sous-classes sont moins inclusifs ; on va donc, dans une démarche avant tout onomasiologique*, du plus inclusif au moins inclusif.

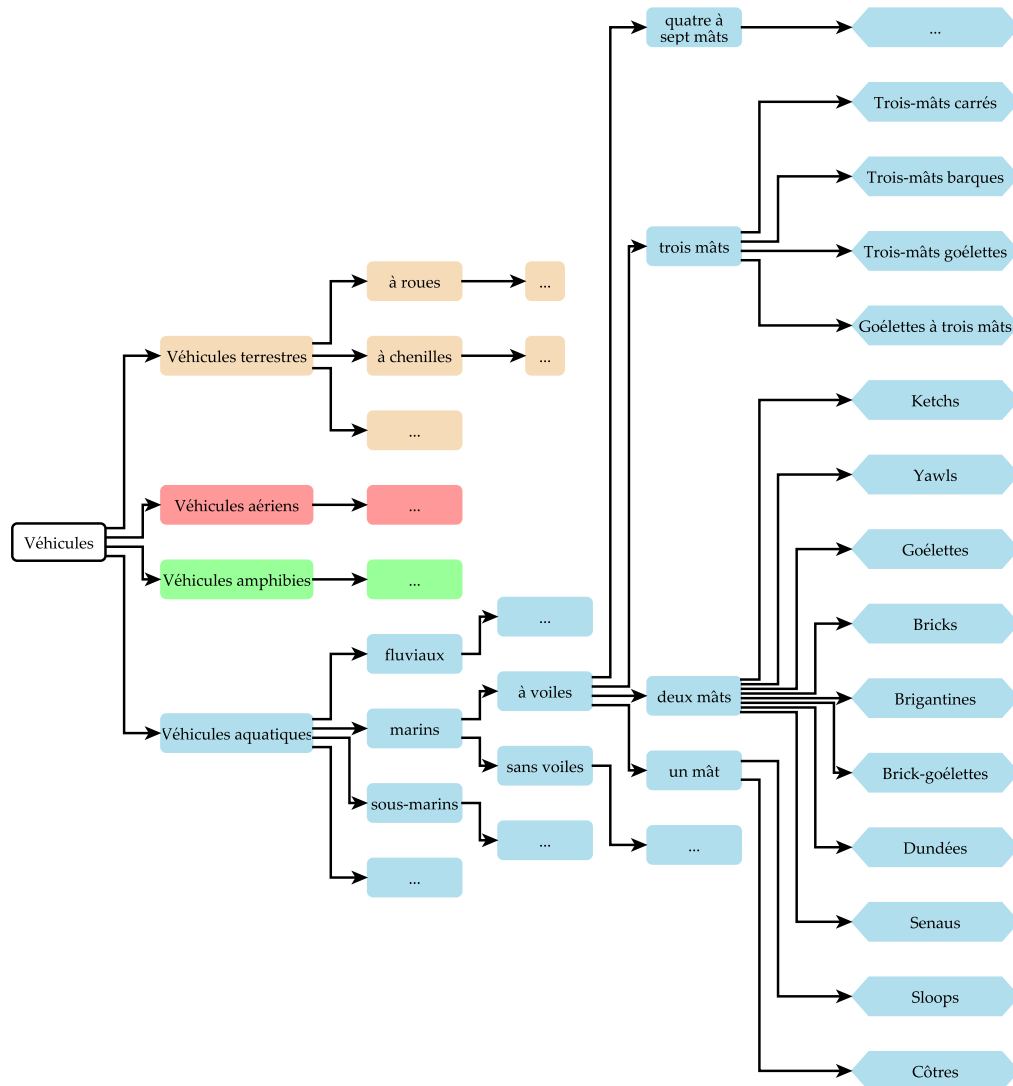


Figure 2.4 — Exemple d’une taxonomie simplifiée des véhicules avec affichage de la classification des bateaux à voiles

Enfin, dans la dernière catégorie, ce sont les relations entre les concepts qui sont mises en avant. De fait, dans les listes de relations, ce sont principalement des relations sémantiques qui sont construites et exprimées. Les concepts peuvent ainsi être associés selon un ordre hiérarchique de classes et de sous-classes, ou selon un ordre causal de causes à effets ou encore selon un ordre horizontal – comme la synonymie –, inversé ou encore proxémique*.

On peut donc voir que les ontologies constituent des systèmes de représentation de la connaissance fondés sur les relations qu’entretiennent les concepts entre eux, relations non pas arbitraires comme c’est le cas, par exemple, des *listes de termes*, mais ayant une valeur sémantique déterminée par l’utilisateur. La portée sémantique d’une ontologie dépasse ainsi largement celle d’une taxonomie ou d’un glossaire. Les réseaux sémantiques quant à eux fonctionnent sur les mêmes bases en tant que « listes de relations », les graphes conceptuels ont donc la même portée que les ontologies et peuvent servir aux mêmes usages tout en permettant l’application de méthodes de la théorie des graphes.

Il existe plusieurs façons de représenter la connaissance – toutes n’étant pas détaillées ici – comprenant entre autres les graphes conceptuels et les ontologies et bases de connaissances. Mais la représentation n’est pas suffisante en elle-même, puisque les connaissances sont destinées à être exploitées, il nous faut utiliser un moyen pour interroger les connaissances afin de pouvoir les manipuler.

2.1.2 Interrogation et manipulation des connaissances

Il existe plusieurs techniques pour interroger et manipuler les connaissances, outils qui varient en fonction de la méthode de représentation employée, mais aussi des besoins et compétences de l’usager. Nous évoquerons ici trois techniques d’interrogation des connaissances : les langages de requêtes, les projections et enfin les différents outils graphiques utilisant en arrière-plan les deux techniques susmentionnées.

2.1.2.1 Langages de requêtes

Les langages de requêtes constituent certainement le moyen le plus usité pour interroger ou manipuler la connaissance. Le plus célèbre est sans aucun doute SPARQL ; néanmoins, comme nous le détaillerons au chapitre 5 qui s’attache, notamment, à la description de l’implémentation du système, le langage CYPHER est aussi fréquemment utilisé, raison pour laquelle nous le présentons maintenant.

SPARQL *SPARQL Protocol and RDF Query Language*⁸ [161] est un langage de requêtes permettant la manipulation de données RDF (*Resource Description Framework*, un modèle de données pour la représentation de l’information du Web

8. <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

de données). Il est au Web de données ce que SQL est aux bases de données relationnelles et permet de manipuler des *modèles de graphes*.

Il est nécessaire pour effectuer une requête SPARQL de spécifier différentes clauses telles que :

1. **PREFIX** permet d'indiquer l'adresse des dépôts de données exploités dans la construction de la requête en utilisant des espaces de nom ;
2. **SELECT ... [FROM ...] WHERE ...** pour exprimer une requête interrogative ;
3. **CONSTRUCT** afin de formuler une requête constructive ;
4. **FILTER** pour créer une condition ;
5. etc.

La requête présentée dans le listing 2.1 – dont le résultat est présenté dans le tableau 2.5 – présentée en exemple est exprimée sous la forme d'un triplet sujet/prédicat/objet où le sujet est une variable à la ligne 4 et où le sujet et l'objet sont exprimés par des variables aux lignes 5 et 6. Le mot clef a (ligne 4) est un raccourci pour le prédicat `rdf:type` qui permet de donner la classe de la ressource interrogée.

Avec cette requête, on récupère les latitudes et longitudes contenues dans le vocabulaire fourni par http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos/ qui utilise le système WGS84⁹ comme référence pour la représentation des coordonnées géographiques pour les instances de classe *Place* dans *DBpedia*¹⁰.

```
1 PREFIX geo:<http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos/>
2 PREFIX dbo:<http://dbpedia.org/ontology/>
3 SELECT * WHERE {
4   ?lieu a dbo:Place .
5   ?lieu geo:lat ?latitude .
6   ?lieu geo:long ?longitude .
7 }
```

Listing 2.1 — Exemple de requête SPARQL

CYPHER est le langage de requêtes orienté graphes utilisé par la base de données de graphes *Neo4j*¹¹. Il emprunte lui aussi sa structure aux requêtes SQL en utilisant différentes instructions :

9. Système géodésique le plus fréquemment utilisé.

10. <http://wiki.dbpedia.org/>

11. <http://neo4j.com/>

lieu	latitude	longitude
http://dbpedia.org/resource/Berlin	52.5167	13.3833
http://dbpedia.org/resource/San_Clemente,_California	33.4378	-117.62
http://dbpedia.org/resource/Lowlands_(festival)	52.4328	5.76528

Table 2.5 — Résultat de la requête SPARQL 2.1

- **RETURN** permet de définir ce qu’il est nécessaire d’inclure dans les résultats de la requête ;
- **MATCH** est utilisée pour chercher le modèle qu’elle décrit ;
- **START** trouve des points de départ dans un graphe ;
- **CREATE** sert à créer des éléments dans le graphe : nœuds, relations ou chemins ;
- **DELETE** permet d’effacer des éléments dans le graphe ;
- etc.

L’avantage de CYPHER est qu’il se veut intuitif même pour les graphes les plus complexes. En effet, il propose un système de notation évidente puisque fondée sur le ASCII-art*, ainsi si une relation entre deux nœuds peut se représenter de la sorte :



Figure 2.5 — Une relation entre deux nœuds

il suffit, avec Cypher, de reproduire la version graphique en ASCII-Art :

```
1 (a) -[:AIME]->(b)
```

Listing 2.2 — Syntaxe de CYPHER

Les nœuds sont placés entre parenthèses afin de représenter une ellipse ou un cercle, les relations sont exprimées par des flèches.

```
1 MATCH (node1)-->(node2)
2 RETURN node2.propertyA, node2.propertyB
```

Listing 2.3 — Structure d’une requête CYPHER simple

Ainsi, à la ligne 1 de la requête présentée dans le listing 2.3, on utilise **MATCH** pour déclarer un modèle de graphe tandis que **RETURN** à la ligne 2 permet de signifier quels sont les éléments à retourner (ici des propriétés ou attributs des nœuds).

Aux langages de requêtes nous ajoutons les projections aux techniques d'interrogation des connaissances, qui ne s'emploient qu'avec les graphes conceptuels.

2.1.2.2 Projection

La mise en correspondance entre une requête et une base de connaissances est appelée *projection* (cf. Définition 9), on utilise aussi le terme d'*homomorphisme** [37, p. 31]. Une projection d'un graphe H vers un graphe G signifie que le graphe H est un des retours possibles à la requête formulée par un utilisateur.

Définition 9 Projection

Soient G et H deux graphes conceptuels définis sur le même vocabulaire. Il existe une opération de projection π des nœuds de H vers les nœuds de G si :

- pour chaque concept c de C_H , $\pi(c)$ est soit une spécialisation de c , soit identique à c ;
- pour chaque relation r de R_H , $\pi(r)$ est soit une spécialisation de r , soit identique à r ;
- si le i -ème arc de r est lié à un concept c dans H , alors le i -ème arc de $\pi(r)$ doit être lié à $\pi(c)$ dans G .

On dit que H subsume G et est noté $H \geq G$.

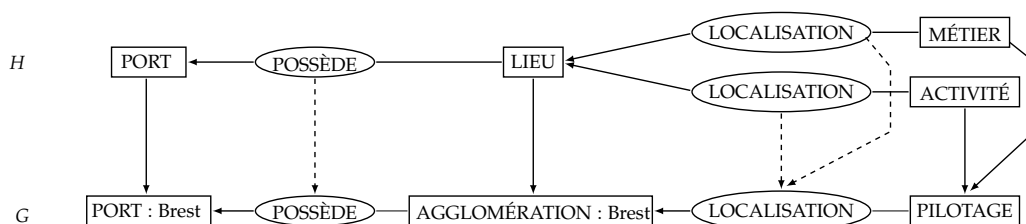
Définition 10 Spécialisation

Soit G et H deux graphes conceptuels. G est une spécialisation de H noté $G \leq H$ si et seulement s'il existe une projection π de H dans G .

Dans l'exemple présenté dans la figure 2.6, on peut voir une projection de H sur G qu'il est possible de formuler de la sorte : « Il existe un métier et une activité localisés sur un même lieu possédant un port ».

On peut voir que H subsume G puisque toute l'information contenue dans H est aussi contenue dans G .

Une dernière technique d'interrogation des connaissances est celle des interfaces en langue naturelle qui exploite les projections et les langages de requêtes mais qui propose cependant à l'utilisateur d'employer ses compétences de locuteur

Figure 2.6 — Une projection de H sur G

d'une langue naturelle. C'est à ce point précis qu'interviennent les langages contrôlés : ils vont s'insérer dans des interfaces permettant un accès à l'information par des utilisateurs munis seulement de leur expertise dans un domaine quelconque sans rapport avec la représentation des connaissances.

2.2 Interfaces exploitant les langages contrôlés

Nous présentons deux types d'exploitations des Langages Contrôlés pour les bases de connaissances : l'édition et l'interrogation.

Le rôle des langages contrôlés sera celui d'intermédiaire entre l'utilisateur et la base de connaissances/l'ontologie : les mécanismes d'interrogation sont ceux que nous avons vus (cf. *supra*) mais l'utilisateur ne voit pas ces mécanismes et se contente de saisir dans un langage contrôlé donné une requête pour interroger ou éditer.

Édition d'une KB via un langage contrôlé : l'exemple d'*Ontorion Controlled Natural Language* L'éditeur d'ontologie *Fluent Editor*¹² utilise un langage contrôlé : *Ontorion Controlled Natural Language* [95]. Ontorion supporte plusieurs standards du Web sémantique comme OWL, RDF, SWRL et SPARQL et traduit un sous-ensemble de l'anglais automatiquement en logique de description. L'extrait "African Wildlife" par exemple est composé de plusieurs constructions OWL décrites en Ontorion de la sorte :

- 1 **Comment: 'instances'.**
- 2 Sophie **is a** giraffe.
- 3 Leo **is a** lion.
- 4
- 5 **Comment: 'hiérarchie'.**
- 6 Every lion **is an** animal.
- 7 Every giraffe **is an** animal.

12. <http://www.cognitum.eu/>

```

8 Every impala is an animal.
9 Every carnivore is an animal.
10 Something is a carnivore if-and-only-if-it eats nothing-but animals and-
    or eats nothing-but things that are-part-of animals.

```

Listing 2.4 — Extrait de la base de connaissances “African Wildlife” du logiciel Fluent Editor verbalisée en langage contrôlé Ontorion

Le langage contrôlé convertit cette base en logique de description :

```

{Sophie} ⊆ giraffe
{Leo} ⊆ lion
lion ⊆ animal
giraffe ⊆ animal
impala ⊆ animal
carnivore ⊆ animal
carnivore ≡ (∀(eat).(animal)) ⊔ (∀(eat).(∃(be-part-of).(animal)))13

```

et la base est alors peuplée et enrichie. Il suffit à l'utilisateur de connaître les règles de grammaire du langage contrôlé utilisé, ces dernières étant en général simples à apprendre puisqu'issues de la grammaire de la langue naturelle de référence.

Interrogation d'une KB via un langage contrôlé : le cas OWLPath OWLPath [199] est une interface en langue naturelle qui utilise un anglais contrôlé pour formuler des requêtes permettant d'interroger des ontologies formatées en langage OWL. L'interface propose à l'utilisateur de formuler ses requêtes en un anglais contrôlé :

1. un module de *suggestion* va proposer à l'utilisateur des mots pouvant aller à la suite de ceux déjà tapés ;
2. un second module, le *Grammar Checker*, vérifie que la proposition générée à la suite des sélections opérées dans le module de suggestion est bien formée ;
3. le *générateur SPARQL* transforme les requêtes en langage contrôlé en requêtes SPARQL.

Une requête en langage contrôlé dans OWLPath peut se formuler comme ce qui suit (exemple issu de [199]) :

Requête : View any COMMODITY has_quoted_price in BMF.

Le module de transformation SPARQL va alors convertir cet énoncé en langage contrôlé en la requête suivante (exemple issu de [199]) :

¹³. Où l'on peut voir que la construction inclut aussi les animaux qui ne mangent rien.

```
1 PREFIX : <http://sonar.um.es/finance>
2 PREFIX rdf : <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns>
3 SELECT ?subject
4 WHERE {
5   ?subject rdf:type ?type
6   FILTER (?type = :COMMODITY)
7   ?subject ?cond ?object
8   FILTER (?cond = :has_quoted_price_in)
9   FILTER (?object = :BMF)
10 }
```

Listing 2.5 — Requête SPARQL générée depuis une requête en langage contrôlé

Nous venons de présenter deux interfaces en langue naturelle qui permettent l'édition et l'interrogation d'ontologies et de bases de connaissances. Ces deux interfaces utilisent chacune un langage contrôlé pour les deux tâches évoquées : l'une pour l'édition, l'autre pour l'interrogation. Si ces deux opérations sont découplées dans les interfaces présentées, ce n'est pas forcément systématique : certains langages contrôlés ont été implémentés dans des interfaces permettant et l'édition et l'interrogation [74, 63].

2.3 Quelles solutions pour des usagers non-experts ?

Une solution pour des usagers non-experts des différents formalismes d'interaction avec les ontologies et bases de connaissances, est, comme nous venons de le voir, de proposer un langage intuitif avec lequel ils sont familiers. C'est ici qu'interviennent les langages contrôlés qui agissent comme des médiateurs entre l'humain et la machine, deux entités aux langages très différents.

2.3.1 Les avantages des langages contrôlés...

Les langages naturels sont sans nul doute les langages les plus puissants pour la représentation de la connaissance [181]. Acquis dans la petite enfance, ils sont intuitifs et familiers, mais aussi très techniques dans la mesure où ils sont le fruit d'une évolution langagière qui, au fil des années, a permis de recouvrir tous les aspects de la communication humaine. En outre, ils sont plus riches et plus évolutifs que les langages formels, mais ces derniers ont l'avantage en matière de précision et de rigueur, ce qui est primordial pour les traitements opérés par la machine.

Le langage contrôlé a cela de formidable qu'il ne conserve que les caractéristiques que l'on veut bien lui donner des langages formels et des langues naturelles (cf. figure 2.7).

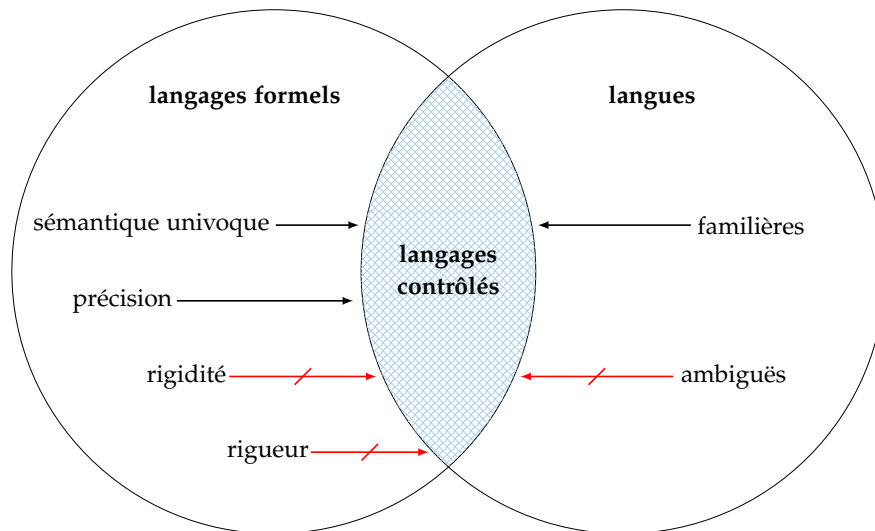


Figure 2.7 — Les langages contrôlés : à la croisée des langages formels et des langues

Ils sont à la croisée des langages formels et des langues naturels : ils possèdent la précision et l'univocité sémantique des langages formels mais aussi la familiarité des langues naturels. Bien entendu, comme le précise Sowa dans [188], aucune notation, qu'il s'agisse d'un formalisme ou même d'une langue (naturelle), ne peut capturer la richesse du monde de façon complète.

En effet, le monde est une entité continue, en perpétuelle évolution aux objets, formes, substances infinies, tandis que le langage est constitué d'unités discrètes bien définies. Cette inadéquation entre objets discrets et objets continus est la raison pour laquelle le langage, quel qu'il soit, ne peut saisir parfaitement et complètement les concepts du monde appris via l'expérience. Cependant, comme nous le rappelle Sowa [188], Kant explique qu'il n'est pas possible de donner de définitions pour les concepts empiriques mais que cela est possible pour les concepts artificiels qui sont créés par leur propre définition [94] comme c'est le cas pour les concepts mathématiques¹⁴ :

Since the synthesis of empirical concepts is not arbitrary but rather is empirical and as such can never be complete (because one can always discover in experience more marks of the concept), empirical concepts cannot be defined, either.

14. On peut seulement dire que la représentation d'un concept mathématique est donnée une fois que la procédure de construction du concept contenue dans sa définition a été exécutée.

Thus only arbitrary concepts may be defined synthetically. Such definitions of arbitrary concepts, which are not only always possible but also necessary, and which must precede all that is said by means of an arbitrary concepts that are made either a priori or through empirical synthesis concept, could also be called declarations, insofar as through them one declares his/her thoughts or gives account of what one understands by a word. This is the case among mathematicians.

L'avantage du langage contrôlé sur la langue est que chaque élément peut être défini et contraint lors de la création dudit langage. On peut alors dire qu'un langage contrôlé synthétise les qualités de précision et de monosémie d'un concept artificiel à travers un domaine précis, dans notre cas celui de la navigation maritime. Les concepts d'un langage contrôlé apparaissent, dans cette perspective, comme synthétiques mais aussi empiriques dans le sens où c'est à travers l'expérience que l'on apprend à les utiliser de façon pertinente.

Autrement dit, le langage contrôlé est à la fois artificiel/formel et naturel : il ne possède que ce qu'on lui attribue des langages formels et des langues. Ainsi, un dernier avantage et non des moindres, est celui de l'évincement des ambiguïtés dans le langage contrôlé.

De l'ambiguïté dans la langue française

Un des intérêts principaux des langages contrôlés est l'éviction des ambiguïtés de la langue qui diffèrent en fonction du récepteur du message véhiculé. Ainsi, si on reprend la typologie de Fuchs [60, p. 50] on dénombre trois types de récepteurs : le récepteur humain, le récepteur linguiste et le récepteur machine. Ces trois types de récepteurs ne sont pas sensibles de la même manière aux ambiguïtés *virtuelles* et *effectives*.

Une ambiguïté *virtuelle*, qu'elle concerne une unité lexicale ou une construction syntaxique, est une ambiguïté qui existe tant qu'un énoncé n'est pas complet ou qui concerne une construction ou unité lexicale univoque grâce à la désambiguïsation fournie *en contexte*. Une ambiguïté *effective* quant à elle possède un caractère plurivoque même en contexte. Ainsi, l'exemple 2.3.9 illustre ces deux types d'ambiguïtés.

Exemple 2.3.9

Ambiguïté virtuelle : « [Le fossoyeur dépose la bière]_{P1} dans le corbillard._{P2} »

Ambiguïté effective : « La jeune porte le voile. »

De la proposition *P1* à la proposition *P2*, la clarification de l'ambiguïté devient évidente si on se reporte à notre référentiel commun – bien qu'il est possible qu'un fossoyeur dépose sa boisson au houblon dans un corbillard –, c'est en ce sens qu'elle est virtuelle puisqu'elle n'existe que tant que la proposition *P2* n'est pas prise en compte. Cependant, dans le cas de l'ambiguïté effective, on voit bien que le contexte autorise plusieurs interprétations. De quoi parle-t-on ? D'une jeune femme/fille portant un voile, ou d'une porte qualifiée de « jeune » voilant un individu ou un objet ?

Le récepteur machine achoppe sur les deux types d'ambiguïtés pour des raisons différentes. Si l'ambiguïté effective est assez simple à contrecarrer puisqu'il est possible de la résoudre par une simple désambiguïsation lexicale, l'ambiguïté virtuelle pose problème. Un système traitant de la langue naturelle est composé de modules : module morphologique, module syntaxique, module sémantique, etc. Ainsi, le module morphologique, souvent le premier à entrer en action, va d'abord chercher les catégories et les flexions, renvoyant de potentielles ambiguïtés virtuelles au module suivant, le module syntaxique, qui va devoir éliminer toutes les solutions non pertinentes, et ainsi de suite.

Pour les récepteurs humains et/ou linguistes, le contexte linguistique joue son rôle et ne crée pas une série d'ambiguïtés virtuelles à chaque niveau d'analyse, mais comme nous venons de la constater, pour le récepteur machine, il en est tout autre.

C'est là que les langages contrôlés interviennent. Dans notre projet, le récepteur machine est pourvu d'un langage contrôlé, or, ce dernier impose un lexique rigide, dépourvu d'ambiguïté lexicale, mais aussi une grammaire contrôlée qui va fournir des structures possibles aux différents modules d'analyse pour éviter les ambiguïtés syntaxiques. Qui plus est, le langage contrôlé est, le plus souvent, affecté à un domaine précis et fournit donc un contexte linguistique qui va empêcher des analyses linguistiques plurivoques. Ainsi, si l'on prend une proposition ambiguë telle que « la sœur aime la bise » dans le cadre d'un langage contrôlé sur la navigation maritime, le seul sens possible pour « la bise » est celui où il s'agit d'un vent, concept présent dans la navigation maritime, contrairement à celui de la bise en guise de salutations.

Certes, le langage contrôlé va pouvoir nous affranchir des ambiguïtés de la langue naturelle ou encore de la rigidité du langage formel mais, en l'état actuel, il n'est pas suffisamment complet pour prendre en charge toutes les exigences imposées pour la tenue d'un corpus de documents disposant de plusieurs modalités.

2.3.2 ...et leurs défauts

En effet, les langages contrôlés possèdent un certain nombre de défauts souvent dus à des impératifs dans leur conception-même. Ainsi, comme le fait remarquer Funk *et al.* dans [63] certains langages contrôlés existants ont des limitations comme c'est le cas pour ACE [62] qui interdit l'utilisation de certaines constructions pourtant naturelles et très employées. Les constructions interdites ne sont pas rares dans un langage contrôlé mais dans le cas susmentionné, cela force l'utilisateur à manier des constructions très complexes pour exprimer des concepts tels que l'adverbe *only*. De toute évidence, ce comportement est contre-productif pour un langage contrôlé dont un des buts est, ordinairement, de faciliter la communication homme-machine.

Cependant, comme nous l'avons mentionné (cf. *supra*), un défaut contraignant dans le cadre de la création du langage contrôlé pour les *Instructions nautiques* du SHOM est la non-prise en charge de la multimodalité des documents constituant l'information nautique. Les langages contrôlés sont avant tout des outils textuels, créés pour traiter du texte, des données textuelles. Or, nous l'avons d'ores et déjà précisé, les IN sont des textes compagnons des cartes marines (cf. section 0.1.3), des documents graphiques apportant une seconde modalité au texte : le visuel. C'est sur ce point précis que l'on peut voir les failles des langages contrôlés seulement conçus pour gérer une seule modalité.

2.4 Conclusion

L'interaction entre langages contrôlés et représentation des connaissances n'est pas nécessairement nouvelle surtout lorsqu'il s'agit de concevoir des interfaces en langue naturelle pour l'exploitation de bases de connaissances. Ce chapitre a permis de présenter cette interaction et, force est de constater qu'elle est toujours prise sous un angle purement textuelle tant l'absence de travaux sur un langage contrôlé multimodal est criante, absence que cette thèse vise à combler.

Après cette esquisse des différents domaines impliqués dans notre *langage contrôlé*, nous allons maintenant nous pencher sur la genèse d'un langage contrôlé appliqué à un domaine précis et sur les différents problèmes que l'interaction entre langage et cartographie posent, ainsi que les solutions proposées.

Dans la suite, nous allons donc étudier la conception d'un langage contrôlé pour les *Instructions nautiques* et les différentes évolutions allant du langage unimodal au langage contrôlé hybride.

Chapitre

3

Un langage contrôlé comme interface de base de connaissances

Who controls the vocabulary, controls the knowledge.

George Orwell, 1984

NOUS allons maintenant voir en détails les mécanismes de notre langage contrôlé. Pour cela, il nous faudra d'abord modéliser les *Instructions nautiques* avant de pouvoir nous concentrer sur la base de connaissances du SHOM et, enfin, le langage contrôlé en lui-même.

Ce chapitre présente une première étape dans la construction du langage contrôlé : les débuts de sa conception avec ses avantages mais aussi ses limites.

3.1 Introduction

Comme déjà mentionné dans l'introduction de ce rapport, le langage contrôlé s'avère une solution performante pour permettre aux experts de la navigation de manipuler, interroger et générer les connaissances issues des textes compagnons des cartes marines.

Cependant, avant de procéder à la moindre manipulation, il nous faut modéliser les textes en question.

3.2 Modélisation des *Instructions nautiques*

Le choix opéré est celui d'une modélisation en trois graphes. Il est en effet possible de décomposer la connaissance de nos textes compagnons en deux parties : les instructions à proprement parler et les aires géographiques évoquées et décrites dans l'ouvrage [71]. Une autre composante s'ajoute à ces deux éléments : la structure du document.

La modélisation utilise un certain nombre de graphes, ensembles et fonctions (cf. figure 3.1) que nous allons expliquer. Nous modélisons donc les *Instructions nautiques* avec un ensemble de trois graphes (\mathbf{S} , \mathbf{G} , \mathbf{K}) :

- l'arbre de la *structure hiérarchique du document* \mathbf{S} ;
- le *graphe des aires géographiques* \mathbf{G} ;
- la *base de connaissances du SHOM* \mathbf{K} (cf. section 3.3).

À cet ensemble de trois graphes, il nous faut ajouter deux ensembles supplémentaires :

- un ensemble \mathbf{T} comprenant les *titres des différentes sous-divisions hiérarchiques* ;
- et un ensemble \mathbf{A} de *géopolygones*.

Nous avons en outre à notre disposition plusieurs fonctions :

- la fonction g qui corrèle les nœuds géolocalisés de \mathbf{K} et les nœuds de \mathbf{S} aux nœuds de \mathbf{G} ;
- la fonction κ qui corrèle les feuilles de \mathbf{S} aux sous-graphes de \mathbf{K} ;
- la fonction τ qui corrèle les nœuds de \mathbf{S} à \mathbf{T} ;
- puis, finalement, la fonction α corrélant les nœuds de \mathbf{G} à \mathbf{A} .

Enfin, afin de disposer de tous les éléments nécessaires à cette modélisation, un ensemble \mathbf{M} de fonctions $\{\mu\}$ est introduit. Nous appellerons *modificateurs* ces fonctions qui sont définies de la sorte : $\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{T}$ et $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A}$.

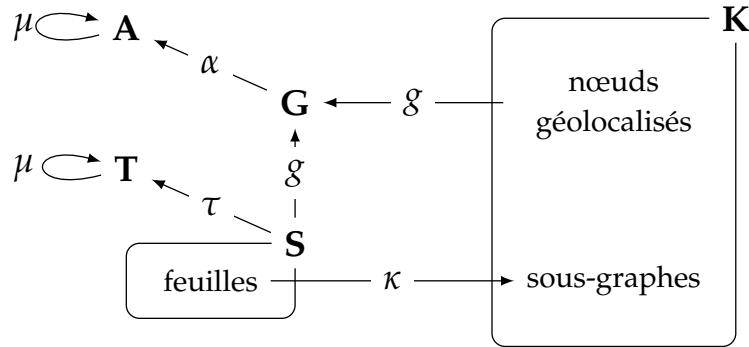


Figure 3.1 — Résumé des différents éléments de la modélisation avec leurs liens

3.2.1 Les détails de la modélisation

Voici comment la modélisation a été conçue :

- le graphe S représente la structure d'un volume donné, il est enraciné, orienté et ordonné (cf. définitions 11, 12 et 13). L'importance de la racine est démontrée très clairement dans la figure 3.2 où l'on peut voir qu'un même graphe, selon que sa racine est différemment définie, voit sa profondeur, entre autres, totalement modifiée ce qui a son importance lors du parcours du graphe (pour un parcours en largeur par exemple), il en va de même pour l'ordre et l'orientation, tous deux importants lors du parcours du graphe. Comme nous le verrons lors de la génération automatique de notre langage contrôlé (cf. section 4.6.2), le parcours est primordial puisque c'est grâce à son bon déroulement que nous pourrions obtenir des phrases déjà construites :

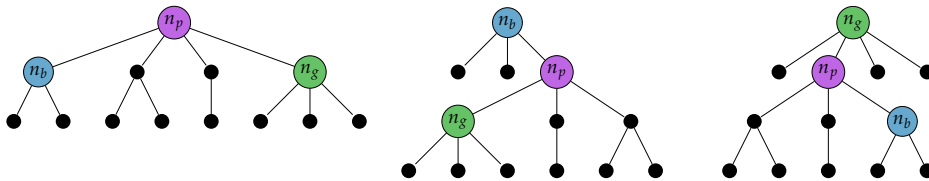


Figure 3.2 — Le même graphe avec trois racines différentes

- soit $V(S)$ les sommets et $E(S)$ les arêtes de S ;
- les sous-divisions hiérarchiques sont représentées par les cinq premiers niveaux de $V(S)$, la fonction niveau est représentée par ℓ ;
- la racine n_0 représente le document dans son ensemble ;
- la fonction $\tau : V(S \rightarrow T)$ fait corrélérer chaque nœud n à un titre $\tau(n)$;

- $V(\mathbf{S})$ peut être noté $V(\mathbf{S}) = V_G \sqcup V_{-G}$ ^{1 2} où nous avons la fonction $g : V_G \rightarrow \mathbf{G}$ qui fait correspondre chaque nœud géolocalisé à un nœud de \mathbf{G} lui-même corrélé à un géopolygone de l'ensemble \mathbf{A} via la fonction α ;
- lors de la génération des *Instructions nautiques* (cf. section 4.6.2), les feuilles du graphe \mathbf{S} sont corrélées aux sous-graphes de \mathbf{K} via la fonction κ . Ces sous-graphes sont ensuite convertis en texte afin de recréer des paragraphes des *Instructions nautiques* ;
- les arêtes $E(\mathbf{G})$ du graphe \mathbf{G} représentent une *inclusion partielle* $\dot{\subset}$ dans \mathbf{A} , c'est-à-dire que $G'G \in E(\mathbf{G})$ (ou $a(G') \dot{\subset} a(G)$) si et seulement si $\text{Aire}(a(G') \cap a(G)) > 0.8 \text{ Aire}(a(G'))$;
- le barycentre de $\text{Im} \alpha \circ g$ quand il est restreint à $V_G \cup \ell^{-1}(i)$ suit un chemin sur la carte correspondant à un itinéraire le long des côtes ;
- les extrémités du chemin susmentionné dans un volume donné sont fournies par $t(n_0)$, n_0 étant la racine du graphe \mathbf{S} . Cet itinéraire est le *guiding path* ou le *fil narratif (géographique)* d'un volume donné ;
- les modificateurs μ permettent de décrire les lieux relativement les uns aux autres. On peut ainsi recenser de nombreux modificateurs comme dans l'exemple de la figure 3.3 : le modificateur « au fond de X », par exemple, appliqué à une entité telle que « l'Anse de la Ville » produira une nouvelle entité géolocalisée « au fond de l'Anse de la Ville », le polygone de cette nouvelle entité est calculé automatiquement via $\alpha(g([Anse\ de\ la\ Ville]))$.

Définition 11 Graphe enraciné

Un *graphe enraciné* $(G, r) = ((V, E), r)$ est composé de deux éléments dont le premier est un graphe $G = (V, E)$ et le second $r \in V$ est appelé *racine* et est un sommet du graphe G . Tout sommet est accessible à partir de la racine à travers un chemin orienté.

Définition 12 Graphe orienté

Un *graphe orienté* étiqueté ou *digraphe*, noté \vec{G} , est un triplet $\vec{G} = (V, \vec{E}, N)$ défini de telle sorte que :

- l'ensemble V est l'ensemble des sommets ;
- l'ensemble $\vec{E} \subset V \times V \times N$ est l'ensemble des arcs ;

1. \sqcup dénote l'union disjointe $C = A \sqcup B \iff (C = A \cup B) \wedge (A \cap B = \emptyset)$

2. V_G est l'ensemble des nœuds géoréférencés

— l'ensemble N permettant d'étiqueter les arcs.

Un arc $e \in \vec{E}$ sera noté $e = ((x, y), n)$: l'arc e va de x à y .

Définition 13 Graphe ordonné

Un *graphe ordonné* est un graphe G auquel s'applique une *relation d'ordre total*. Autrement dit, pour tous les sommets x et y de l'ensemble G on a : $x \leq y$ ou $y \geq x$.

Chaque sous-graphe G' d'un graphe G ordonné est ordonné.

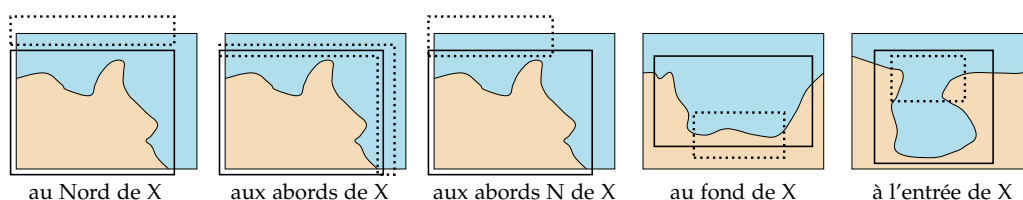


Figure 3.3 — Exemple de plusieurs modificateurs – Les polygones en ligne continue représentent une aire géographique de base A , les polygones en pointillé représentent l'aire modifiée $\mu(A)$

La figure 3.4 montre un exemple de la modélisation en trois graphes à partir d'un extrait du volume D2.1 des *Instructions nautiques* : à gauche, l'arbre de la structure hiérarchique du document avec le nœud racine correspondant au titre du volume jusqu'à la feuille (sur fond bleu) du paragraphe des *Généralités* issus de la section §2.2.4 verbalisé en une version littéraire de notre langage contrôlé (cf. section 4.6.2), on peut voir que les entités géographiques sont notées entre crochets ; et à droite, le graphe des aires géographiques.

Nous venons donc de voir comment s'articulent entre eux les trois graphes nécessaires à la modélisation des *Instructions nautiques*, nous allons maintenant nous pencher plus attentivement sur le graphe **K** qui constitue la base de connaissances du SHOM.

3.3 La base de connaissances du SHOM

Pour décrire la base de connaissances de notre travail, il nous faut étendre la définition présentée en page 66 d'une base de connaissances. Nous définissons,

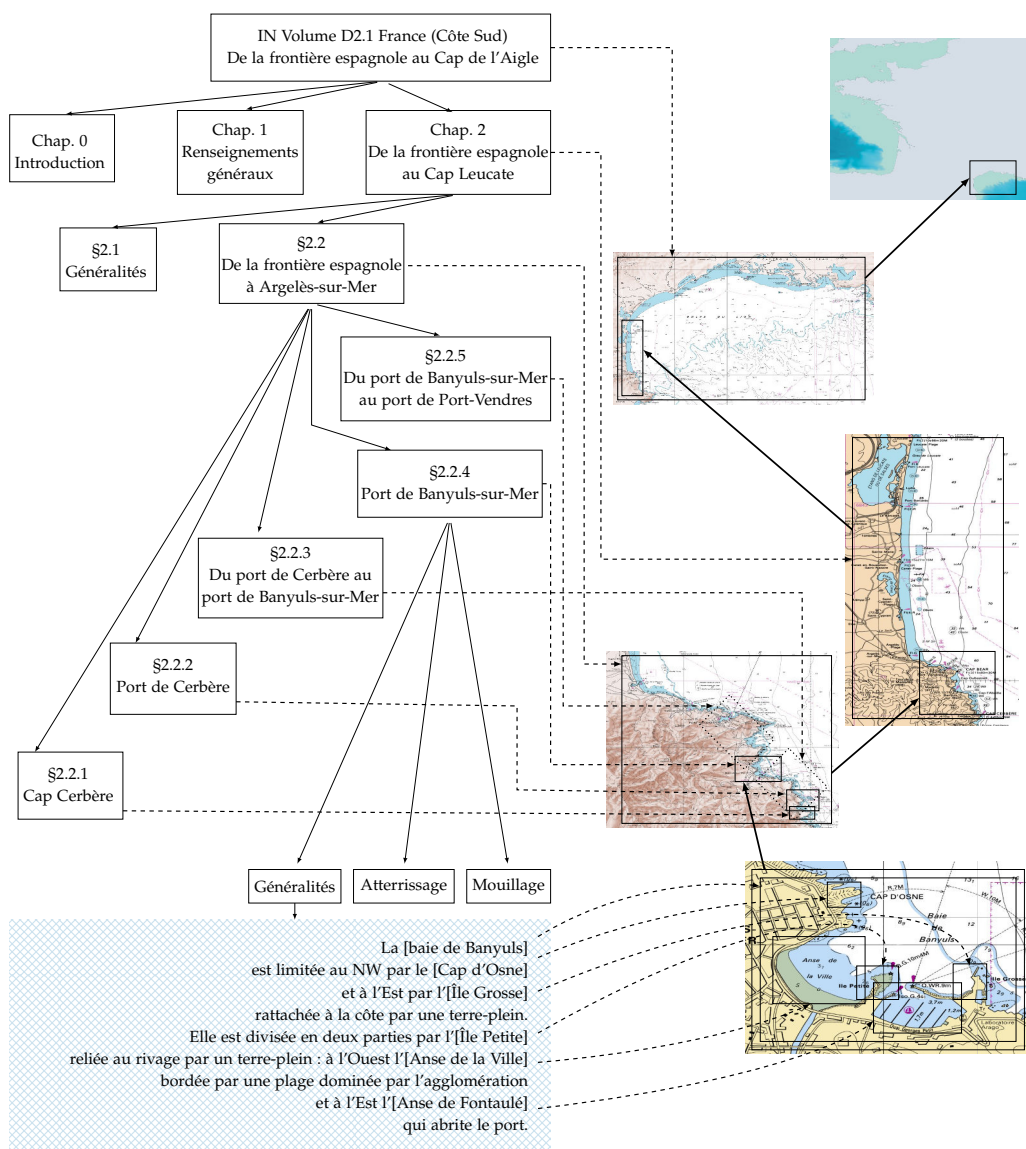


Figure 3.4 — Graphe de la structure hiérarchique du document et graphe des aires géographiques pour un exemple extrait du volume D2.1 des *Instructions nautiques* – Le texte du paragraphe *Généralités* correspond à un extrait verbalisé de la base de connaissances du SHOM

en nous inspirant de [39, p. 10–17], une base de connaissances comme un 16-uplet

$$(\mathcal{C}, \leq_C, \mathcal{A}, \mathcal{R}_S, \mathcal{R}_C, \mathcal{T}, \mathcal{J}, \mathcal{B}, L_C, L_{\mathcal{A}}, L_{\mathcal{R}_S}, L_{\mathcal{R}_C}, L_{\mathcal{J}}, \sigma, \iota, \lambda)$$

où :

1. \mathcal{C} , \mathcal{A} , \mathfrak{R}_S , \mathfrak{R}_C , \mathcal{T} , \mathcal{I} et \mathcal{V} sont respectivement des ensembles de concepts, attributs, relations simples, relations complexes, types, instances et valeurs ;
2. \leq_C est une hiérarchie de concepts ;
3. $L_{\mathcal{C}}$, $L_{\mathcal{A}}$, $L_{\mathfrak{R}_S}$, $L_{\mathfrak{R}_C}$ et $L_{\mathcal{I}}$ sont des ensembles contenant respectivement les noms/labels des concepts, attributs, relations simples, relations complexes et instances ;
4. ι est la fonction d'instanciation³ telle que $\iota: \mathcal{C} \rightarrow 2^{\mathcal{I}}$ ⁴ ;
5. la signature⁵ d'un attribut est issue de la fonction $\sigma: \mathcal{A} \rightarrow \mathcal{C} \times \mathcal{I}$, celle de ses instances est issue de la fonction $\iota: \mathcal{A} \rightarrow 2^{\mathcal{I} \times \mathcal{V}}$;
6. les relations simples sont des relations entre n instances ($n \geq 2$), elles ne possèdent pas d'attributs. La signature d'une relation simple correspond à $\sigma: \mathfrak{R}_S \rightarrow \mathcal{C} \times \mathcal{C}$, son instanciation à $\iota: \mathfrak{R}_S \rightarrow 2^{\mathcal{I} \times \mathcal{I}}$;
7. les relations complexes quant à elles sont des relations entre n instances ($n \geq 2$) qui peuvent avoir des attributs. La signature d'une relation complexe est dénotée par $\sigma: \mathfrak{R}_C \rightarrow \times^n \mathcal{C} \times \times^m \mathcal{I}$ où \times^n correspond à un tuple d'ordre n . Quant à l'instanciation, elle correspond à $\iota: \mathbf{R} \rightarrow 2^{\times^n \mathcal{I} \times \times^m \mathcal{A}}$ avec $n \geq 2$ et $m \geq 0$;
8. une des différences essentielles entre les relations simples et les relations complexes réside dans leur lexicalisation. En effet, nous avons, comme attendu, les lexicalisations suivantes : $\lambda: \mathcal{C} \rightarrow L_{\mathcal{C}}$, $\lambda: \mathcal{I} \rightarrow L_{\mathcal{I}}$, $\lambda: \mathcal{A} \rightarrow L_{\mathcal{A}}$ et $\lambda: \mathfrak{R}_S \rightarrow L_{\mathfrak{R}_S}$. Cependant les lexicalisations des relations complexes diffèrent puisque la relation possède son propre nom mais requiert aussi les noms de toutes les instances impliquées dans la relation ainsi que tous ses attributs, nous obtenons donc $\lambda: \mathfrak{R}_C \rightarrow L_{\mathfrak{R}_C} \times \times^n L_{\mathfrak{R}_S} \times \times^m L_{\mathcal{A}}$.

Les concepts \mathcal{C} de la base de connaissances \mathbf{K} appartiennent tous au domaine de la navigation maritime. On peut donc y retrouver, entre autres, certains des concepts spécifiés dans le dictionnaire hydrographique fourni par l'Organisation Hydrographique Internationale (norme S-32 [143]) ou dans la norme S-57 [144] qui définit les objets présents dans les ENC : ports, caps, baies, courants, marées, etc.

3. L'instanciation est l'association des instances à des concepts et relations existants.

4. La notation 2^E désigne l'ensemble des sous-ensembles de l'ensemble E , il s'agit donc de toutes les parties de E . Par exemple, soit E un ensemble de trois éléments x, y, z , les sous-ensembles de E sont \emptyset , E , x , y , z et les trois paires x, y , x, z et y, z .

5. La signature définit les éléments qui peuvent composer, dans notre cas, un attribut ou une relation.

3.3.1 Les instances

Nous avons vu précédemment que certaines instances sont géolocalisées ; en effet, les instances \mathcal{I} des nœuds du graphe \mathbf{S} sont de deux types : celles qui sont géolocalisées et celles qui ne le sont pas que ce soit par leur nature ou par un manque d'information ($\mathcal{I} = \mathcal{I}_G \sqcup \mathcal{I}_{-G}$). En théorie, une instance correspond toujours à un objet ou une situation du monde réel et est donc toujours géolocalisable. Néanmoins, la géolocalisation d'un objet n'est pas toujours pertinente comme c'est le cas pour la côte qui dispose toujours d'une localisation, mais difficile à délimiter. Les instances \mathcal{I}_G sont des entités géolocalisées, c'est-à-dire qu'il existe un mapping g entre \mathbf{I} et le graphe \mathbf{G} . Les instances \mathcal{I}_{-G} par contre ne sont pas géolocalisées, elles ne sont pas localisées sur la carte et servent à décrire l'environnement. Pour mieux cerner la distinction, on peut dire que des entités nommées telles que « Port de Banyuls » ou « Anse de Fontaulé » sont géolocalisées : elles possèdent un nom et sont référencées sur la carte, tandis que des entités comme « port » ou « agglomération » ne sont pas nommées et ainsi non-géolocalisées précisément sur la carte. Il est, en outre, intéressant de noter que les noms des instances \mathcal{I}_G contiennent la dénomination du concept dominant auxquelles elles appartiennent comme « port », « cap » ou « baie », à l'inverse des instances \mathcal{I}_{-G} dont les noms sont d'ores et déjà des noms de concept.

3.3.2 Les relations

La description de la base de connaissances \mathbf{K} fait état de deux types de relations, des relations simples \mathfrak{R}_S et des relations complexes \mathfrak{R}_C . Les relations simples représentent des verbes quelle que soit la diathèse (« est abrité par », « domine », etc.) : ces relations sont généralement symétriques, ainsi, pour une relation $r(x, y)$ à la voix active, on aura souvent la symétrique à la voix passive $r'(y, x)$.

Les relations complexes ont une arité strictement supérieure à 2 et peuvent posséder des attributs : ainsi, la relation « est limité par » possède un attribut de direction (Est, Ouest, NW, SW, etc.). La lexicalisation nécessite alors les noms pour toutes les instances et attributs impliqués dans la relation. Dans l'exemple cité, les membres de la relation seront les instances « limitant », « limité » et l'attribut « à » comme on peut le constater dans la figure 3.5.

Dans cette figure, un paragraphe en langage contrôlé est présenté avec sa correspondance dans la base de connaissances en tant que sous-graphe de \mathbf{K} . Les instances entre crochets comme « [baie de Banyuls] », « [cap d'Osne] », « [anse de Fontaulé] », etc. appartiennent à \mathcal{I}_G , les autres instances telles que « côte », « port », « agglomération », « terre-plein », etc. appartiennent à \mathcal{I}_{-G} . Les relations

langage contrôlé :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne]. La [baie de Banyuls] est limitée à l'Est par l'[île Grosse]. L'[île Grosse] est rattachée à la côte par un terre-plein. La [baie de Banyuls] est divisée en deux parties par l'[île Petite] : à l'Ouest l'[anse de la Ville] et à l'Est l'[anse de Fontaulé]. L'[île Petite] est reliée au rivage par un terre-plein. L'[anse de la Ville] est bordée par une plage. La plage est dominée par l'agglomération. L'[anse de Fontaulé] abrite le port.

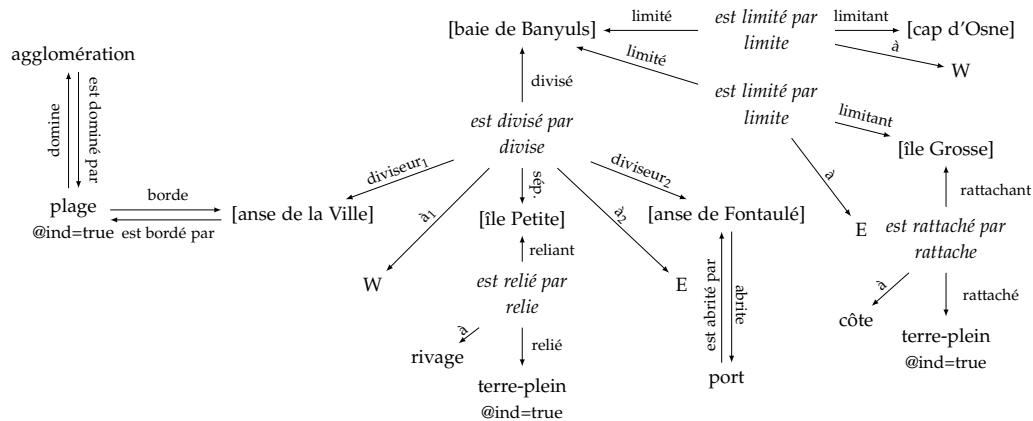


Figure 3.5 — Un paragraphe en langage contrôlé et sa représentation dans la base de connaissances

simples sont représentées par des flèches, tandis que les relations complexes ont été réifiées et sont représentées par des nœuds. Enfin, les attributs sont signalés par « @ », dans la figure, c'est l'attribut « @ind » qui apparaît : il permet de préciser le caractère défini ou indéfini de l'objet qu'il qualifie.

3.3.3 Vocabulaire et syntaxe du langage contrôlé

Le vocabulaire du langage contrôlé est relativement large puisqu'il est fondé sur le vocabulaire des *Instructions nautiques* ; à titre d'exemple, on recense 3397 lemmes différents dans le volume D2.1 des *Instructions nautiques*, ce qui suppose effectivement un vocabulaire très large pour un langage contrôlé.

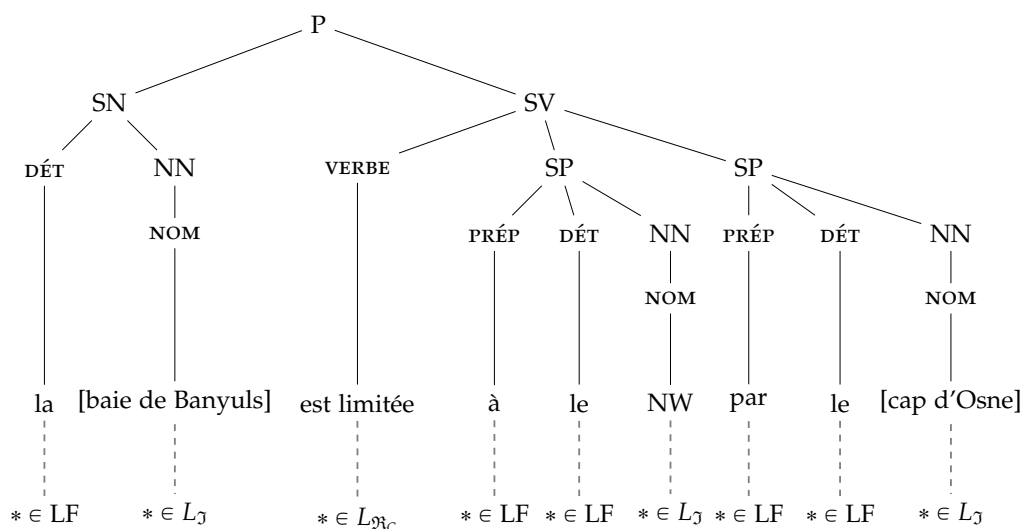
La syntaxe du langage est relativement simple et est décrite par une grammaire non-contextuelle (non exhaustive) dont l'extrait suivant est un exemple :

$$\begin{aligned}
 P &\rightarrow SN\ SV \\
 SN &\rightarrow MODIF\ DÉT\ NN \mid DÉT\ NN \mid NN \\
 NN &\rightarrow ADJ\ NN \mid NN\ ADJ\ NOM \mid NOM \\
 SV &\rightarrow VERBE\ SN \mid VERBE\ SN\ SP \mid VERBE\ SP \\
 SP &\rightarrow PRÉP\ DÉT\ NN \mid PRÉP\ NN \mid SP\ SP
 \end{aligned}$$

où les termes en petites majuscules sont des terminaux :

- tous les NOMS appartiennent à l'ensemble des références lexicales des instances de \mathbf{K} (L_J) ainsi qu'à l'ensemble \mathfrak{A} des valeurs des attributs de \mathbf{K} ;
- en ce qui concerne les VERBES, ils relèvent tous de l'ensemble $L_{\mathfrak{R}_S} \cup L_{\mathfrak{R}_C}$ (union des références lexicales des relations simples et complexes de \mathbf{K}) ;
- tous les ADJECTIFS appartiennent à \mathfrak{V} ;
- enfin, les MODIFICATEURS, DÉTERMINANTS et PRÉPOSITIONS ressortent d'une liste fermée de termes.

On peut alors générer un extrait du langage contrôlé (cf. figure 3.6) regroupant et la syntaxe, et le vocabulaire du langage contrôlé.



LF = Liste Fermée

Figure 3.6 — Arbre syntaxique de la phrase en langage contrôlé « La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] » – Les entités géolocalisées entre crochets sont considérées comme des noms

Le verbe est toujours à la troisième personne ou à l'infinitif. Il peut être employé à la voix active comme à la voix passive. Dans la plupart des cas il est possible de modifier la voix du verbe via une permutation du sujet avec l'objet :

La [baie de Banyuls] est limitée par le [cap d'Osne] au NW.

Le [cap d'Osne] limite la [baie de Banyuls] au NW.

Cette permutation n'est pas systématiquement possible comme c'est le cas pour la phrase suivante contenant un verbe intransitif :

La côte s'élève progressivement vers l'Est.

* \emptyset est élevé progressivement par la côte vers l'Est.

Les articles définis sont utilisés avec toutes les instances \mathcal{I}_G de **G** dont le nom commence par un nom de concept :

[baie de Banyuls]

[cap d'Osne]

« baie » et « cap » sont tous deux des noms de concepts appartenant à \mathcal{C} , on utilisera donc dans le langage contrôlé, les articles définis :

la [baie de Banyuls]

le [cap d'Osne]

Aucun article n'est utilisé pour les autres instances \mathcal{I}_G de **G** :

\emptyset [Notre-Dame de la Salette]

Enfin, les instances \mathcal{I}_{-G} de **G** sont, par défaut, dotées d'articles définis :

le port

la plage

mais lorsque l'instance est utilisée en position d'objet, on peut aussi utiliser un article indéfini :

L'[anse] de la ville est bordée par **une** plage. **La** plage est dominée par l'agglomération.

On le stocke alors dans un attribut dédié (ind dans la figure 3.5).

Les modificateurs sont représentés par un ensemble fermé d'expressions placées devant les crochets d'une entité géographique. Dans « au fond de l'[anse de la Ville] », le modificateur « au fond de » transforme l'entité « [anse de la Ville] ». Une *relation de modification* est utilisée dans la base de connaissances à chaque fois qu'un modificateur est utilisé, cette relation n'autorise pas de génération directe du langage contrôlé, mais elle permet de connecter les sous-graphes de **K** entre eux lorsque cela est nécessaires, comme dans le cas d'une génération automatique du langage contrôlé, opération qui sera détaillée plus tard.

3.4 Langage contrôlé brut vs. langage contrôlé littéraire

La figure 3.5 (cf. page 89) présente un paragraphe des *Instructions nautiques* écrites dans notre langage contrôlé, que nous appelons *INAUT* (pour *Instructions NAUTiques*). Cet extrait met en évidence le caractère répétitif et très mécanique de l'expression en *INAUT* : l'utilisation systématique d'anaphores s'explique par

la verbalisation de sous-graphes de **K** et l'absence de processus de résolution d'anaphore.

En effet, c'est grâce à la résolution d'anaphores, notamment, qu'un texte prend une forme plus naturelle, plus « humaine », plus littéraire. Il existe plusieurs types d'anaphore :

- l'*anaphore pronominale* est composée des pronoms personnels, possessifs, démonstratifs et réfléchis, on peut y ajouter l'effacement de pronom noté par l'ensemble vide \emptyset :

Le navire_{unité source} entre dans la rade, puis \emptyset _{effacement de pronom} fait route vers le port. Enfin, **il**_{pronom personnel} contourne les dangers près de la presqu'île ;

- l'*anaphore nominale* se compose de différents types de syntagmes nominaux. Il peut s'agir :

- d'*anaphores fidèles* dont la reprise (du noyau) est identique à l'antécédent :

Le navire fit route tant bien que mal vers le port. **Ce navire** avait autrefois été redoutable ;

- ou d'*anaphores infidèles* où l'antécédent est repris par un hyperonyme ou un synonyme :

Le navire fit route tant bien que mal vers le port. **Le bâtiment**_{hyperonyme} avait autrefois été redoutable ;

- d'*anaphores conceptuelles* dans lesquelles l'antécédent est nominalisé ou résumé dans la reprise anaphorique :

Le navire se dirigea vers le port. **Cette direction**_{nominalisation} n'avait rien d'innocent ;

- ou encore d'*anaphores associatives* où la reprise anaphorique est liée à l'antécédent par une relation indirecte reposant sur le contexte ou la connaissance partagée entre l'auteur et le lecteur ou encore une connaissance du monde partagée par une communauté :

Le navire se dirigea vers le port. **Les mâts** tremblaient, **les voiles** étaient sur le point de se déchirer.

La résolution d'anaphores permet aussi d'agréger plusieurs propositions, de ce fait, le paragraphe INAUT suivant :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne]. La [baie de Banyuls] est limitée à l'Est par l'[île Grosse].

peut être agrégé en :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] **et elle** est limitée à l'Est par l'[île Grosse].

Par l'association des opérations d'agrégation et de résolution anaphorique, on obtient un texte plus lisible et donc plus facile à intégrer pour le lecteur. Nous verrons plus tard (cf. section 4.6.2) que les opérations d'agrégation peuvent permettre d'obtenir des résultats encore supérieurs à l'exemple présenté.

Nous proposons par conséquent deux langages contrôlés : *INAUT*, une version brute et *LitINAUT*, une version plus littéraire et naturelle pour un lecteur humain

3.5 Interaction avec les ENC ?

Le but des textes compagnons est, comme leur nom l'indique, d'*accompagner*, dans notre cas, des cartes marines. Il est donc crucial de permettre une interaction entre les différents éléments qui composent notre document multimodal (*Instructions nautiques*+ENC) puisque les *Instructions nautiques* se veulent un complément des cartes marines. En tant que complément, elles présentent des similitudes avec les cartes dans le sens où elles possèdent de nombreux objets en communs (cf. figure 3.7).

Extrait des *Instructions nautiques*
 La [baie de Banyuls]
 [...] est divisée en deux parties par l'[île Petite]
 reliée au rivage par un terre-plein :
 à l'Ouest l'[Anse de la Ville]
 bordée par une plage dominée par l'agglomération
 et à l'Est l'[Anse de Fontaulé]
 qui abrite le port.

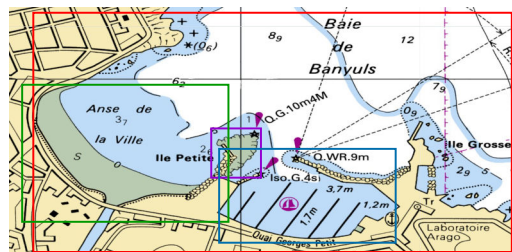


Figure 3.7 — Objets présents à la fois dans les *Instructions nautiques* et dans la carte pour un extrait du volume D2.1

Il est donc indispensable de définir une interaction entre **K** et les ENC via *INAUT*. Ainsi, dans le cas d'une sélection d'une zone d'intérêt sur une ENC – en sélectionnant la zone avec une souris, voire même une sélection sur un écran tactile –, l'utilisateur pourra recevoir du texte en *LitINAUT* suite à sa sélection. La génération automatique de ce texte aura plusieurs avantages :

1. la limitation de la carte et des instructions correspondantes selon une zone définie par l'utilisateur ;
2. la conformité des instructions avec des conditions temporelles – certaines relations et certains attributs dans **K** peuvent dépendre du temps – ou avec des

conditions météorologiques voire même avec les différentes caractéristiques du navire de l'utilisateur telles que la taille ou le tonnage ;

3. des *Instructions nautiques* toujours à jour puisque générées en temps réel.

Pour produire des *Instructions nautiques* en LitINAUT adaptées à une zone sélectionnée sur la carte, il nous est possible de positionner la zone U choisie par l'utilisateur dans l'ensemble A des géopolygones, et, par conséquent, positionner U dans le graphe des aires géographiques G . Connaissant le sous-graphe de G correspondant à U , il suffit alors de récupérer les noeuds pertinents dans K en parcourant via la fonction g^{-1} . Ces noeuds forment un sous-graphe de K : il est donc possible de récupérer les connaissances liées à une zone donnée sur une ENC. L'interaction entre *Instructions nautiques* et ENC est donc possible mais, comme nous le verrons dans le chapitre 4 (cf. section 4.6.3, page 141), elle peut être beaucoup plus avancée.

3.6 Limitations du langage contrôlé unimodal

Le langage contrôlé défini jusqu'ici peut être qualifié d'unimodal dans le sens où il ne prend en compte que la modalité textuelle de notre corpus de documents qui est pourtant lui multimodal dans la mesure où il regroupe *Instructions nautiques* (du texte) et cartes marines (du visuel). INAUT prend en compte les aires géographiques, représentées dans la base de connaissances par le graphe G et par l'ensemble A de géopolygones, ce qui permet de positionner les *Instructions nautiques* géographiquement. Une des limitations, néanmoins, est l'absence de prise en compte des objets présents dans la carte et comment les objets mentionnés à la fois dans l'ENC et les *Instructions nautiques* et seulement dans l'ENC ou les *Instructions nautiques* interagissent entre eux.

Il apparaît ainsi un manque dans notre langage contrôlé, il constitue en quelque sorte un « β -INAUT » qui, bien que rendant possible une interaction avec les ENC, ne prend pas en compte toutes les informations à sa disposition alors même que l'intérêt des *Instructions nautiques* est la complémentarité avec les ENC afin de créer un document composite complet pour les usagers de la mer. Nous arrivons donc à la nécessité d'introduire un langage contrôlé prenant en compte le caractère hybride de notre corpus à la fois textuel et graphique.

3.7 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la modélisation des *Instructions nautiques* sous la forme de trois graphes avant de nous attarder plus longuement sur un de ces graphes : la base de connaissances du SHOM. Après avoir décrit les différents éléments qui la compose – relations, concepts et instances – nous avons évoqué la déclinaison du langage contrôlé brut en un langage contrôlé plus littéraire pour améliorer la compréhension. Enfin nous avons exposé les actions permises par ce langage contrôlé mais aussi ses limitations dans son état actuel, c'est-à-dire ne prenant en compte que le mode textuel du corpus.

Nous allons dans le chapitre suivant aborder un aspect fondamental d'INAUT : la prise en charge des éléments visuels par le langage contrôlé afin de proposer un modèle complet, à la fois textuel et visuel.

4

Extension du langage contrôlé unimodal en langage contrôlé hybride

The more original a discovery, the more obvious it seems afterwards.

Arthur Koestler, *The Act of Creation*

A U chapitre précédent, nous avons présenté la modélisation des *Instructions nautiques*, décrit la base de connaissances et proposé un langage contrôlé prenant en compte les différentes caractéristiques des *Instructions nautiques* en tant que textes compagnons.

Nous en sommes venus à la conclusion que le langage contrôlé tel qu'il est, c'est-à-dire ne prenant en charge que la partie textuelle du corpus, manquait du deuxième mode fondamental dans notre projet, le mode visuel.

Ce chapitre propose donc une extension du langage contrôlé d'origine en un langage contrôlé multimodal ou hybride, c'est-à-dire qu'il prend en compte les deux modes en jeu (le textuel et le visuel), via la notion de Langage Contrôlé Visuel (LCV). Nous explorerons son fonctionnement et sa structure ainsi que les opérations qu'il permet de réaliser.

4.1 Introduction

Selon l'historien de la cartographie, Harley, les cartes constituent un langage graphique spécialisé [73, chap. 1], opinion partagée par Bertin [19] qui considère certains systèmes graphiques (cartes, diagrammes, réseaux) comme des langages graphiques. Cependant, dans son papier offrant un aperçu détaillé et une classification précise des langages contrôlés [106], Kuhn exclut les langages visuels de la famille des langages contrôlés :

As a further remark, we should note that the term language is used in a sense that is restricted to sequential languages and excludes visual languages such as diagrams and the like.

Il est néanmoins possible pour les langages visuels d'être formellement définis comme des langages contrôlés. Ils diffèrent cependant des langages contrôlés originaux de par leur mode. La notion de langage visuel sera donc abordée avant d'introduire « le langage des chorèmes », défini par Roger Brunet dans le cadre de la chorématique [28], qui assoit la notion de linguistique géographique. Puis, la définition détaillée de la notion de Langage Contrôlé Visuel sera introduite avant de pouvoir enfin présenter la version complète d'INAUT en tant que Langage Contrôlé Hybride.

4.2 Qu'est-ce qu'un langage visuel ?

4.2.1 Principes généraux

Un langage visuel peut être considéré comme un ensemble de constructions visuelles, composés de symboles en deux ou trois dimensions, on parlera de phrases visuelles [122]. Mais comment ces outils sont-ils utilisés ?

Au cours des cinquante dernières années un grand nombre de langages visuels a été créé. Ils sont omniprésents dans nos sociétés [121], des peintures aux cartes géographiques ou aux partitions de musique, nous utilisons des langages visuels en permanence, et leur utilisation va croissante avec les nouvelles technologies. Effectivement, les interfaces homme-machine sont de plus en plus manifestes : sur nos tablettes, nos ordinateurs ou encore nos téléphones, nous passons un temps considérable à communiquer avec les machines, certaines utilisant des langages visuels. Ces derniers s'appuient sur différents types de formalismes et sont créés pour différentes applications comme le traitement d'image et notamment la reconnaissance de caractères [9]. L'application la plus populaire reste

l'utilisation de ces langages dans des interfaces graphiques de systèmes de gestion de base de données [34]. Ainsi, plusieurs langages de requêtes visuels ont été construits [21, 57, 65]. Prenons par exemple le cas de VQL [129] qui propose de créer des requêtes pour un modèle de données via un langage visuel fondé sur trois primitives graphiques :

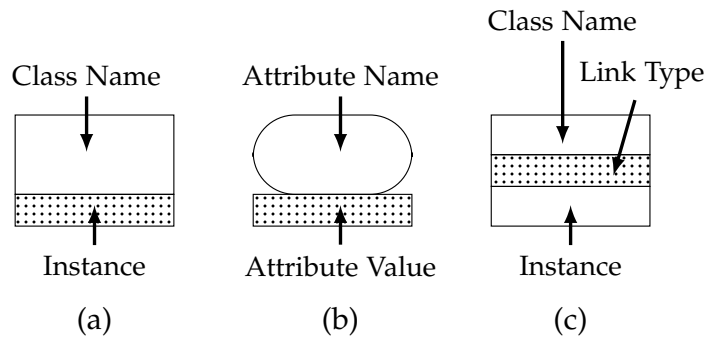


Figure 4.1 — Primitives graphiques de VQL (figure issue de [129])

Ces trois primitives graphiques peuvent être utilisées pour construire plusieurs types de requêtes sur la base de connaissances. La figure 4.1(a), la « Class Icon », est utilisée pour faire référence à n'importe quelle classe de la base. La figure 4.1(b), appelée « Attribute Icon », permet de faire référence à un attribut dans la base : la partie ovale sert à spécifier le nom de l'attribut, la partie inférieure rectangulaire sert à donner la valeur de l'attribut, sa portée ou les contraintes qui lui sont appliquées. Enfin, la figure 4.1(c), nommée « Link Icon », ne s'applique qu'à un ensemble spécifique de classes dans la base, cette primitive fonctionne comme celle de la figure 4.1(a) avec un espace pour le nom de la classe et un pour le nom de l'instance. Y est ajouté un rectangle central afin d'indiquer le lien de l'objet interrogé. Ces primitives géographiques sont mappées à des primitives textuelles qui sont combinées ensemble selon la logique du premier ordre.

Il est donc parfaitement possible de créer des requêtes à base de primitives graphiques pour interroger une base de connaissances surtout si on se fonde sur la logique du premier ordre. Ainsi, comme nous l'avons évoqué plus tôt au chapitre 1 (cf. page 40), il existe des théories permettant de reconstruire la topologie mathématique dans des formalismes logiques comme c'est le cas pour le calcul topologique de Clarke [42] ou le RCC8 de Randell [164]. Ce dernier est un langage logique permettant de former des « énoncés » visuels. Par exemple, si r_1 , r_2 , r_3 et r_4 sont des régions dans un certain espace, les contraintes suivantes exprimées en RCC8 :

$$EC(r_1, r_2), TPP(r_1, r_3), NTTP(r_2, r_4)$$

signifient que les régions r_1 et r_2 sont connectées par leur frontière, que la région r_1 est une partie propre tangentielle de la région r_3 et que la région r_2 est une partie propre non tangentielle de la région r_4 . Il est possible de représenter en langage visuel ces contraintes de plusieurs manières comme le montre la figure 4.2 (extraite de [102]).

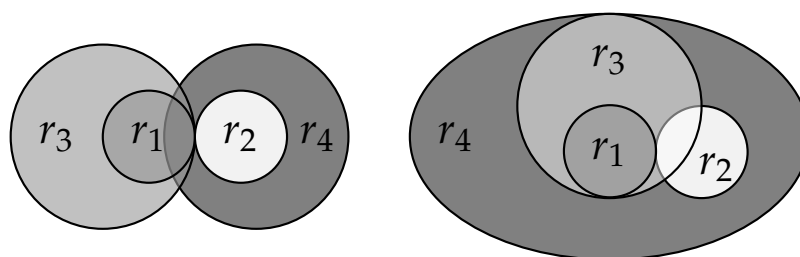


Figure 4.2 — Deux dispositions différentes de régions satisfaisant les contraintes : $EC(r_1, r_2)$, $TPP(r_1, r_3)$, $NTTP(r_2, r_4)$

Tous les langages visuels ne s'appuient évidemment pas sur des formalismes logiques, certains utilisent, par exemple, des formalismes algébriques [208].

4.2.2 La chorématique, ou la « linguistique géographique »

Les langages visuels peuvent-ils être considérés comme des langues au même titre que les langues naturelles ? Nous verrons plus loin (cf. section 4.3) qu'il est possible de considérer un langage contrôlé visuel comme un langage, mais nous pouvons toutefois stipuler dès à présent les points communs entre la langue dite naturelle et le langage d'une carte. En effet, dans son article sur la composition des modèles [28], Brunet introduit la notion de *chorèmes* qui sont des modèles récurrents (cf. table 4.1) dans l'organisation spatiale.

[L]es chorèmes apparaissent comme des signes, et permettent de fonder une sémiologie de l'organisation de l'espace. Ils ont une face de signifiant (l'arrangement discernable) cachant et révélant une face de signifié finalement fort claire (une stratégie de colonisation, de domination, d'exploitation d'une rente de position, etc.), encore que la polysémie ne soit pas exclue [...] en raison de phénomènes de convergence. [28, page 262]

Ainsi donc, les chorèmes, du grec $\chi\omega\rho\omicron\varsigma$, signifiant « espace » auquel on a ajouté le suffixe récurrent dans l'approche structuraliste de la linguistique des unités émiques « ème », à l'image des *monèmes* composant notre langue naturelle, sont des signes portant un sens minimal du langage cartographique. Tout comme les

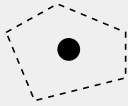
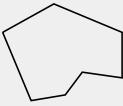
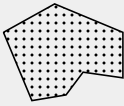
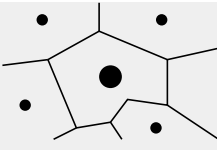


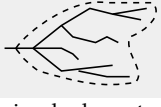


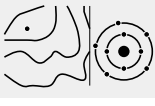
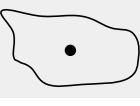
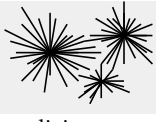

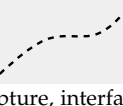
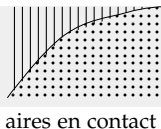
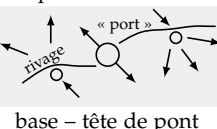



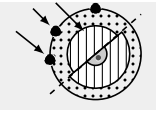


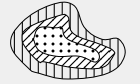
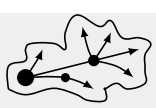




	POINT	LIGNE	AIRE	RÉSEAU
maillage	 chef-lieu	 limite administrative	 région, État, ...	 centres, limites et polygones
quadrillage	 tête de réseau, carrefour	 voies de communication	 aire de desserte, irrigation, drainage	 réseau
attraction	 points attirés, satellites	 ligne d'isotropie – orbites	 aire d'attraction	 liaisons préférentielles
contact	 point de passage	 rupture, interface	 aires en contact	 base – tête de pont
tropisme	 flux directionnel	 ligne de partage	 surfaces de tendance	 dissymétries
dynamique territoriale	 évolutions ponctuelles	 axes de propagation	 aires d'extension	 tissu du changement
hiérarchie	 semis urbain	 limites administratives	 sous-ensemble	 réseau maillé

Table 4.1 — Socle de la chorématique telle que définie par Brunet [29]

morphèmes, ils existent en nombre limité mais leurs possibles combinaisons pour créer de nouveaux sens sont, *a priori*, illimitées.

Les chorèmes *signifient* : leur utilisation pour décrire un phénomène n'est pas arbitraire, mais au contraire, chargée de sens puisqu'ils peuvent signifier un processus, un mécanisme en jeu, etc. C'est le principe saussurien de signe à deux

faces – le *signifié* et le *signifiant* – que l’on retrouve alors dans le langage cartographique avec les chorèmes. Pour continuer notre parallèle avec la langue naturelle, si le morphème est l’unité de base de la morphologie, alors le chorème est, quant à lui, l’unité de base du langage cartographique chorématique. Il est ainsi possible de réaliser une analyse componentielle, sur un mot d’une langue naturelle, mais aussi sur un chorème ou une association de chorèmes.

Il se dégage ici d’ores et déjà quelques ressemblances entre langue naturelle et langue cartographique : les deux sont pourvues de signes ayant des sèmes et permettent une combinaison de ces signes. Nous disposons donc d’un lexique et d’une sémantique. Il ne manque plus que des règles de grammaire pour compléter notre linguistique géographique. Les règles de grammaire des chorèmes ne sauraient se limiter à des règles graphiques se contentant de tracer une ligne droite pour représenter une ligne vague dans le réel. La syntaxe des chorèmes consiste principalement en une recherche des combinaisons possibles et pertinentes entre chorèmes : quel mécanisme influence une évolution ou un réseau ? Mais comme Brunet le précise, il existe néanmoins deux principes fondamentaux :

- le premier est formulé de la sorte : « composition n’est pas addition ». En effet, la composition d’un modèle spatial consiste en une association de différents chorèmes qui s’influencent réciproquement et non qui se cumulent sans interaction aucune. S’il nous fallait continuer la comparaison avec la linguistique « classique », c’est-à-dire appliquée à une langue naturelle, nous pourrions alors mettre ce principe en parallèle avec le phénomène de coarticulation, étudié en phonétique combinatoire. La coarticulation consiste en la déformation d’un phonème dans un mot définie par les propriétés du phonème qui le suit ou le précède. On peut donner l’exemple du mot « maintenant », représenté usuellement sous la forme phonétique [mɛ̃tnɑ̃] qui, de par le phénomène de coarticulation est fréquemment prononcé :
 - \mɛtnɑ̃\ où le son \ɛ̃\ est remplacé par le son \ɛ\ qui, de par l’influence du phonème qui suit, \t\, perd sa nasalisation ;
 - \mɛ̃nnɑ̃\ où le \t\ disparaît au profit de la nasale alvéolaire \n\ ; ici c’est le \t\ initial qui est influencé par la voyelle antérieure mi-ouverte étirée \ɛ\ elle-même nasalisée en \ɛ̃\.

On retrouve donc ce phénomène de coarticulation dans la syntaxe chorématique puisqu’on n’empile non pas les chorèmes mais on les compose en les déformant pour recréer une articulation pertinente de l’information géographique à représenter. Tout comme dans le phénomène de coarticulation, nous composons ou nous articulons, mais nous ne passons pas par un simple cumul des unités émiques en présence ;

- le second principe de notre grammaire est le nécessaire équilibre entre induction et déduction : la composition chorématique nécessite des choix pertinents sans jamais tomber dans des explications n'ayant pas de lien avec un modèle de référence. Les arrangements des objets dans l'espace sont toujours représentés par des modèles élémentaires.

La composition des chorèmes permet ainsi de créer un langage cartographique comme Brunet en fait une démonstration avec la carte de la Pologne (cf. Annexe F). Il soutient ainsi l'hypothèse d'un langage cartographique fondé sur les chorèmes où certains modèles sont particulièrement récurrents :

Il semble bien que l'on observe certaines associations fréquentes de chorèmes [...] et qui sont comme des membres de phrases courants, des « propositions » habituelles de l'organisation sociale, au triple sens grammatical, projectif et ... géographique. [28, page 263]

Nous avons ainsi présenté plusieurs façons d'aborder les langages visuels : nous avons d'abord survolé leur définition et leurs possibles applications avant de nous attarder sur un langage visuel particulier, la linguistique géographique. L'idée que les cartes constituent un langage visuel à part entière n'est pas simplement partagée par Brunet et lui seul puisqu'elle a été reprise plusieurs fois, selon des angles parfois plus linguistiques ou cognitifs (cf. [76, 116]).

Nous nous proposons maintenant d'analyser quelques pistes de réflexion sur la notion de langage visuel du point de vue cognitif.

4.2.3 L'angle de la cognition

Dans son article de 1996 [115], Lévy analyse la spécificité de l'image en opposition aux énoncés verbaux sous l'angle de la cognition. Pour lui, l'image, qu'il s'agisse de tableaux, de figures, de photographies, etc., est un langage comme un autre mais qui ne se positionne pas de la même manière que la langue naturelle dans la classification des langages qu'il propose. Pour Lévy, un mode de communication *est* un langage qui se situe à différents points d'une ligne où se placent plusieurs traits constitutifs d'un langage : son mode *verbal* et sa *séquentialité*. Ainsi, la langue naturelle se situe à un premier point sur la ligne puisqu'elle est à la fois *verbale* et *séquentielle*, c'est-à-dire qu'elle est soumise à un ordre pré-établi dans sa composition. Dans la direction opposée se situent les langages non séquentiels et non verbaux comme les photographies ou encore les cartes. Entre les deux extrémités, on retrouve les langages séquentiels non-verbaux et non-visuels comme la musique ou les films, et enfin les langages non-séquentiels verbaux comme les tableaux ou les graphiques avec des éléments verbaux.

Selon Lévy, ces différents langages nous permettent d’avoir des alternatives langagières selon nos besoins communicationnels mais aussi cognitifs. En effet, nous sommes plus passifs cognitivement face aux langages non-verbaux non-séquentiels que face à la langue naturelle (verbale séquentielle) mais ces derniers peuvent remplir le même rôle en tant que discours. Ainsi, Lévy propose une classification (cf. table 4.2) des langages non-verbaux non-séquentiels en opposition aux langages verbaux séquentiels selon leur mode d’appropriation cognitive :

- le mode *narratif* qui permet de narrer l’expérience vécue ;
- le mode *interprétatif* qui correspond à une lecture du réel ;
- le mode *argumentatif* afin de justifier une action au regard de bonnes raisons ;
- le mode *reconstructif* qui permet la reconnaissance et l’identification des positions argumentatives d’où les bonnes raisons susmentionnées peuvent être émises.

	Verbal séquentiel	Non-verbal non séquentiel
Narratif	Récit, description	[Illustrations]
Interprétatif	Discours classificatoire	Cartes topographiques, tableaux et graphiques classificatoires
Argumentatif	Rhétorique démonstrative	Cartes-modèles, modèles graphiques
Reconstructif	Exposé théorique	Cartes conceptuelles*, expression théorique graphique

Table 4.2 — Genres du discours et construction cognitive contemporaine

L’hypothèse de Lévy est que nous incorporons dans nos pratiques discursives les modes langagiers correspondant aux modes d’appropriation cognitive en présence. Cependant, il nous met en garde sur un usage abusif de l’image, notamment dans le cas des *cartes* qui, selon lui, ne se substituent pas à un discours théorique complet puisque le dessein d’une carte est, justement, de faire court et ainsi d’appauvrir l’expérience vécue (dans le cas du mode narratif). La carte doit trouver son mode de fonctionnement cognitif en tant que langage non-verbal non-séquentiel sans quoi nous risquons d’être confrontés à un problème récurrent : « le problème de cartes qui auraient besoin, pour éviter les mauvaises lectures, d’une légende beaucoup plus considérable que celle qui est proposée » [115, page 33].

Lévy exprime-t-il par là une certaine méfiance envers les langages visuels ? Vraisemblablement non, mais il nous met en garde sur l’usage abusif de l’image qui ne saurait, à un certain niveau de complexité, remplacer complètement le langage

naturel, ce qui ne fait que nous conforter dans notre projet multimodal, à la fois textuel *et* visuel.

Nous allons utiliser en partie les notions mentionnées précédemment afin de nous attaquer à une de nos problématiques : la construction d'un Langage Contrôlé Visuel ; nous étendons ainsi la première description de notre langage contrôlé, purement textuel, en une version prenant en compte les deux modes présents au sein de notre corpus.

4.3 Un Langage Contrôlé Visuel

L'introduction de ce chapitre évoque l'exclusion émise par Kuhn des langages visuels de l'ensemble des langages contrôlés. Nous ne nous alignerons pas, comme on peut s'en douter, sur cette exclusion car les langages visuels peuvent être des Langages Contrôlés Visuels différant des langages contrôlés simplement dans leur mode. Il est arrivé qu'un langage contrôlé possède plus d'un mode comme c'est le cas dans [31] qui présente un langage contrôlé utilisant uniquement le mode textuel pour définir un LCV pour les diagrammes orientés contrat¹ ou encore dans le système décrit par Kerpedjiev [98], système qui produit automatiquement et simultanément des bulletins météorologiques avec les cartes correspondantes reprenant en partie les éléments textuels des bulletins (*cf.* figure 4.3).

Nous proposons d'aller plus loin encore que ces deux exemples avec un langage contrôlé qui est à la fois la représentation textuelle *et* la représentation visuelle d'une base de connaissances créée selon le formalisme de la logique du premier ordre. Nous avons établi (*cf.* section 4.2.3) que le texte et l'image ne sont pas simplement deux modes se contentant de coexister mais qu'ils sont bel et bien complémentaires et se doivent alors d'interagir. Lorsqu'un utilisateur « écrit » dans un langage comme le nôtre, il partage des informations entre le textuel et le visuel en fonction à la fois du contexte et de ses besoins. Nous avons décidé de nommer un tel langage contrôlé : Langage Contrôlé Hybride (LCH). Il nous apparaît clairement que les ENC et leurs textes compagnons constituent un document complet hybride dans ses modes, comme Varanka le précise [203, page 285] :

Any document consisting of both maps and accompanying geographical descriptions or explanatory texts employ[s] the characteristics of both. [...]

1. Le terme de « contrat » désigne ici des textes normatifs, autrement dit des textes contenant des restrictions, obligations ou possibilités comme les textes légaux ou plus généralement tous les textes ressortant de la légistique.

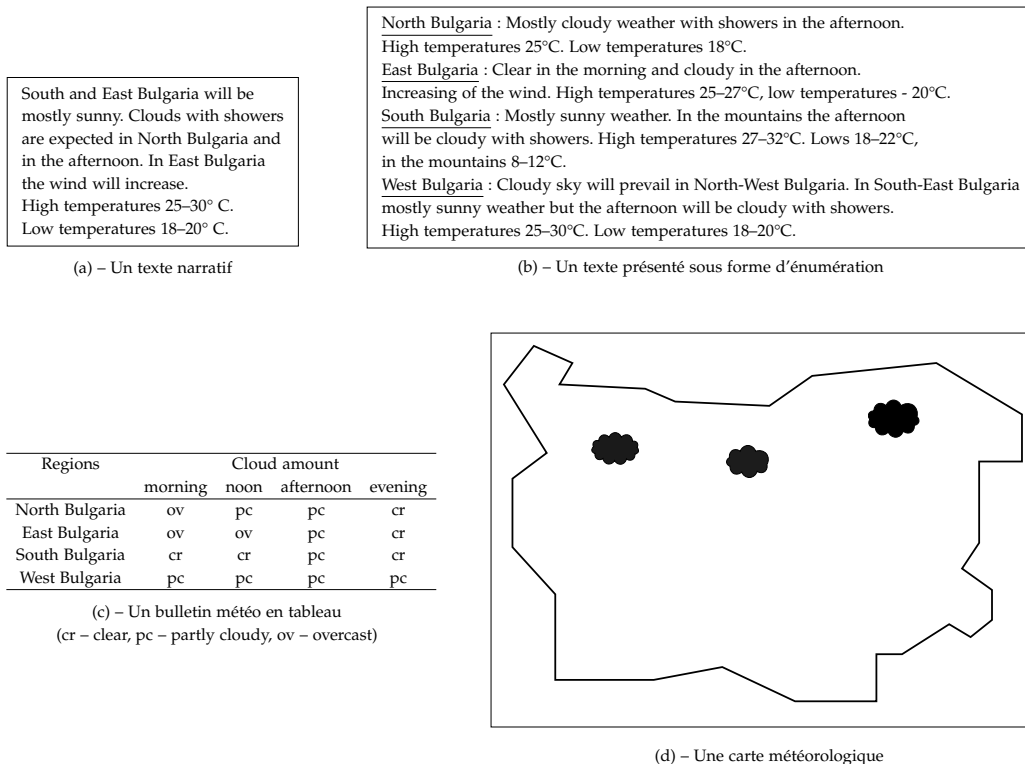


Figure 4.3 — Un document multimodal généré automatiquement [98]

The premise is that texts are decisive to any reading of the maps and that they lend substance to the abstract and highly codified cartographic images. Without the text the map gives a minimum of information, but with it, they take on new meanings that are crucial to understanding the geographical attitudes and thoughts held by their users. Thus the arrangements of maps with texts have a critical, yet subtle effect on the nature of geographical information.

Nous n'affirmerons pas que les ENC constituent dans tous les cas des langages visuels, ce débat ne constitue pas le cœur de notre sujet. En place de cela, nous considérons que les documents hybrides formés par les ENC du SHOM avec leurs textes compagnons, c'est-à-dire les *Instructions nautiques*, sont un cas particulier pour lequel il est possible de définir un LCH.

Un langage visuel peut être formellement défini par une grammaire Symbol-Relation (SR) [55], nous allons tout d'abord décrire ce que sont les grammaires SR avant de nous intéresser plus concrètement aux langages visuels basés sur ce formalisme.

4.3.1 Des grammaires non-contextuelles aux grammaires Symbol-Relation

En 1956, Chomsky publie un texte [38], considéré désormais comme un texte fondateur de la linguistique générative, qui définit quatre types de grammaire formelle (cf. table 4.3) :

- le type 0 ou les grammaires générales, c'est-à-dire des grammaires récursivement énumérables produisant des langages exactement reconnaissables par une machine de Turing ;
- le type 1 ou les grammaires contextuelles (importance des contextes gauche et droit dans la substitution d'un symbole non-terminal) ;
- le type 2 ou les grammaires non-contextuelles ou algébriques (substitution de non-terminaux sans tenir compte du contexte) ;
- le type 3 ou les grammaires régulières qui permettent de décrire un langage régulier.

Type	Machine	Langages
0	Machine de Turing	Récursivement énumérables
1	Machine de Turing à espace linéaire	Contextuels
2	Automate à pile	Non-contextuels
3	Automate	Réguliers

Table 4.3 — Résumé de la hiérarchie définie par Chomsky. La deuxième colonne liste le type d'outil qui permet de décrire un langage du type donné dans la première colonne.

Nous allons maintenant tenter de comprendre plus en détails les grammaires de type 2 avec un exemple simple de grammaire non-contextuelle.

Soit l'alphabet $\{a, b\}$, l'ensemble de non-terminaux $\{A, S\}$ commençant par le symbole S , et les règles de réécriture suivantes :

$$s_0: S \rightarrow A \quad (4.1)$$

$$s_1: A \rightarrow aAb \quad (4.2)$$

$$s_2: A \rightarrow ab \quad (4.3)$$

Cette grammaire non-contextuelle définit le langage sur les mots $a^n b^n$ avec $n \geq 1$. Afin d'obtenir un mot tel que $aabb$, il nous faut appliquer la dérivation suivante :

$$S \xrightarrow{s_0(S)} A \xrightarrow{s_1(A)} aAb \xrightarrow{s_2(A)} aabb. \quad (4.4)$$

Nous pouvons représenter le mot $aabb$ différemment : en indexant les occurrences d'un même symbole avec des exposants et en considérant une relation binaire

que nous appellerons « suivant » dénotant la propriété d'adjacence dans un mot ; ainsi le mot $aabb$ peut être réécrit comme une paire d'ensembles² :

$$\langle \{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\} \rangle. \quad (4.5)$$

La notation présentée sera celle adoptée dans la suite de notre exposé : dans les dérivations, les non-terminaux qui permettent de distinguer plusieurs occurrences de la même lettre seront notés par des lettres avec exposants, comme nous venons de le voir, dans les règles de réécriture les non-terminaux seront représentés par les symboles $\bigcirc, \square, \triangle, \nabla$ et ainsi de suite, à l'exception du symbole de départ, noté S . \bigcirc sera systématiquement placé dans la partie gauche de la règle de réécriture. Cette notation, inspirée de Ferrucci [55], ainsi que celle présentée en 4.5, nous permettent de réécrire les trois règles de réécriture précédemment exposées de la sorte :

$$s_0 : S \rightarrow \langle \{\square\}, \emptyset \rangle \quad (4.6)$$

$$s_1 : \bigcirc \rightarrow \langle \{a^1, \square, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, \square), \text{suivant}(\square, b^1)\} \rangle \quad (4.7)$$

$$s_2 : \bigcirc \rightarrow \langle \{a^1, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, b^1)\} \rangle. \quad (4.8)$$

Nous pouvons ainsi réécrire les deux premières dérivations :

$$S \xrightarrow{s_0(S)} \langle \{A^1\}, \emptyset \rangle \quad (4.9)$$

$$\xrightarrow{s_1(A^1)} \langle \{a^1, A^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, A^1), \text{suivant}(A^1, b^1)\} \rangle. \quad (4.10)$$

Dans (4.9), le \square obtenu par s_0 est dénoté par A^1 tandis que dans (4.10) A^1 est dénoté par un nouveau symbole que nous avons nommé A^2 . Néanmoins, il existe un problème dans la dérivation (4.10) : dans la relation « suivant » le symbole A^1 est toujours présent alors même qu'il a été réécrit par la règle s_1 . Afin de corriger cette incohérence, nous introduisons un nouveau type de règles r_* appliqué directement aux relations après les règles de type s_* :

$$r_{\{1\},1} : \text{suivant}(*, \bigcirc) \rightarrow \{\text{suivant}(*, \square)\} \quad (4.11)$$

$$r_{\{1\},2} : \text{suivant}(\bigcirc, *) \rightarrow \{\text{suivant}(\square, *)\}, \quad (4.12)$$

où $*$ correspond à n'importe quel terminal ou non-terminal et \bigcirc, \square représentent les mêmes symboles que dans s_1 . Dans la notation $r_{\{1\},1}$, le premier indice est

2. Dans la mesure où $\{a^1, a^2, b^2, b^1\}$ est un ensemble, il n'existe pas d'ordre intrinsèque parmi ses éléments, cependant, le mot 4.5 possède bien un ordre (pas forcément total) qui n'est pas donné par les exposants (dont l'ordre peut être arbitraire) mais bien par les relations « suivant » de l'ensemble $\{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\}$.

l'ensemble de règles s_* après lesquelles nous sommes autorisés à utiliser cette règle, et le second indice identifie cette règle parmi celles ayant le même ensemble de règles s_* compatibles. Si l'on continue les dérivations de (4.10) en utilisant les règles r_* , on obtient alors :

$$(4.10) \xrightarrow{r_{\{1\},1}(\text{suivant}(a^1, A^1))} <\{a^1, A^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, A^2), \text{suivant}(A^1, b^1)\}> \quad (4.13)$$

$$\xrightarrow{r_{\{1\},2}(\text{suivant}(A^1, b^1))} <\{a^1, A^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, A^2), \text{suivant}(A^2, b^1)\}>, \quad (4.14)$$

où \bigcirc devient A^1 et \square devient A^2 à la fois dans (4.13) et dans (4.14).

Il est maintenant possible d'appliquer s_2 :

$$(4.14) \xrightarrow{s_2(A^2)} <\{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, A^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(A^2, b^1)\}>. \quad (4.15)$$

Nous avons besoin de nouvelles règles r_* pour nous débarrasser du symbole A^2 dans les relations :

$$r_{\{2\},1} : \text{suivant}(*, \bigcirc) \rightarrow \{\text{suivant}(*, a^2)\} \quad (4.16)$$

$$r_{\{2\},2} : \text{suivant}(\bigcirc, *) \rightarrow \{\text{suivant}(b^2, *)\}, \quad (4.17)$$

ce qui produit les dérivations suivantes :

$$(4.15) \xrightarrow{r_{\{2\},1}(\text{suivant}(a^1, A^2))} <\{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(A^1, b^1)\}> \quad (4.18)$$

$$\xrightarrow{r_{\{2\},2}(\text{suivant}(A^2, b^1))} <\{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\}> \quad (4.19)$$

où l'on voit enfin que (4.19) correspond exactement à (4.5).

On pourrait penser que (4.6)–(4.19) sont simplement des réécritures plus complexes de (4.1)–(4.4), ce qui est vrai pour l'exemple présenté, cependant, nous allons voir jusqu'où ces transformations nous permettent d'aller dans notre traitement des relations topologiques.

Prenons le temps de renommer nos différents éléments : nous appellerons les symboles *s-items*, les relations *r-items* et les règles telles que s_0 , s_1 et s_2 *s-productions*. Les *s-productions* possèdent un *s-item* dans leur côté gauche et, dans leur côté droit, une paire d'ensembles consistant en un ensemble de *s-items* et un ensemble de *r-items*. Les règles comme r_1 et r_2 sont nommées *r-productions*. Les *r-productions* possèdent un *r-item* dans leur côté gauche et un ensemble de

r-items dans leur côté droit. L'étape de dérivation consiste en l'application d'une s-production s_i suivie par zéro, une ou plusieurs r-productions $r_{\{i\},*}$ compatibles avec s_i . Chaque r-production doit en effet être compatible avec une ou plusieurs s-productions.

Nous sommes bien passés d'une grammaire non-contextuelle à une grammaire SR. En effet, une grammaire composée de s-items, r-items, s-productions et r-productions est appelée *grammaire Symbol-Relation*, cette notation a été définie dans [55]. Plus formellement, une grammaire SR est un 6-uplet $(N, T, R, S, \mathbf{s}, \mathbf{r})$ où N est un ensemble de non-terminaux, T est un ensemble de terminaux, R est un ensemble de relations binaires, S est le symbole de départ, \mathbf{s} est un ensemble de s-productions et, enfin, \mathbf{r} est un ensemble de r-productions.

Comme dans toute grammaire formelle, il nous est possible de construire un arbre syntaxique pour les grammaires SR. Il suffit en réalité de considérer les s-items et les r-items comme les sommets de l'arbre et les s-productions et les r-productions comme les arêtes. Par conséquent, le mot $\langle \{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\} \rangle$ peut être représenté par la figure 4.4.

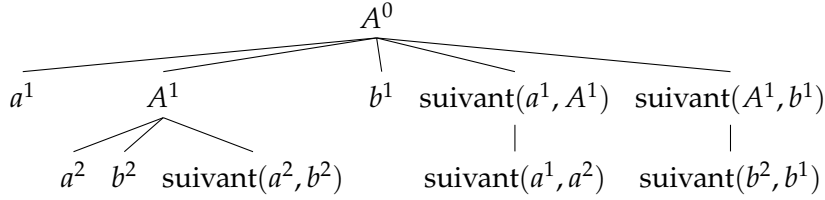


Figure 4.4 — Arbre en grammaire SR du mot $\langle \{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\} \rangle$.

Maintenant que nous avons la structure du mot $\langle \{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\} \rangle$ sous forme d'arbre, on peut calculer la sémantique de ce mot. Selon la méthode définie par Knuth dans [101], les attributs sont attachés aux feuilles de l'arbre syntaxique (s-items et r-items) et les valeurs de ces attributs pour les autres nœuds sont calculées selon une approche bottom-up s'appuyant sur des règles pour les couples attribut-valeur correspondant aux règles de réécriture de la grammaire. Par exemple, si l'on considère la sémantique des s-items terminaux comme des nombres entiers et la concaténation comme étant une multiplication, alors la sémantique du mot $aabb$ sera le produit des quatre valeurs des symboles terminaux. Autrement dit, si nous considérons $*_{\sigma}$ comme étant les valeurs numériques des symboles terminaux $*$, alors nous pou-

vons écrire :

$$\begin{aligned}
 & \text{suivant}(*^1, *^2)_\sigma \leftarrow *^1_\sigma \times *^2_\sigma \quad (\text{où } * \text{ peut être n'importe quel terminal}) \\
 s_0: & S_\sigma^0 \leftarrow \square_\sigma \\
 s_1: & \bigcirc_\sigma \leftarrow \frac{\text{suivant}(a^1, \square)_\sigma \times \text{suivant}(\square, b^1)_\sigma}{\square_\sigma} \\
 r_{\{1\},1}: & \text{suivant}(*, \bigcirc)_\sigma \leftarrow \text{suivant}(*, \square)_\sigma \quad (\text{où } * \text{ peut être n'importe quel symbole}) \\
 r_{\{1\},2}: & \text{suivant}(\bigcirc, *)_\sigma \leftarrow \text{suivant}(\square, *)_\sigma \quad (\text{où } * \text{ peut être n'importe quel symbole}) \\
 s_2: & \bigcirc_\sigma \leftarrow \text{suivant}(a^1, b^1)_\sigma \\
 r_{\{2\},1}: & \text{suivant}(*, \bigcirc)_\sigma \leftarrow \text{suivant}(*, a^2)_\sigma \quad (\text{où } * \text{ peut être n'importe quel symbole}) \\
 r_{\{2\},2}: & \text{suivant}(\bigcirc, *)_\sigma \leftarrow \text{suivant}(b^2, *)_\sigma \quad (\text{où } * \text{ peut être n'importe quel symbole}).
 \end{aligned}$$

La figure 4.5 rend compte de l'application des règles sémantiques que nous venons de voir sur les valeurs des nœuds de l'arbre en figure 4.4, en commençant par le bas. Comme on peut le constater dans la figure, la valeur du mot dans son

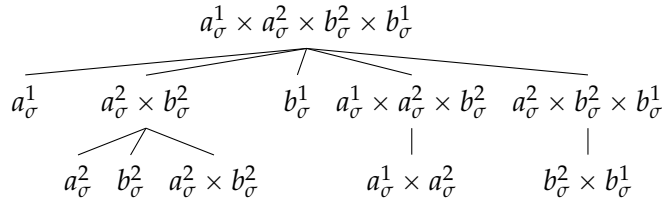


Figure 4.5 — Sémantique de l'arbre en grammaire SR pour le mot $\langle \{a^1, a^2, b^2, b^1\}, \{\text{suivant}(a^1, a^2), \text{suivant}(a^2, b^2), \text{suivant}(b^2, b^1)\} \rangle$ – la multiplication \times est commutative et associative.

entier est égale au produit des valeurs des symboles terminaux.

Nous venons ainsi d'expliquer comment fonctionnent les grammaires SR, nous pouvons dès lors présenter une application de ces grammaires aux LCV.

4.3.2 Une grammaire SR fondée sur la logique topologique : la grammaire SR-RCC8

Nous avons évoqué dans la section 1.2.2.1 (page 40) des éléments de logique topologique notamment avec le RCC8. Pratt-Hartman [160] définit les logiques topologiques comme des systèmes formels.

[Topological logics are] formal systems for representing and manipulating information about the topological relationships between objects in space.

Dans ces logiques topologiques, c'est le système du RCC8 – système paraissant, à notre sens, le plus pertinent pour décrire les relations topologiques présentes dans les *Instructions nautiques* (cf. page 54) – que nous avons sélectionné afin de définir une grammaire SR établie sur ses huit relations binaires (cf. figure 1.4) : la grammaire SR-RCC8. Plus rigoureusement, les symboles terminaux de SR-RCC8 sont les régions a^i ($i \geq 0$), les symboles non-terminaux sont, dans les règles, notés \bigcirc , \square , \triangle et ∇ et, dans les dérivations, A^i . Les relations sont celles du RCC8, {DC, EC, PO, EQ, TPP, NTPP}³, et le symbole de départ est S . Quelques exemples permettront, entre autres, de détailler quelques s-productions et r-productions.

Premier exemple La figure 4.6 propose un premier exemple de phrase visuelle que nous allons décrire via la grammaire SR-RCC8.

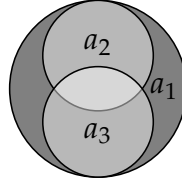


Figure 4.6 — Exemple d'une phrase visuelle

Nous commençons par les règles qui produisent les régions liées au symbole non-terminal TPP à partir du symbole de départ ou à partir d'un symbole non-terminal :

$$\begin{aligned} s_0 : S &\rightarrow \langle \{\square, \triangle\}, \{\text{TPP}(\triangle, \square)\} \rangle \\ s_1 : \bigcirc &\rightarrow \langle \{\square, \triangle\}, \{\text{TPP}(\triangle, \square)\} \rangle. \end{aligned}$$

Dans le cas de s_1 , \square doit être une sorte de « réincarnation » de \bigcirc dans le sens où il doit hériter de toutes les propriétés topologiques de \bigcirc (sans être \bigcirc directement, puisqu'il est réécrit). Pour ce faire, il nous faut les r-productions

$$\begin{aligned} r_{\{1\},1} : @(\bigcirc, *) &\rightarrow \{ @(\square, *) \} \\ r_{\{1\},2} : @(*, \bigcirc) &\rightarrow \{ @(*, \square) \}, \end{aligned}$$

où $@ \in \{\text{DC}, \text{EC}, \text{PO}, \text{EQ}, \text{TPP}, \text{NTPP}\}$ et où $*$ est n'importe quel symbole terminal ou non-terminal. Nous obtenons alors les dérivations suivantes :

$$S \xrightarrow{s_0(S)} \langle \{A^1, A^2\}, \{\text{TPP}(A^2, A^1)\} \rangle \quad (4.20)$$

$$\xrightarrow{s_1(A^1)} \langle \{A^3, A^4, A^2\}, \{\text{TPP}(A^2, A^1), \text{TPP}(A^4, A^3)\} \rangle \quad (4.21)$$

3. Pour ne pas se tromper : les prédicats logiques sont notés dans une police sans empattement (NTPP) alors que les r-items dans la grammaire SR utilisent une police de caractères avec empattement (NTPP).

$$\xrightarrow{r_{\{1\},2}(TPP(A^2,A^1))} \langle \{A^3, A^4, A^2\}, \{TPP(A^2, A^3), TPP(A^4, A^3)\} \rangle. \quad (4.22)$$

Après avoir modifié le numérotage des exposants, cette phrase devient

$$\langle \{A^1, A^2, A^3\}, \{TPP(A^3, A^1), TPP(A^2, A^1)\} \rangle. \quad (4.23)$$

Mais cette phrase décrit-elle la figure 4.6? En réalité, n'importe laquelle des configurations représentées dans la figure 4.7 peut-être décrite par la phrase $\langle \{A^1, A^2, A^3\}, \{TPP(A^3, A^1), TPP(A^2, A^1)\} \rangle$ puisque rien ne contraint la relation entre A^2 et A^3 .

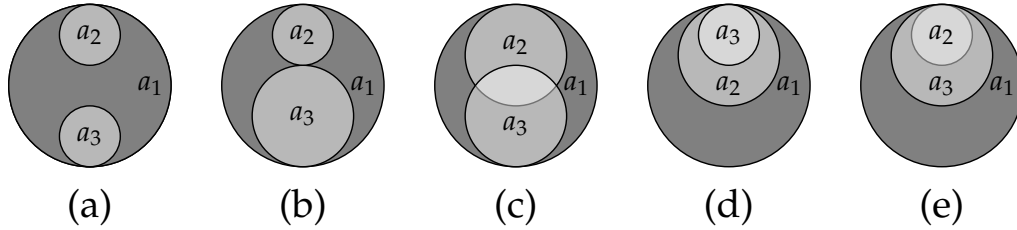


Figure 4.7 — Figures partiellement décrites par la phrase visuelle 4.23, représentant les cinq potentielles relations entre A^2 et A^3 : $DC(A^2, A^3)$, $EC(A^2, A^3)$, $PO(A^2, A^3)$, $TPP(A^2, A^3)$, $TPP(A^3, A^2)$.

Afin d'obtenir une relation PO supplémentaire entre A^2 et A^3 , il faut réécrire la r-production $r_{\{1\},2}$ de la sorte :

$$r_{\{1\},3} : @(*, \bigcirc) \rightarrow \{ @(*, \square), PO(*, \triangle) \}.$$

La dérivation (4.22) peut alors être :

$$(4.21) \xrightarrow{r_{\{1\},3}(TPP(A^2,A^1))} \langle \{A^3, A^4, A^2\}, \{TPP(A^2, A^3), TPP(A^4, A^3), PO(A^2, A^4)\} \rangle \quad (4.24)$$

et en transformant le numérotage des exposants, nous obtenons la configuration visible dans la figure 4.6. Enfin, des s-productions et des r-productions classiques sont utilisées pour réécrire les symboles non-terminaux en terminaux :

$$\begin{aligned} s_\lambda : \bigcirc &\rightarrow \langle \{a'\}, \emptyset \rangle \\ r_{\{\lambda\},1} : @(\bigcirc, *) &\rightarrow \{ @(\{a'\}, *) \} \\ r_{\{\lambda\},2} : @(*, \bigcirc) &\rightarrow \{ @(*, \{a'\}) \}, \end{aligned}$$

où $@$ peut être n'importe quelle relation, $*$ n'importe quel terminal ou non-terminal, et où a' dénote les terminaux dont le numérotage a été modifié préalablement.

Deuxième exemple Pour ce second exemple illustrant la grammaire SR-RCC8, nous avons trois régions ayant des intersections non-vides deux à deux ainsi qu’une intersection tripartite non-vide (cf. figure 4.8).

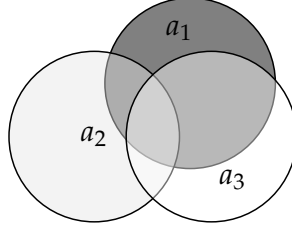


Figure 4.8 — Second exemple d’une phrase visuelle

Nous avons à nouveau, comme dans le premier exemple, des s-productions et des r-productions :

$$\begin{aligned} s_2 : S &\rightarrow \langle \{\square, \triangle\}, \{\text{PO}(\square, \triangle)\} \rangle \\ s_3 : \bigcirc &\rightarrow \langle \{\square, \triangle\}, \{\text{PO}(\square, \triangle)\} \rangle \\ r_{\{3\},1} : @(\bigcirc, *) &\rightarrow \{ @(\square, *) \} \\ r_{\{3\},2} : @(*, \bigcirc) &\rightarrow \{ @(*, \square) \}, \end{aligned}$$

où * représente n’importe quel symbole. Ce qui donne les dérivations suivantes :

$$S \xrightarrow{s_2(S)} \langle \{A^1, A^2\}, \{\text{PO}(A^1, A^2)\} \rangle \quad (4.25)$$

$$\xrightarrow{s_3(A^1)} \langle \{A^3, A^4, A^2\}, \{\text{PO}(A^1, A^2), \text{PO}(A^3, A^4)\} \rangle \quad (4.26)$$

$$\xrightarrow{r_{\{3\},1}(\text{PO}(A^1, A^2))} \langle \{A^3, A^4, A^2\}, \{\text{PO}(A^3, A^2), \text{PO}(A^3, A^4)\} \rangle. \quad (4.27)$$

Tout comme dans le premier exemple, la phrase visuelle est incomplète : en effet, une des trois relations PO deux à deux est manquante, par conséquent, la phrase décrit partiellement la figure 4.9 (a), topologiquement différente de la figure 4.8. Pour obtenir cette relation manquante, nous introduisons une nouvelle r-production :

$$r_{\{3\},3} : @(\bigcirc, *) \rightarrow \{ @(\square, *), \text{PO}(\triangle, *) \},$$

ce qui produit la dérivation suivante :

$$(4.26) \xrightarrow{r_{\{3\},3}(\text{PO}(A^1, A^2))} \langle \{A^3, A^4, A^2\}, \{\text{PO}(A^3, A^2), \text{PO}(A^3, A^4), \text{PO}(A^4, A^2)\} \rangle. \quad (4.28)$$

Cependant, à la différence du premier exemple, les opérations ne sont pas encore terminées car la phrase visuelle obtenue,

$$\langle \{A^1, A^2, A^3\}, \{\text{PO}(A^1, A^2), \text{PO}(A^1, A^3), \text{PO}(A^2, A^3)\} \rangle, \quad (4.29)$$

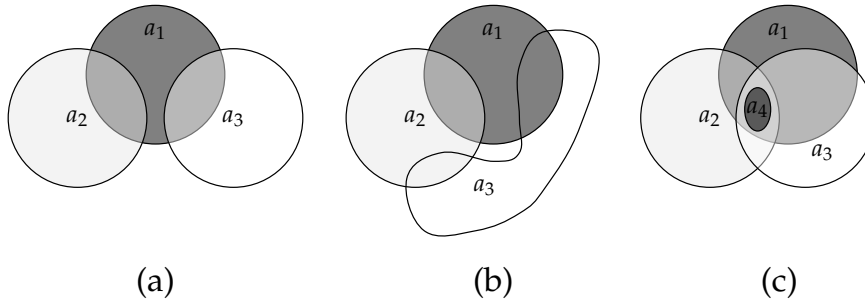


Figure 4.9 — Trois configurations différentes d'une même phrase visuelle

ne garantit en aucun cas une intersection tripartite non-vide bien que la figure 4.9 (b) montre que l'on peut avoir des intersections non-vides deux à deux. Pour garantir l'existence d'une intersection tripartite non-vide il nous faut ajouter une nouvelle contrainte : une nouvelle région A^4 non-vide qui est une partie à part entière non-tangente des trois régions A^1 , A^2 et A^3 . Il est nécessaire en ce cas de réécrire la règle s_3 de la sorte :

$$s_4 : \bigcirc \rightarrow \langle \{\square, \triangle, \nabla\}, \{\text{PO}(\square, \triangle), \text{NTPP}(\nabla, \square), \text{NTPP}(\nabla, \triangle)\} \rangle,$$

et d'ajouter une nouvelle r-production :

$$r_{\{4\},1} : \text{PO}(\bigcirc, *) \rightarrow \{\text{PO}(\square, *), \text{PO}(\triangle, *), \text{NTPP}(\nabla, *)\}.$$

Nous obtenons ainsi donc les dérivations suivantes :

$$S \xrightarrow{s_2(S)} \langle \{A^1, A^2\}, \{\text{PO}(A^1, A^2)\} \rangle \quad (4.30)$$

$$\xrightarrow{s_4(A^1)} \langle \{A^3, A^4, A^5, A^2\}, \{\text{PO}(A^1, A^2), \text{PO}(A^3, A^4), \text{NTPP}(A^5, A^3), \text{NTPP}(A^5, A^4)\} \rangle \quad (4.31)$$

$$\xrightarrow{r_{\{4\},1}(\text{PO}(A^1, A^2))} \langle \{A^3, A^4, A^5, A^2\}, \{\text{PO}(A^3, A^2), \text{PO}(A^4, A^2), \text{PO}(A^3, A^4), \text{NTPP}(A^5, A^3), \text{NTPP}(A^5, A^4), \text{NTPP}(A^5, A^2)\} \rangle. \quad (4.32)$$

Après le nouveau numérotage et le remplacement des non-terminaux par des symboles terminaux, nous obtenons la phrase visuelle désirée, c'est à dire la figure 4.9 (c) :

$$\langle \{a^1, a^2, a^3, a^4\}, \{\text{PO}(a^1, a^2), \text{PO}(a^1, a^3), \text{PO}(a^2, a^3), \text{NTPP}(a^4, a^1), \text{NTPP}(a^4, a^2), \text{NTPP}(a^4, a^3)\} \rangle. \quad (4.33)$$

Ces deux exemples présentent l'introduction par les grammaires SR des s-items et r-items, soit directement via les s-productions, soit *contextuellement* par les

r-productions. Assurément, même si les grammaires SR sont non-contextuelles⁴, un théorème de Ferrucci [55, théorème 3.1] (cf. théorème 1) stipule que *chaque grammaire formelle contextuelle peut être écrite sous forme de grammaire SR non-contextuelle*.

Théorème 1

Pour tout langage contextuel L , il existe une grammaire SR G' telle que $L = L(G')$.

Pour obtenir la sémantique d'une phrase visuelle, nous utilisons une approche bottom-up synthétique via les attributs sémantiques. Si l'on se réfère au premier exemple (cf. page 112), on obtient l'arbre syntaxique de la figure 4.6 en figure 4.10.

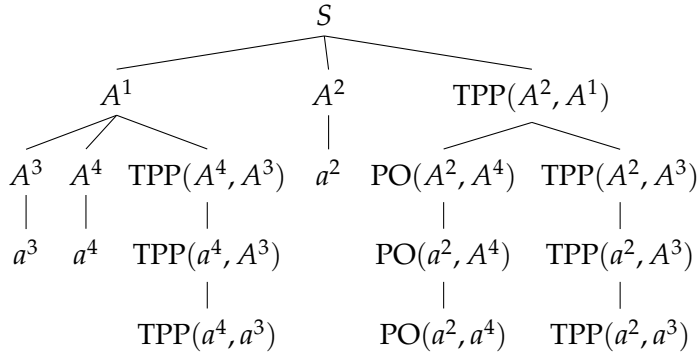


Figure 4.10 — Arbre syntaxique de la phrase visuelle de la figure 4.6.

Les attributs sémantiques, dénotés par l'indice σ , sont attachés aux nœuds de l'arbre en commençant par les feuilles :

- l'attribut sémantique a^i_σ d'un s-item terminal a^i est un prédicat unaire $\text{Reg}(a^i)$ qui atteste de l'existence de la région a^i ;
- l'attribut sémantique TPP_σ de TPP est un prédicat binaire TPP dont le premier argument est une partie à part entière tangente du second argument.

Les règles synthétiques des attributs sémantiques correspondant aux s-productions et aux r-productions de l'exemple sont les suivantes :

$$\begin{aligned}
 s_0 : S_\sigma &\leftarrow \square_\sigma \wedge \triangle_\sigma \wedge \text{TPP}(\triangle, \square)_\sigma \\
 s_1 : \bigcirc_\sigma &\leftarrow \square_\sigma \wedge \triangle_\sigma \wedge \text{TPP}(\triangle, \square)_\sigma \\
 r_{\{1\},1} : @(\bigcirc, *)_\sigma &\leftarrow @(\square, *)_\sigma
 \end{aligned}$$

4. Dans le sens où le côté gauche de chaque règle de réécriture est composé d'un simple symbole non-terminal.

$$\begin{aligned}
r_{\{1\},2} &: @(*, \bigcirc)_\sigma \leftarrow @(*, \square)_\sigma \\
r_{\{1\},3} &: @(*, \bigcirc)_\sigma \leftarrow @(*, \square)_\sigma \wedge \text{PO}(*, \triangle)_\sigma \\
s_\lambda &: \bigcirc_\sigma \leftarrow a_\sigma \\
r_{\{\lambda\},1} &: @(\bigcirc, *)_\sigma \leftarrow @(a, *)_\sigma \\
r_{\{\lambda\},2} &: @(*, \bigcirc)_\sigma \leftarrow @(*, a)_\sigma,
\end{aligned}$$

où @ correspond à n'importe quelle relation et * à n'importe quel symbole terminal ou non-terminal. La figure 4.12 présente l'arbre des attributs sémantiques de cet exemple.

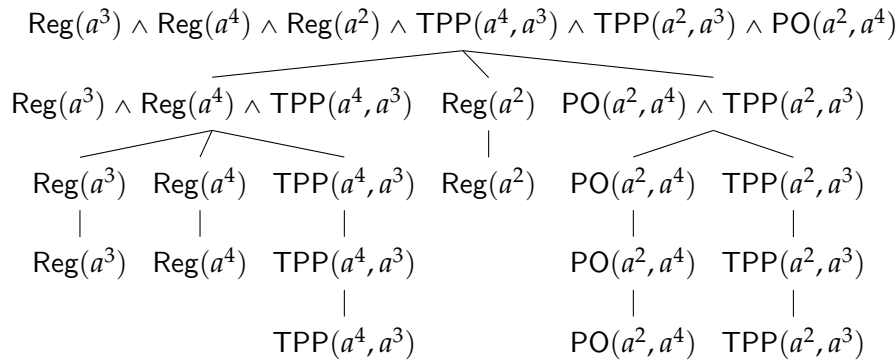


Figure 4.11 — Arbre des attributs sémantiques de la phrase visuelle présentée en figure 4.6

Une fois le numérotage des exposants modifié, la représentation sémantique de la phrase visuelle de la figure 4.6 en logique du premier ordre est la suivante :

$$\text{Reg}(a^1) \wedge \text{Reg}(a^2) \wedge \text{Reg}(a^3) \wedge \text{TPP}(a^2, a^1) \wedge \text{TPP}(a^3, a^1) \wedge \text{PO}(a^2, a^3), \quad (4.34)$$

ce qui correspond bien à l'élément de départ de l'arbre des attributs sémantiques (cf. figure 4.12).

Nous venons ainsi de décrire comment fonctionne notre grammaire SR-RCC8 pour la description d'un langage visuel. C'est sur ces fonctionnements que nous fondons la partie visuelle de notre Langage Contrôlé Hybride (à la fois visuel et textuel), INAUT.

Dans la section suivante, nous allons expliquer comment peuvent fonctionner des Langages Contrôlés Hybrides à l'aide d'un exemple se basant sur les ENC et les *Instructions nautiques*, puis nous nous attarderons sur le graphe de la base de connaissances, les différents objets, etc., en résumé, tous les éléments déjà évoqués dans le chapitre 3 avec, cette fois-ci, l'apport de la partie visuelle. Ce dernier permet de rendre compte de l'évolution nécessaire du langage contrôlé pour la prise en compte du mode visuel.

4.4 INAUT, introduction d'un Langage Contrôlé Hybride

4.4.1 Étude de cas

Rentrons tout de suite dans le vif du sujet en étudiant un exemple précis d'une phrase hybride. Prenons l'exemple de l'extrait d'ENC suivant :



Il est possible de modéliser cet extrait en une phrase visuelle via la grammaire SR-RCC8 décrite précédemment. Imaginons maintenant que cet extrait soit accompagné de la phrase suivante :

[L'épave du Morania 130] gît au fond du [lac Erie].

(4.35)

La carte est composée de deux objets : et , accompagnés de leurs légendes. Nous avons ces deux mêmes objets, géolocalisés et ainsi donc écrits entre crochets, dans le texte en langage contrôlé : « [L'épave du Morania 130] » et « [lac Erie] ». Il s'avère que et « [lac Erie] » sont deux entités coréférentielles avec comme référent commun le lac Erie, situé entre le Canada et les États-Unis. De la même façon, « [L'épave du Morania 130] » et possèdent tous deux un référent commun : l'épave du Morania #130, une barge qui opérait sur les Grands Lacs d'Amérique du Nord, avant de couler le 29 octobre 1951 dans le lac Erie.

Afin de décrire l'extrait de carte en SR-RCC8, les figures atomiques et ainsi que leurs légendes sont considérées comme des s-items terminaux. Nous appelons λ –comme dans « lexical »– le r-item permettant de faire le lien entre entité visuelle et légende. Ainsi, on peut voir dans la figure 4.12, en bas à gauche, la syntaxe d'une phrase visuelle. Nous pouvons ajouter à cet arbre des informations contenues dans la carte électronique, bien qu'elles ne soient pas visibles, comme le type de chaque objet (ici, Wreck et Lake) ainsi que les coordonnées géographiques correspondantes. Si l'on extrait la sémantique de l'arbre syntaxique, on obtient une formule en logique du premier ordre qu'il est possible de voir dans l'arbre (cf. figure 4.12) :

$$\text{Wreck}(\text{⊕}) \wedge \text{Lake}(\text{⊗}) \wedge \text{NTPP}(\text{⊕}, \text{⊗}) \\ \wedge \lambda(\text{⊗}, \text{« Lac Erie »}) \wedge \lambda(\text{⊕}, \text{« Morania 130 »}). \quad (4.36)$$

La phrase textuelle « [L'épave du Morania 130] gît au fond du [lac Erie] » quant à elle est représentée par l'arbre syntaxique en bas à droite de la figure 4.12. Soient M et E des constantes logiques correspondant respectivement à la sémantique

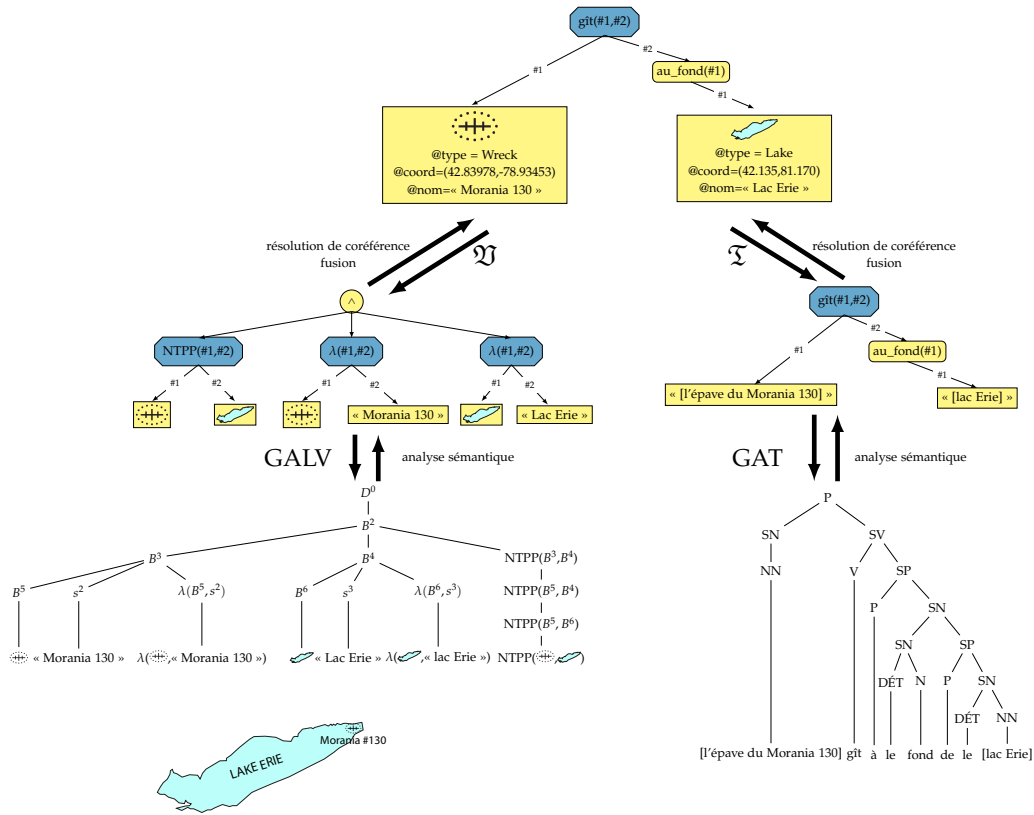




Figure 4.12 — Surface, syntaxe et sémantique de la phrase en langage hybride (4.35) – GALV : Génération Automatique du Langage Visuel

des entités géolocalisées « [l'épave du Morania 130] » et « [Lac Erie] », alors la sémantique de la phrase textuelle est la suivante :


$$g\hat{t}t(M, au_fond(E)) \quad (4.37)$$

où $g\hat{t}t$ est un prédicat binaire et où au_fond est une fonction unaire.

Une étape de résolution de corréférences permet d'identifier  et E comme étant corréfents, il en va de même pour  et M ; à la suite de quoi, il nous est possible de fusionner les deux formules logiques (4.36) et (4.37) en une seule formule en logique du premier ordre comprenant les objets et attributs (cf. partie supérieure de l'arbre syntaxique de la figure 4.12).

L'exemple de la phrase hybride (4.35) permet de mettre en évidence les informations véhiculées par chaque mode :

- la phrase visuelle fournit des informations sur les objets telles que :
- leurs coordonnées ,

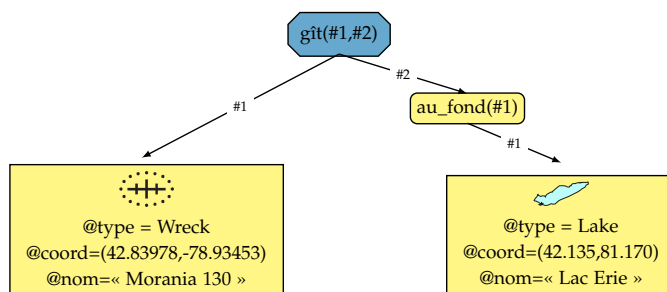
- leur taille,
- leur forme ;
- *la phrase textuelle* procure des informations non visibles dans la phrase visuelle comme le fait que l'épave du Morania 130 gît *au fond* du lac Erie, ce que la phrase visuelle ne montre que partiellement via le symbole  qui signifie en réalité « épave immergée », ce qui ne nous indique pas aussi précisément sa position que « gît *au fond* du Lac Erie ». La phrase textuelle apporte ainsi des informations qui ne sont pas disponibles dans la carte et offre une plus grande richesse sémantique sur certains éléments comme nous venons de le mettre en évidence.

Ceci étant, il est tout à fait possible de répartir l'information entre les deux modes lorsqu'on décide de commencer par la formule en logique du premier ordre au sommet de la figure 4.12, en veillant à conserver une certaine redondance dans la coréférence entre entités afin de permettre une lecture multiple à un lecteur humain.

Nous allons maintenant analyser le fonctionnement du graphe de la base de connaissances, notamment les méthodes de fusion dans la KB des formules obtenues depuis les phrases textuelle et visuelle.

4.4.2 Le graphe de la base de connaissances

Toujours dans la figure 4.12, on peut remarquer, dans la partie supérieure, un exemple de représentation graphique d'une formule en logique du premier ordre où les prédicats binaires faisant le lien entre un objet et une propriété (type, coordonnées, référence lexicale) sont exprimés sous la forme d'attributs (*cf.* figure 4.13). Cette représentation est un arbre orienté dont la racine est le prédicat binaire *gît*, les arêtes sortantes de ce prédicat étant ses deux arguments.



Le nœud intermédiaire au_fond désigne une fonction tandis que les deux feuilles sont des constantes représentant les différentes entités géolocalisées.

La syntaxe d'une formule logique – ou d'une base de connaissances considérée comme étant une conjonction de plusieurs formules logiques – est normalement représentée par un arbre ; un problème apparaît néanmoins dans la mesure où, dans cet arbre, chaque occurrence d'une constante représentant une même entité géolocalisée est un nœud *séparé*. La solution est de fusionner les nœuds correspondant aux mêmes entités géolocalisées : cette opération permet d'obtenir un graphe bien plus synthétique, mais qui perd au passage son acyclicité. Ensuite, considérant que la conjonction est une opération standard subsumée par les composants connexes du graphe, les nœuds de haut niveau de l'opérateur de conjonction \wedge peuvent être supprimés.

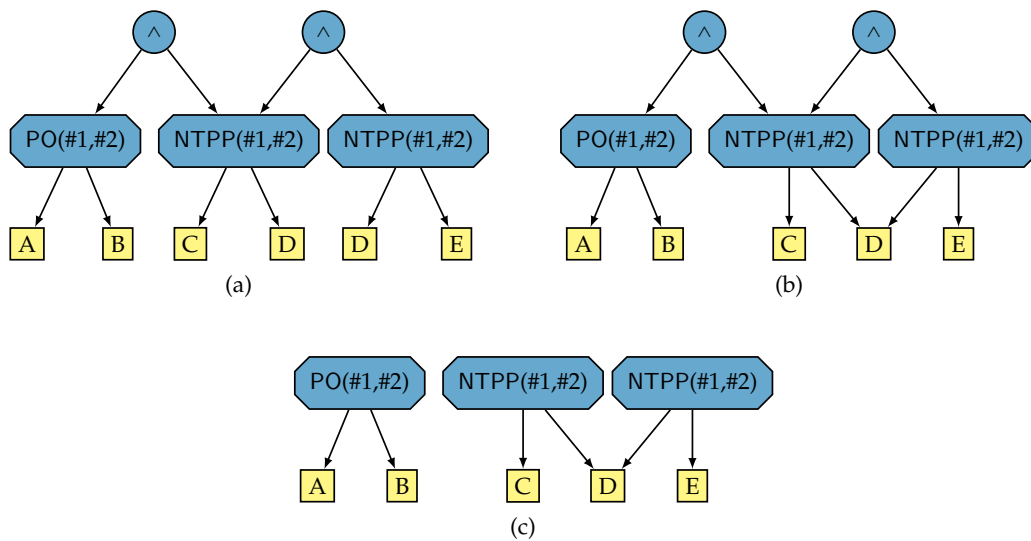
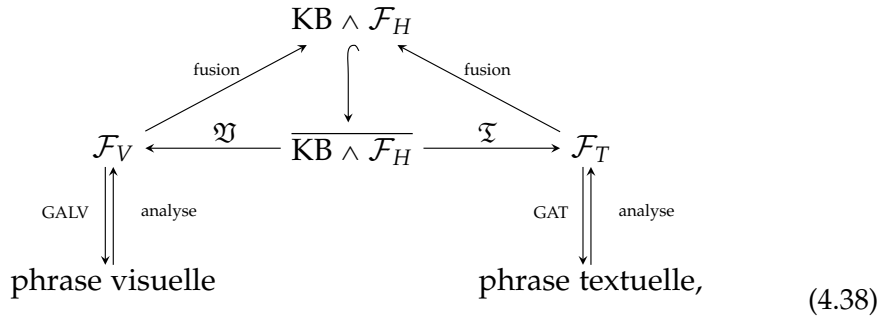


Figure 4.14 — De la conjonction des formules logiques $PO(A,B) \wedge NTPP(C,D) \wedge NTPP(D,E)$ au graphe de la KB, en deux étapes. (a) : la formule originale, (b) : la fusion des feuilles symbolisant les mêmes constantes, (c) : la suppression des opérateurs de conjonction.

Dans la figure 4.14 est présenté un exemple de la conversion d'une conjonction de formules logiques en un graphe de la base de connaissances tel qu'il existe dans le système INAUT.

4.4.3 Les principes d'un LCH

Pour illustrer les principes d'un *Langage Contrôlé Hybride* il est possible d'utiliser le diagramme suivant :



où :

- KB est une base de connaissances du domaine,
- \mathcal{F}_H est une formule logique qui contient à la fois l'information *et* la connaissance couvrant les modes textuels et visuels,
- $\overline{\text{KB} \wedge \mathcal{F}_H}$ est la fermeture* inférentielle de KB et \mathcal{F}_H ,
- \mathcal{F}_V est une formule logique symbolisant la sémantique de la phrase visuelle,
- \mathcal{F}_T est une formule logique symbolisant la sémantique de la phrase textuelle,
- \mathcal{V} et \mathcal{T} sont des applications de filtrage qui fournissent parallèlement le contenu de la phrase visuelle et de la phrase textuelle,
- « analyse » correspond à l'obtention de la sémantique via l'approche bottom-up synthétique du traitement des attributs sémantiques de l'arbre syntaxique,
- et comme nous le réitérons par souci de clarté, « GAT » désigne la Génération Automatique de Textes et « GALV » la Génération Automatique de Langage Visuel.

Nous verrons plus tard (cf. section 5.1.2) que la structure pyramidale de l'architecture du LCH peut être comparé à d'autres formalismes ayant la capacité de produire plusieurs syntaxes ou grammaires simultanément pour un même langage.

4.5 Fonctionnements du LCH

4.5.1 Les cartes et leurs textes compagnons : des propositions formulées en LCH

Un plan géographique est une représentation de certains fragments de la surface de la Terre (qu'il s'agisse de terre, de mer ou des deux). Il utilise différents types d'éléments dont certains imitent les entités géographiques, comme une ligne de côte ou encore la forme d'une agglomération, d'autres encore possèdent une forme symbolique à laquelle est rattachée une sémantique spécifique comme c'est le cas pour les symboles représentant les phares ou les épaves. Cette typologie est à rapprocher des trois types de signe définis par Peirce [150] : l'indice est un signe qui possède une relation de métonymie avec l'objet qu'il désigne, le signe *iconique* est un signe faisant référence à un objet de par une similarité qualitative ou une ressemblance réelle, comme c'est le cas pour le trait de côte. Enfin, le symbole est un signe qui fait référence à un objet selon une association d'idées ou une règle collectivement admise. Ces deux caractéristiques, à la fois iconiques et symboliques, peuvent même être combinées ; ainsi, le trait représentant, par exemple, une autoroute imite certaines caractéristiques d'un référent « autoroute » et possède une forme (épaisseur de trait, lignes parallèles, etc.) qui véhicule des traits sémantiques spécifiques permettant de le distinguer des autres traits symbolisant des routes. Enfin, une légende peut être ajoutée pour faciliter la lecture ; elle présente les différents symboles et la sémantique correspondante.

Lorsqu'un Langage Contrôlé Hybride est matérialisé par des cartes avec leurs textes compagnons, les deux modes en présence partagent les types et les objets. Les relations entre les différents objets peuvent être celles de la logique topologique mais il peut aussi s'agir de relations d'une autre nature ; par exemple, l'entrée et la sortie d'un chenal sont liées dans la mesure où elles appartiennent au même chenal, sans plus de précision. En ce qui concerne les attributs, ils peuvent être de types très variés, cependant deux attributs reviennent en permanence :

- coord qui contient les coordonnées du référent ;
- nom qui contient la lexicalisation du référent dans un langage donné.

Les *s-items* sont des éléments visuels de différents types. Selon Schlichtmann [179], il existe une taxonomie des entités visuelles présentée dans le tableau 4.4 : l'information sur la localisation (*locational information*) est une information à propos d'une localisation précise (un point dans l'espace) tandis que l'information de fond (*substantive information*) fournit des formes convoyant une sémantique ; ces dernières peuvent être des reproductions à échelle réduite d'entités du monde

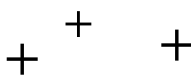
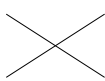

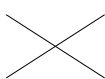



Expressions Contents (information)		Spatial characteristics		Non-spatial characteristics
Locational information	Plan information			
Substantive information				
	Plan-free information			

Table 4.4 — Taxonomie des éléments visuels que l'on peut rencontrer dans une carte selon [179, page 24] cité par [76, page 247]

réel (*plan information*) ou peuvent simplement être symboliques (*plan-free information*). Dans le cas de formes symboliques, il est toujours permis d'utiliser différents paramètres portant du sens tels que la forme, la taille, la couleur, la texture, la teinte ou encore l'orientation [19].

En ce qui concerne les *r-items*, ces derniers permettent de lier les objets de la carte entre eux dans le but d'encoder leurs propriétés essentielles et ainsi d'éviter des incohérences dans l'affichage de la carte ; par exemple, cela permet d'éviter une incohérence comme l'affichage d'une entrée d'un chenal sans l'affichage de sa sortie. Comme à l'accoutumée, une phrase visuelle consiste en un ensemble de s-items et de r-items faisant usage des s-items. Il est important de noter que dans le cas des cartes électroniques, puisque les coordonnées géographiques de chaque instance visibles dans la carte sont incluses dans la KB sous la forme des attributs *coord*, la position précise de la représentation de ces instances est obtenue par conversion des coordonnées géographiques en un système de coordonnées utilisé par la carte électronique. Par conséquent nous disposons aussi bien d'une information spatiale quantitative composée des coordonnées des formes représentées par des polygones fermées, que d'une information qualitative fondée sur le RCC8.

4.5.2 Application du LCH aux *Instructions nautiques* et ENC

Nous avons passé en revue le fonctionnement d'un LCH s'appliquant à un document hybride composé de cartes électroniques et de leurs textes compagnons.

Nous allons maintenant analyser un paragraphe des IN afin d'illustrer nos propos.

4.5.2.1 Exemple d'un paragraphe en INAUT

Dans la figure 4.15, un fragment du graphe de la base de connaissances est représenté⁵. Ce fragment correspond au paragraphe 2.2.4 du volume D2.1 des *Instructions nautiques* ainsi qu'à une partie de la carte FR57003C du SHOM. Pour envoyer à la KB les données concernées, il faut entrer un texte en INAUT tout en sélectionnant dans l'ENC les régions notées entre crochets dans le texte :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne]. La [baie de Banyuls] est limitée à l'Est par l'[île Grosse]. L'[île Grosse] est rattachée à la côte par un terre-plein. La [baie de Banyuls] est divisée en deux parties par l'[île Petite] : à l'Ouest l'[anse de la Ville] et à l'Est l'[anse de Fontaulé]. L'[île Petite] est reliée au rivage par un terre-plein. L'[anse de la Ville] est bordée par une plage. La plage est dominée par l'agglomération. L'[anse de Fontaulé] abrite le port. La [baie de Banyuls] possède deux mouillages. Le premier mouillage est localisé au NE du [Cap d'Osne]. Le premier mouillage a une profondeur de 20 mètres. Le premier mouillage est de type sable et gravier. Le premier mouillage a une mauvaise tenue. Le deuxième mouillage est localisé à l'ouvert de l'[Anse de la Ville]. Le deuxième mouillage a une profondeur de 5 à 6 mètres. Le deuxième mouillage est protégé des vents de Nord. Le deuxième mouillage est protégé des vents de Nord-Ouest. Le deuxième mouillage est intenable par vents d'Est.

De toutes évidences, le texte en INAUT contient de très nombreuses répétitions, notamment sur les mouillages à la fin du texte, ainsi que de nombreux cas de reprise de l'objet d'une phrase en tant que sujet de la suivante. Pour améliorer ce détail, lors de la génération de textes en INAUT depuis la base de connaissances, le texte de sortie basé sur le même sous-graphe de la base de connaissances prend une forme plus lisible en LitINAUT (cf. section 3.4) :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] et à l'Est par l'[île Grosse] rattachée à la côte par un terre-plein. Elle est divisée en deux parties par l'[île Petite] reliée au rivage par un terre-plein : à l'Ouest l'[anse de la Ville] bordée par une plage dominée par l'agglomération et à l'Est l'[anse de Fontaulé] qui abrite le port. La [baie de Banyuls] possède deux mouillages : le premier a une profondeur de 20 mètres, il est de type sable

5. Afin de faciliter la lecture, les attributs coord ne sont pas affichés et les identifiants des nœuds correspondent en réalité à la valeur de l'attribut nom de chaque nœud.

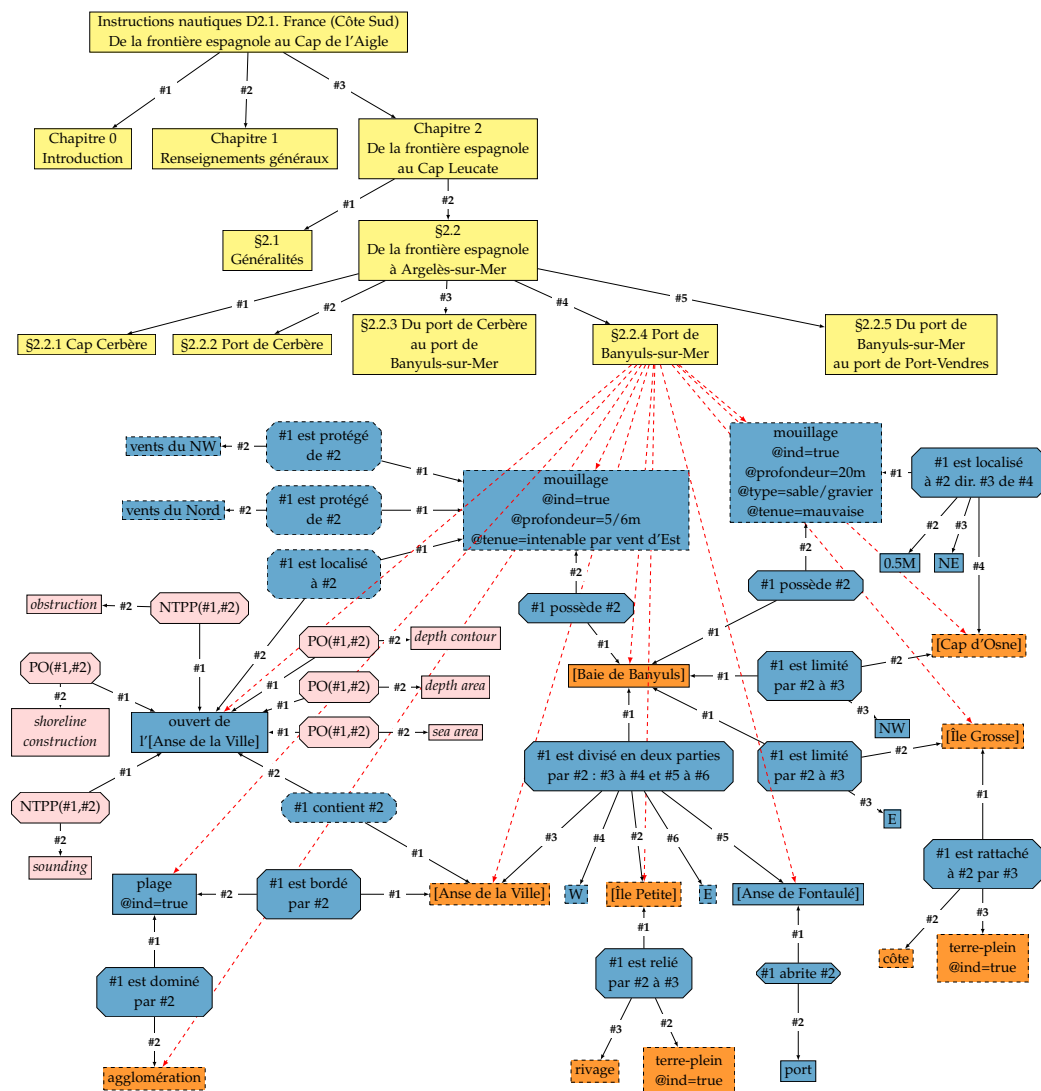


Figure 4.15 — Fragment de la KB – Les nœuds **en bleu** apparaissent uniquement dans le texte, nœuds **en rose** uniquement dans la carte et les nœuds **en orange** apparaissent dans le texte *et* dans la carte. Les nœuds **en jaune** représentent la structure hiérarchique du document. Ils sont connectés (flèches rouges en pointillé) aux prédicats appartenant à la même section. Les attributs sont affichés dans les nœuds représentant des objets.

et gravier, et a une mauvaise tenue; le deuxième est localisé à l'ouvert de l'[Anse de la Ville], il a une profondeur de 5 à 6 mètres, il est protégé de vents de Nord et de Nord-Ouest, mais est intenable par vents d'Est.

4.5.2.2 Structure d'INAUT

Afin de décrire INAUT comme un Langage Contrôlé Hybride, il nous faut décrire sa structure à travers ses types, objets, attributs, relations, références visuelles et lexicales ainsi qu'au travers des grammaires textuelle et visuelle.

Les types Il y a deux sortes de type utilisés en INAUT : ceux de la norme S-57 [144] et ceux reflétant la structure hiérarchique des *Instructions nautiques*.

— **Les types de la norme S-57**

La norme S-57 est principalement employée pour les ENC. Elle contient un modèle de données abstrait établi sur les objets et relations. Les objets peuvent posséder des attributs ainsi qu'être géolocalisés grâce à l'utilisation de trois primitives géographiques : les points, les lignes et les aires.

Prenons un exemple. L'objet *Wreck* (dont la catégorie est *WRECKS* dans la norme) est défini comme étant « les restes en ruines d'un navire échoué ou submergé qui a été rendu inutile »⁶ dans le dictionnaire hydrographique de l'OHI [143] et possède 19 attributs tels que :

— CATWRK qui définit la catégorie de l'épave :

1. « épave de brassiage* inconnu »
2. « épave de brassiage inconnu, considérée potentiellement dangereuse pour des navires de surface »
3. « débris d'épave »
4. « épave dont seul(s) le(s) mât(s) est (sont) visible(s) à basse mer »
5. « épave dont une partie de la coque ou des superstructures* sont visibles à basse mer ».

— SCAMIN, représenté par un entier ≥ 1 , qui définit l'échelle minimale à laquelle un objet peut être utilisé pour un affichage sur ECDIS.

Les objets S-57 sont inclus dans l'ensemble des types d'INAUT. Leurs références lexicales sont des traductions types de leur nom officiel (anglais) en français. Les références visuelles quant à elles sont les symboles de l'ouvrage référent [2] ; ainsi, pour le concept *Wreck*, les instances correspondront à différents symboles en fonction de la valeur de l'attribut CATWRK comme on peut le constater dans le tableau 4.5.

— **Les types de la structure hiérarchique des IN**

Tous les volumes des *Instructions nautiques* possèdent une structure hiérarchique-type [125, 126] (cf. Annexe G). Chaque volume commence avec un

6. "The ruined remains of a stranded or sunken vessel which has been rendered useless."


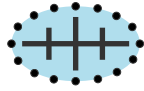



Catégorie	Définition	Symbole	Référence
1	épave de brassiage inconnu		K29
2	épave de brassiage inconnu, considérée potentiellement dangereuse pour des navires de surface		K28
3	débris d'épave		K31
4	épave dont seul(s) le(s) mât(s) est (sont) visible(s) à basse mer		K25
5	épave dont une partie de la coque ou des superstructures sont visibles à basse mer		K24

Table 4.5 — Les différents symboles du concept *Wreck* en fonction de son attribut CATWRK

chapitre 0 intitulé « Introduction » suivi d'un chapitre 1 « Renseignements généraux », puis viennent les chapitres correspondant à de larges portions de côte couvertes par le volume. Les chapitres sont divisés en sections, elles-mêmes divisées en sous-sections, couvrant les différentes zones imbriquées de la côte. Enfin, chaque sous-section est divisée en paragraphes intitulés « Généralités », « Atterrissage », « Mouillages », etc (cf. figure 4.16).

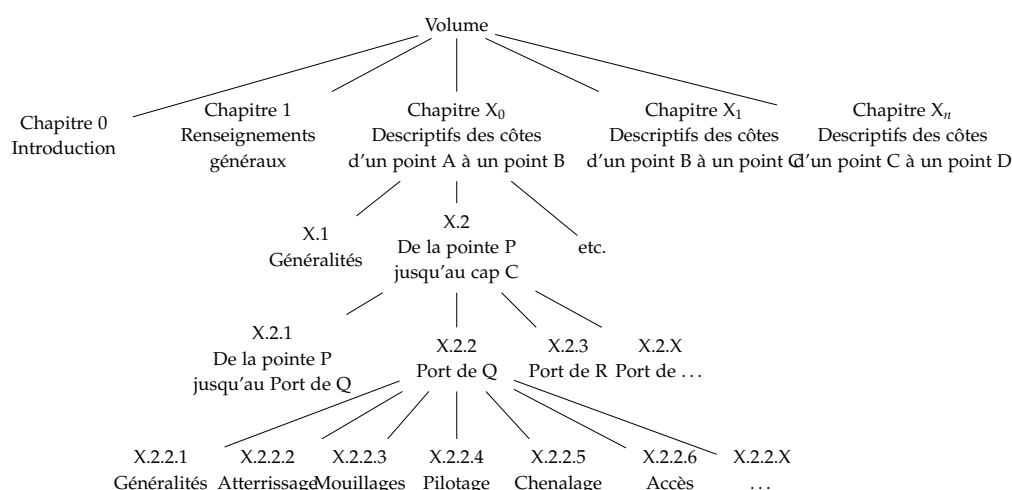






Figure 4.16 — Structure hiérarchique type d'un volume des *Instructions nautiques*

Lorsqu'un nouveau volume des IN (ou des extraits) est généré, il est essentiel de savoir à quelle sous-section appartient chaque instance textuelle (*cf.* section 4.6.2). C'est pour cette raison que les types *Volume*, *Chapter*, *Section* et *Subsection* sont introduits dans notre système, les objets de ces types correspondent à des divisions de la structure hiérarchique d'un volume. Enfin, pour des raisons identiques, le type *Map* est ajouté : ses objets sont employés pour désigner l'ENC à laquelle sont rattachées les différentes instances visuelles.

Les objets, attributs et relations La plupart des objets des types S-57 fait référence à des objets du monde réel. À partir de leur attribut *nom*, il nous est permis d'obtenir les références lexicales telles qu'utilisées dans le texte ou dans la carte. Lors de la phase de GAT, les attributs deviennent des adjectifs ou des propositions subordonnées. Les références lexicales des relations en INAUT sont, quant à elles, habituellement des verbes parfois accompagnés de prépositions ou autres mots grammaticaux.

Dans le cas d'une génération d'image, les symboles peuvent être modifiés en fonction de la valeur de certains attributs. Ainsi, une épave submergée sera représentée par le symbole  alors qu'une épave dont la coque est visible sera représentée par le symbole , la différence entre les deux étant stockée en tant que valeur d'un attribut *CATWRK*. Le symbole , peut aussi apparaître sans être entouré, ce qui fait que  devient une sorte d'adjectif s'appliquant au nom *+++*.

La grammaire visuelle Nous ne reviendrons pas sur la grammaire textuelle de notre LCH dans la mesure où elle demeure inchangée vis-à-vis de la première étape de création de notre langage contrôlé, à ce moment-là, toujours unimodal (*cf.* section 3.3.3), afin de faire un petit récapitulatif sur le fonctionnement de la grammaire visuelle d'INAUT.

Comme nous l'avons expliqué précédemment (*cf.* section 4.3.2), la grammaire visuelle d'INAUT est une grammaire SR où les s-items sont des objets des ENC et sont, par conséquent, extraits de la norme S-57. Les r-items suivent le RCC8 mais incluent en outre des références lexicales, des coordonnées et d'autres relations fondées sur l'ensemble des relations fourni par la norme S-57.

4.5.2.3 Complémentarité entre représentations textuelles et visuelles

Les langages hybrides ont en commun la possibilité de partager de l'information entre leurs multiples modes et possèdent des propriétés d'interaction intermo-

dale, INAUT s'aligne sur ces capacités mais se distingue grâce à une propriété intéressante. En effet, il existe souvent une complémentarité entre l'information textuelle et l'information visuelle due à la différence entre l'intention et le point de vue de l'agent. Prenons par exemple la phrase

La plage est dominée par l'agglomération.

Le verbe « dominer » ici ne doit pas être compris comme une relation graphique dans la carte entre les objets « agglomération » et « plage », mais comme une *relation visuelle* entre deux référents du monde réel dans le paysage tel qu'observé par un navire pénétrant dans la baie de Banyuls. Ainsi donc, une grande partie des descriptions de paysages dans les *Instructions nautiques* a pour fonction d'être *une aide aux usagers de la mer leur permettant de localiser visuellement leur position*. La figure 4.17 illustre comment l'information fournie par la phrase donnée en exemple reflète la réalité.

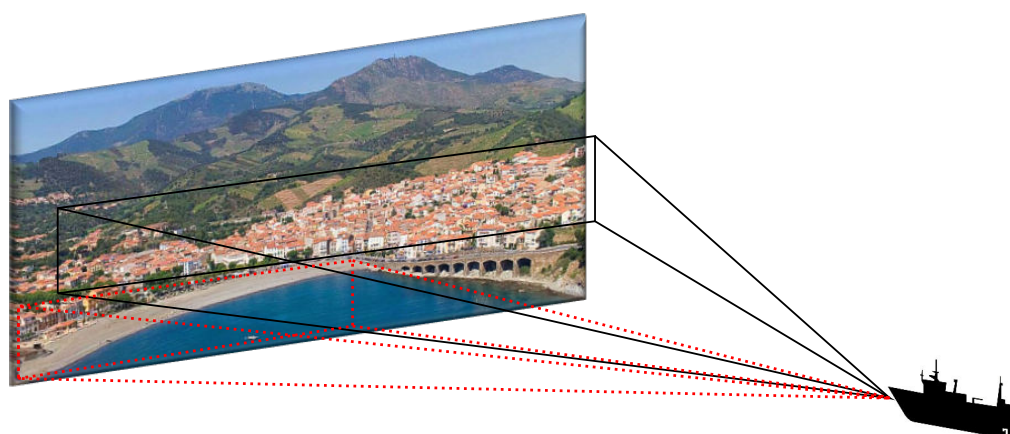


Figure 4.17 — Intention de la phrase « La plage est dominée par l'agglomération. » illustrée comme une description du paysage depuis le point de vue d'un navire approchant la baie de Banyuls

Maintenant que notre LCH est défini et prend en compte les deux modes de nos documents hybrides, nous pouvons présenter les différentes opérations réalisables par/via le LCH dans la section suivante.

4.6 Les opérations du Langage Contrôlé

Parmi les différentes opérations que permet de réaliser un langage contrôlé, trois nous semblent indispensables dans le système INAUT :

- la possibilité d'effectuer des mises à jour collaboratives ;
- la Génération Automatique de Textes INAUT ;
- et enfin les diverses interactions entre texte et ENC.

Ce sont ces trois types d'opération qui seront exposés dans cette section, faisant surtout la part belle à la GAT.

4.6.1 Mises à jour collaboratives

La KB du SHOM se doit d'être constamment à jour pour des raisons évidentes de sécurité. Ainsi, un usager du système ne peut se permettre, par exemple, aucun doute concernant la présence d'un objet dangereux. Pour éviter ce genre de situations, INAUT doit être un outil autorisant une mise à jour collaborative. Il a effectivement été conçu comme le compromis optimal entre :

- facilité d'utilisation (puisque les rédacteurs des *Instructions nautiques* ne sont pas nécessairement des experts dans le formalisme des ontologies, les bases de connaissances et la gestion de la connaissance) ;
- formalité et précision (la base de connaissances sera directement enrichie par les données d'entrée en INAUT).

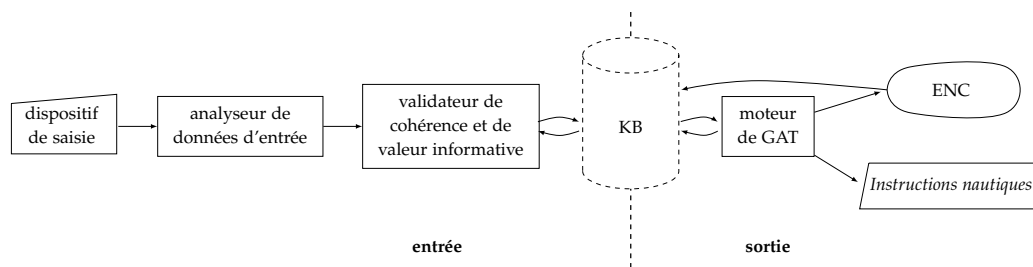


Figure 4.18 — Architecture du système de la base de connaissances du SHOM

Afin d'assurer un système aussi robuste que possible, deux niveaux de validation sont proposés (cf. figure 4.18) :

- au niveau syntaxique et lexical : une interface analysera les segments rédigés en INAUT et les validera s'ils sont corrects, dans le cas contraire, des éléments facilitant la correction seront proposés à l'utilisateur (quel élément n'appartient pas au vocabulaire contrôlé, quelles sont les erreurs de syntaxe) ;
- au niveau sémantique : un contrôleur humain surveillera les données INAUT entrées afin de les valider ou non. En fonction du niveau de confiance de l'utilisateur (simple usager, expert, etc.) les données pourront être automatiquement validées afin d'enrichir la KB ou elles seront stockées dans une liste d'attente le temps que le contrôleur humain valide manuellement.

4.6.2 Génération automatique textuelle en INAUT et LitINAUT

INAUT est capable de générer des volumes entiers des IN mais aussi de petits paragraphes de texte à afficher dans l'interface de visualisation des ENC [178].

Nous avons vu précédemment (cf. section 1.1.2.1) comment est constituée l'architecture traditionnelle d'un système de GAT (cf. figure 1.2) : dans la mesure où certaines tâches de cette architecture ne sont pas nécessaires dans notre système, c'est la tâche de détermination du contenu (*content determination*) du module *Document Planner* ainsi que les tâches constitutives du module *Microplanner* que nous allons expliquer maintenant sans cependant aborder toutes les subtilités qui ne constituent pas le cœur du projet.

4.6.2.1 Détermination du contenu

La base de connaissances étant un graphe, le problème de détermination du contenu est un problème de sélection du sous-graphe approprié dans la KB selon trois critères : la géolocalisation, la structure hiérarchique et une fermeture basée sur les prédicats.

Il y a effectivement plusieurs façons d'initier un processus de GAT avec INAUT :

- soit en sélectionnant un nœud de la structure hiérarchique dans la base de connaissances (au cas où un usager souhaiterait générer un fragment d'un volume des *Instructions nautiques*) ;
- soit en sélectionnant un ou plusieurs objets sur la carte en traçant une zone sur la carte dans l'interface graphique.

Dans tous les cas d'initiation du processus, nous obtenons un premier ensemble de nœuds géolocalisés. À partir de l'ensemble susmentionné, l'algorithme 1 calcule la *fermeture transitive basée sur les prédicats du sous-graphe* et retourne un sous-graphe qui va pouvoir servir de contenu pour la GAT.

Nous utilisons les notations suivantes dans l'algorithme :

- \mathcal{N} est l'ensemble des nœuds correspondant aux constantes logiques ;
- \mathcal{P} est l'ensemble des nœuds contenant des prédicats et si $P(X, Y)$ est un prédicat binaire, l'ensemble de ses arguments $\{X, Y\}$ est noté $\text{Args}(P)$ et, pour chaque $A \in \text{Args}(P)$, $\text{edge}_P(A)$ est l'arête connectant P à A dans le graphe ;
- $\text{Branch}(v)$ (où v est un sommet) est le sous-graphe induit de tous les descendants dirigés de v (inclus) et des arêtes les connectant entre eux (ce qui s'avère utile pour des fonctions logiques).

Input: $X \subset \mathcal{N}$ l'ensemble des nœuds initialement sélectionnés
Result: Le sous-graphe $G = (V, E)$ qui sera utilisé pour la génération de textes
 $P \leftarrow \emptyset, V \leftarrow \emptyset, E \leftarrow \emptyset;$
 $P \leftarrow \emptyset, V \leftarrow \emptyset, E \leftarrow \emptyset;$
for $X \in X$ **do**
 for $P \in \{P \in \mathcal{P} \mid (X \in \text{Args}(P)) \vee (f_1 \circ \dots \circ f_i(\dots, X, \dots) \in \text{Args}(P))\}$ **do**
 $P \leftarrow P \cup \{P\};$
 end
end
 $V \leftarrow V \cup P;$
for $P \in P$ **do**
 for $A \in \text{Args}(P)$ **do**
 if A est une fonction logique **then**
 $G \leftarrow G \cup \{\text{Branch}(A)\}$
 else
 $V \leftarrow A;$
 end
 $E \leftarrow E \cup \{\text{edge}_P(A)\};$
 end
end

Algorithme 1: Algorithme de détermination de contenu (*content determination*)

Enfin, l'algorithme peut être décrit de la façon suivante :

1. à partir de l'ensemble X des nœuds initialement sélectionnés, on obtient l'ensemble P des prédicats impliquant des nœuds initiaux, soit directement, soit dans un terme ;
2. les arguments de P sont connectés à leurs arguments (si un argument est une fonction alors la branche dirigée sous elle est retournée dans son entier) ; cela signifie donc que l'on obtient tous les prédicats connectés au nœud initial et, par la suite, tous les nœuds connectés aux prédicats ; c'est la raison pour laquelle nous appelons cette étape la *fermeture basée sur les prédicats* du sous-graphe.

4.6.2.2 Structure du document, agrégation et réalisation linguistique

Cette étape de la GAT est assez délicate puisqu'elle traite de la linéarisation d'un fragment du graphe de la KB, autrement dit, cette étape doit fournir les mots de la phrase ainsi que l'ordre dans lequel les phrases d'un paragraphe doivent être affichées.

Avant de rentrer dans le vif du sujet, il est important de rappeler l'existence d'un fil directeur géographique implicite (ou *guiding path*, cf. figure 4.19) dans la structure hiérarchique du document. Effectivement, dans chaque volume des IN, les sections décrivent des fragments de côtes ordonnés selon une certaine direction créant une sorte de chemin directeur.

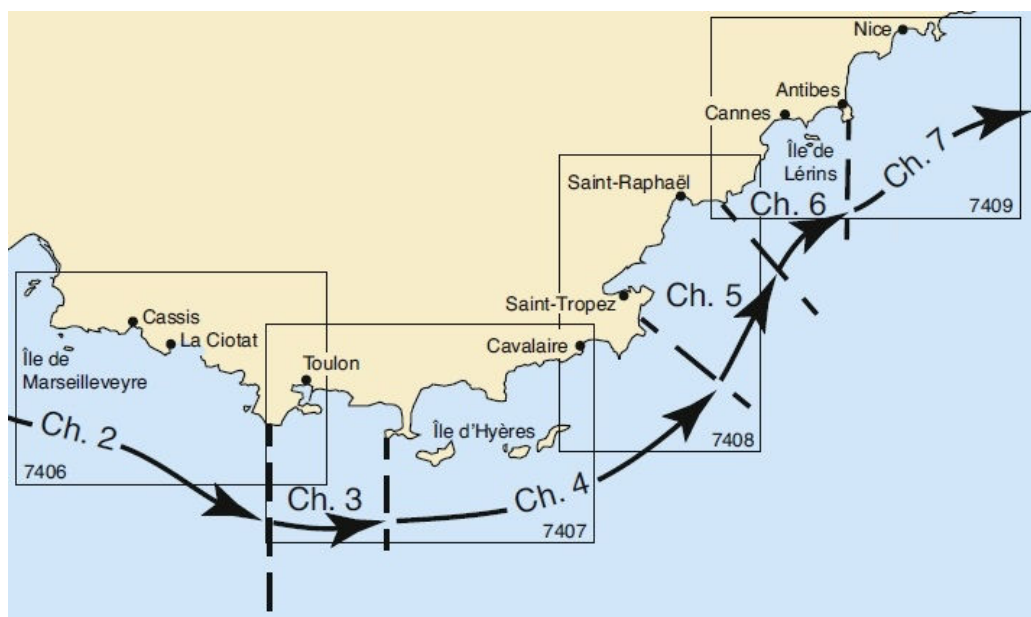


Figure 4.19 — Du Cap Croisette à la frontière espagnole. Fil directeur d'un volume des IN.

Soit G un sous-graphe de la KB obtenu grâce à l'algorithme 1 (page 133). La tâche de structuration du document (*document structuring*) est subdivisée en quatre sous-tâches :

1. trier les composantes connexes G_i de G ;
2. trouver un nœud de départ S pour chaque composante ;
3. établir le fractionnement et l'ordre des phrases ;
4. convertir les relations en INAUT.

Sous-tâche 1 : Trier les composantes connexes de G . Les critères de tri des composantes connexes sont les suivants :

- a) lors d'une différence *significative* de taille entre les aires géographiques cumulées de deux composantes, la plus importante sera placée avant la plus petite ;

- b) autrement, le barycentre des aires géographiques cumulées de deux composantes doit être calculé permettant ainsi de créer un chemin défini par les barycentres. Le chemin ainsi reconstitué doit être approximativement parallèle au fil directeur du volume.

Sous-tâche 2 : Trouver un nœud de départ S pour chaque composante. Deux cas se présentent à nous dans cette sous-tâche : celui d'une génération initiée par la sélection d'un objet de la carte et celui d'une génération complète des IN.

Dans le cas d'une génération initiée par la sélection d'un objet, la récupération du nœud de départ S est triviale puisqu'il correspond au nœud de l'objet cartographique sélectionné par l'utilisateur.

Dans le cas d'une génération des *Instructions nautiques*, S correspond au nœud le mieux classé dans le classement des nœuds G établi selon quatre critères.

1. Le premier critère de sélection de S réside dans la similarité entre la représentation lexicale des nœuds $X \in G$ avec les nœuds de la structure hiérarchique du volume. Par exemple, dans la figure 4.15, la référence lexicale de la section §2.2.4 contient la chaîne de caractères « Port de Banyuls-sur-Mer », le nœud X ayant pour référence lexicale « [Baie de Banyuls] » est, d'un point de vue lexical, le plus proche.
2. Le second critère peut être celui du degré des nœuds (les nœuds des objets géographiques sont connectés via des prédicats [ou parfois via des fonctions] et il est fort probable que le nœud possédant le plus de relations soit le nœud le plus important d'une zone géographique donnée).
3. Les nœuds apparaissant dans les deux modes (ENC et *Instructions nautiques*) sont considérés comme plus importants que ceux n'apparaissant que dans un des deux modes.
4. Enfin, le dernier critère prend en compte la sémantique et notamment l'« intérêt » du navigateur : un classement est établi entre les concepts auxquels les instances de G appartiennent, ainsi une instance de Port sera plus intéressante pour le navigateur qu'une instance de Plage. Pour certaines relations, ce poids est hérité du voisinage du nœud : une baie contenant un port est plus intéressante qu'une baie renfermant simplement une plage, etc. Ce dernier critère permet l'utilisation d'algorithmes fonctionnant sur les mêmes principes que le PageRank⁷ pour trouver le nœud le plus important dans un sous-graphe.

7. Le PageRank est un algorithme dont le principe de base est assez simple : il va considérer qu'un sommet est important quand il a des voisins *eux-mêmes importants*. C'est une mesure récurrente et pour la calculer au niveau du Web, on utilise la méthode suivante : un robot parcourt

La prise en compte de ces divers critères nous permet donc d'établir un classement des nœuds et par conséquent de trouver le nœud de départ *S*.

Sous-tâche 3 : Établir le fractionnement et l'ordre des phrases. Si l'on considère que *G* fournit un paragraphe en INAUT via la GAT, il nous faut cependant diviser le texte en un ensemble de phrases ordonnées, ce qui nous confronte à deux complications :

- a) comment délimiter les phrases ;
- b) comment les ordonner.

Effectivement, en ce qui concerne la délimitation des phrases, il est nécessaire de parvenir à un compromis entre la construction de longues phrases complexes comprenant un grand nombre de propositions subordonnées – qui correspondent à des relations de distance 3 et des nœuds de distance 4 du nœud de départ de la phrase – et le découpage du paragraphe en multiples petites phrases comprenant des noms coréférents éloignés les uns des autres.

Pour résoudre b), un classement des relations pour un type d'instances donné a été établi ; ainsi, si l'on compare les relations « est limité », « est divisé » et « possède » appliquées à une zone, le classement des trois relations sera le suivant : « est limité » > « est divisé » > « possède ». En effet, il paraît plus pertinent de délimiter en premier lieu un objet avant de décrire sa structure pour enfin lister les sous-objets qu'il contient. En conséquence, ce classement dépend de la nature des relations mais aussi du type des arguments de la relation : la relation « possède » appliquée à « mouillage » se classe avant la relation « possède » appliquée à « accès » puisque le SHOM a défini [126, §7.2] une hiérarchie type des IN où « mouillage » vient avant « accès » (cf. figure 4.16), signifiant, *a priori*, la plus grande importance de l'un par rapport à l'autre.

En ce qui concerne a), pour délimiter les phrases il faut appliquer une stratégie fondée sur la distance entre objets/relation et *S* à chaque fois qu'un objet de distance 2 appartient à une relation de distance 3 ou plus. Une fois de plus, il faut parvenir à un compromis entre la stratégie extrême d'inclure tous les objets de distance paire dans une seule phrase utilisant des propositions subordonnées :

La [Baie de Banyuls]₀ est divisée₁ en deux parties par l'Île Petite₂ qui est reliée₃ au rivage₄ par une terre-plein₄ : l'Anse de la Ville₂ qui est bordée₃ par une plage₄ dominée₅ par l'agglomération₆ et contient₃ l'ouvert₄ de l'Anse de la Ville

les pages et ajoute des points aux pages à travers lesquelles il passe. Plus une page accumule de points, plus elle est importante [171].

*où se trouve₅ un mouillage₆, à W₂, et l' [Anse de Fontaulé]₂ qui abrite₃ le port₄, à E₂,*⁸

et la stratégie tout aussi extrême de s'arrêter à la distance 2 et de placer tous les objets de distance 2 et leurs descendants dans une pile. Ces derniers peuvent alors être dépilés afin de générer de nouvelles phrases⁹ :

La [Baie de Banyuls]₀ est divisée₁ en deux parties par l' [Île Petite]₂ : l' [Anse de la Ville]₂ à W₂ et l' [Anse de Fontaulé]₂ à E₂. L' [Île Petite]₂ est reliée₃ au rivage₄ par un terre-plein₄. L' [Anse de la Ville]₂ est bordée₃ par une plage₄. La plage₄ est dominée₅ par l' agglomération₆. L' [Anse de la Ville]₂ contient₃ l' ouvert₄ de l' [Anse de la Ville]. L' ouvert₄ de l' [Anse de la Ville] contient₅ un mouillage₆.

Mais l' on peut adopter une stratégie intermédiaire, comme dans notre cas, où la construction de subordonnées est restreinte aux objets de distance 4 ne participant pas à d' autres relations :

La [Baie de Banyuls]₀ est divisée₁ en deux parties par l' [Île Petite]₂ *qui est reliée₃ au rivage₄ par un terre-plein₄* : l' [Anse de la Ville]₂ à W₂ et l' [Anse de Fontaulé]₂ *qui abrite₃ le port₄, à E₂*. L' [Anse de la ville]₂ est bordée₃ par une plage₄ *dominée₅ par l' agglomération₆*. L' [Anse de la ville]₂ contient₃ l' ouvert₄ de l' [Anse de la Ville] *où se trouve₅ un mouillage₆*.

Cette stratégie demeure néanmoins suboptimale puisque la relation « est divisée en deux parties par » implique une certaine symétrie entre les deux parties alors que cette symétrie (géographique) n' est syntaxiquement pas maintenue lorsqu' une subordonnée est utilisée avec seulement une des deux parties.

En réalité, définir le découpage idéal d' un paragraphe est un problème complexe qui repose à la fois sur la syntaxe, la sémantique, le style et les conventions utilisés dans le corpus. Il nous faut adopter une approche hybride combinant à la fois un classifieur¹⁰ à base de règles (comme celles qui viennent d' être présentées) et un processus d' apprentissage automatique (basé sur le corpus des *Instructions nautiques*).

Finalement, il convient de noter une chose intéressante concernant la voix verbale. En effet, la direction des chemins connectant S aux autres nœuds détermine dans la plupart des cas la diathèse utilisée dans la représentation tex-

8. Les indices indiquent la distance depuis S et l' italique les propositions subordonnées.

9. Cette stratégie ressemble globalement à un algorithme de parcours en profondeur.

10. Algorithme de classification automatique.

tuelle : le système considère qu'un changement de voix n'altère pas la sémantique. Par conséquent, aucune distinction n'est faite entre les deux phrases suivantes :

L'[Anse de la Ville] est bordée par une plage, dominée par l'agglomération.
L'agglomération domine une plage, qui borde l'[Anse de la Ville].

Bien que ces dernières soient sémantiquement équivalentes, elles diffèrent toutefois d'un point de vue stylistique ; la stratégie de découpage du paragraphe peut donc potentiellement prendre en compte la voix verbale comme une caractéristique du classifieur lors de son entraînement.

Sous-tâche 4 : Finaliser le texte généré. Cette dernière sous-tâche s'occupe principalement de la génération des expressions référentielles. Par exemple, le paragraphe suivant :

La [baie de Banyuls] possède deux mouillages. Le premier mouillage est localisé au NE du [Cap d'Osne], a une profondeur de 20 mètres, est de type sable et gravier et a une mauvaise tenue. Le deuxième mouillage est localisé à l'ouvert de l'[Anse de la Ville], a une profondeur de 5 à 6 mètres, est protégé des vents de Nord-Ouest et est intenable par vents d'Est,

devient

La [baie de Banyuls] possède deux mouillages :

1. localisé au NE du [Cap d'Osne], *il* a une profondeur de 20 mètres, est de type sable et gravier et a une mauvaise tenue ;
2. localisé à l'ouvert de l'[Anse de la Ville], *il* a une profondeur de 5 à 6 mètres, est protégé des vents de Nord-Ouest et est intenable par vents d'Est.

Dans le cas où trois (ou plus) objets similaires possèdent exactement les mêmes attributs, il est possible d'utiliser des tableaux, particulièrement quand les valeurs des attributs sont simples comme des chaînes numériques ou des chaînes de caractères. Toutefois, pour se conformer au style des IN d'origine, les tableaux sont systématiquement basés sur des modèles pré-existants (par exemple, dans la nouvelle version des IN, les données portuaires sont systématiquement présentées dans des tableaux à la structure définie et figée [cf. annexe H]).

Il existe d'autres opérations d'agrégation : par exemple, lorsque l'objet d'une phrase est aussi le sujet de la suivante, l'agrégation va fusionner les deux en une seule phrase :

L'[anse de la Ville] est bordée par une plage.

La plage est dominée par l'agglomération.

→ L'[anse de la Ville] est bordée par une plage, dominée par l'agglomération.

Dans d'autres cas, des phrases consécutives peuvent avoir le même objet et le même verbe ; dans ce cas nous utilisons la conjonction :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne].

La [baie de Banyuls] est limitée à l'Est par l'[île Grosse].

→ La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] et à l'Est par l'[île Grosse].

Un autre cas est celui d'une identité d'objets avec des verbes différents. Dans ce cas, des expressions référentielles sont générées :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] et à l'Est par l'[île Grosse].

La [baie de Banyuls] est divisée en deux parties par l'[Île Petite].

→ La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] et à l'Est par l'[île Grosse].

Elle est divisée en deux parties par l'[Île Petite].

Toutes ces légères modifications vont permettre de finaliser le texte en le rendant plus proche d'une rédaction opérée par un humain : il s'agit de la conversion d'INAUT en LitINAUT.

4.6.2.3 La question de la stabilité

Toutes les étapes ont ainsi été accomplies pour générer du texte INAUT. Cependant, il se pose le problème de la *stabilité* du texte généré.

La détermination du contenu en tant qu'étape du processus de GAT dépend de plusieurs paramètres :

- (a) la zone sélectionnée dans l'interface graphique ;
- (b) le contexte temporel et météorologique ;
- (c) la connaissance visuelle contenue dans les ENC ;
- (d) le niveau de dangerosité des objets impliqués.

Ces paramètres opèrent sur trois différentes échelles temporelles affectant la GAT :

1. les caractéristiques géographiques/spatiaux et les paysages changent. Ce changement est cependant très lent, laissant amplement le temps à la KB d'être mise à jour ;

2. le contexte temporel et météorologique ainsi que le niveau de dangerosité qui en découle impliquent des mises à jour fréquentes au sein d'une même journée ;
3. enfin, dans la mesure où la sélection d'une zone géographique est réalisée dans l'interface graphique à l'aide d'une souris, les mises à jour concernant la sélection de l'utilisateur peuvent être espacées de seulement quelques millisecondes.

Ces trois échelles temporelles, notamment la dernière, soulèvent le problème de la stabilité de la GAT : un texte ne doit pas changer de manière significative lorsqu'un utilisateur le consulte ou lorsqu'il utilise sa souris pour modifier la zone géographique. Le nombre et le type d'objets d'une sélection à l'autre peuvent changer de façon abrupte, ce qui peut produire un texte très différent d'une sélection à l'autre, même lorsqu'elles semblent proches.

Le problème de la stabilité est récurrent dans le domaine de la GAT et affecte l'ordre des phrases dans la génération d'un paragraphe. Deux sélections consécutives contenant les mêmes objets peuvent tout de même modifier l'ordre des phrases dans la mesure où la position des objets est relative au cadre de sélection. Cette instabilité textuelle peut être très déroutante pour le lecteur, la lecture scripturale étant linéaire, le texte doit être relu entièrement lors de chaque modification significative. En fait, l'interaction de l'utilisateur avec l'interface graphique cause non seulement des changements visuels tout à fait habituels dans ce genre d'interface mais aussi des changements simultanés dans la structure linguistique. Pour surmonter ces difficultés, la méthode de la *génération de texte lissée*¹¹ est introduite.

Soit la fonction T liant les valeurs des divers paramètres de la GAT au texte généré. Cette fonction discrète est lissée de la façon suivante :

1. lorsque la souris de l'utilisateur croise une frontière entre deux zones couvrant les mêmes nœuds et ayant néanmoins deux ordres différents dans leur paragraphe, l'ordre des phrases n'est pas modifié jusqu'à la disparition ou l'apparition de nouveaux nœuds ;
2. lorsque la souris entre dans une zone couvrant de nouveaux nœuds, les phrases générées à partir de ces nœuds sont, autant que possible, ajoutées à la fin du paragraphe préalablement généré ;
3. les mises à jour du texte généré sont légèrement décalées dans le temps afin qu'un mouvement rapide de la souris n'altère pas le texte généré. Le texte

11. « Lissée » fait ici référence au *lissage* en mathématiques qui consiste en l'atténuation de ce qui peut être considéré comme une perturbation.

généralisé n'est mis à jour que lorsque la souris reste immobile pendant un temps donné.

La GAT est une opération relativement importante d'INAUT qui vient d'être exposée ; elle est d'autant plus importante qu'elle peut faire partie d'autres processus comme nous allons le voir tout de suite grâce à l'opération d'interaction avec les ENC.

4.6.3 Interaction avec les ENC

Nous reprenons ici la section 3.5 qui se posait la question de l'interaction avec les cartes électroniques et fournissait des pistes concernant cette possible interaction.

La réponse est apportée ici. Effectivement, nous l'avons mentionné dès l'introduction (cf. section 0.1.3, page 4), les *Instructions nautiques* sont définies comme des *textes compagnons* des cartes et notamment des ENC. L'interaction entre les *Instructions nautiques* et les ENC paraît donc un point indispensable à traiter. Nous avons déjà évoqué les intérêts de cette interaction (cf. section 3.5), cependant, nous pouvons ajouter quelques précisions sur des opérations rendues possibles grâce au caractère hybride d'INAUT.

Des informations supplémentaires peuvent être ajoutées au message envoyé à la KB via l'interface des ENC de telle sorte que le texte INAUT peut être filtré. Le texte ainsi filtré permet l'affichage de certains types d'information seuls comme, par exemple, les mouillages et leurs caractéristiques.

Il est aussi possible d'imaginer une sélection de multiples objets sur la carte ou d'une zone contenant plusieurs objets. Dans ce cas, la détermination du contenu sera fournie par les nœuds correspondants dans la KB. La GAT et ce qui en résulte seront donc issus de cette sélection directe sur la carte électronique.

Cette interaction entre *Instructions nautiques* et ENC peut, en outre, mettre en évidence d'éventuelles erreurs, que ce soit dans la carte ou dans le texte¹².

Pour finir, il est intéressant de noter que l'interaction entre mode textuel et mode visuel opère de façon symétrique : la sélection de « mots » visuels peut résulter en une GAT tandis que la sélection de mots textuels peut résulter en une mise en valeur des mots visuels correspondants sur la carte.

12. C'est d'ailleurs grâce à elle que nous avons pu détecter une erreur dans les IN comme on peut le remarquer dans la figure 4.20. On voit clairement apparaître le paragraphe décrivant le port du Rouet, situé dans le département des Bouches-du-Rhône, en plein milieu de la mer, ce qui indique que la géolocalisation de l'entité géolocalisée [Port du Rouet] dans le texte est erronée puisque le port du Rouet se situe bien plus au Nord et, détail non négligeable, en terre ferme (cf. figure 4.21).



Figure 4.20 — Erreur détectée dans le volume D2.1 des IN, 5.2.5.1 §13 *volume en cours de rédaction*

Nous nous proposons à présent de situer INAUT parmi les autres langages contrôlés grâce à un système de classification spécifiquement conçu pour lui.

4.7 Classification d'INAUT

Dans son article de référence [106], Kuhn propose un système de classification des langages contrôlés : PENS (Précision Expressivité Naturel Simplicité). PENS est utilisé pour les langages contrôlés de langue anglaise mais nous allons tenter de l'appliquer à INAUT en se fondant sur les quatre dimensions prises en compte dans la méthode.



Figure 4.21 — Véritable position du port du Rouet (en vert) comparée à la position erronée (en rouge)

4.7.1 Précision

La précision est la première dimension invoquée dans le système de classification. Elle sert à évaluer le degré de précision d'un langage contrôlé, degré qui peut considérablement varier dans la mesure où les langages contrôlés peuvent être plus ou moins similaires à la langue (naturelle). On dénombre cinq degrés :

- (P¹) *les langages imprécis* qui se rapportent aux langues naturelles ;
- (P²) *les langages moins imprécis* imposent des restrictions sur les constructions mais ne reposent pas sur des bases formelles (mathématiques) ;
- (P³) *les langages interprétables de façon fiable* possèdent suffisamment de restrictions (définies formellement ou non) pour les interpréter de façon fidèle ;
- (P⁴) *les langages interprétables de façon déterministe* sont des langages avec une syntaxe formelle et autorisant une traduction en une représentation logique (ou en un ensemble restreint de représentations logiques) ;
- (P⁵) *les langages ayant une sémantique fixée*, enfin, disposent d'une sémantique et une syntaxe formellement définies.

4.7.2 Expressivité

L'expressivité est la dimension qui traite de l'étendue des propositions qu'un langage peut exprimer. On recense cinq degrés d'expressivité :

- (E¹) *les langages sans expressivité* ne possèdent pas de quantification universelle ou de relations dont l'arité est supérieure à 1, comme la logique propositionnelle ;
- (E²) *les langages à expressivité basse*, comme les logiques de description, disposent d'individus soumis à la quantification universelle et de relations d'arité supérieure à 1 ;
- (E³) *les langages à expressivité moyenne* possèdent les caractéristiques des langages E² auxquelles sont ajoutées la possibilité d'utiliser la négation et des quantifications universelles multiples pouvant cibler tous les arguments des relations. La logique de premier ordre appartient à cette catégorie ;
- (E⁴) *les langages à expressivité haute* héritent de toutes les caractéristiques des langages E³, ils ont des variables relationnelles quantifiables, c'est la catégorie à laquelle appartient la logique de second-ordre (une extension de la logique de premier ordre) ;
- (E⁵) *les langages à expressivité maximale*, enfin, sont des langages couvrant tous les énoncés de n'importe quelle logique, c'est la catégorie des langues naturelles.

4.7.3 Naturel

La troisième dimension est celle du naturel qui se base sur la lisibilité et l'intelligibilité d'un langage. On distingue à nouveau cinq classes :

- (N¹) *les langages non naturels* ;
- (N²) *les langages avec une majorité d'éléments non naturels* qui possèdent des éléments d'une langue naturel mais avec des constructions ou une sémantique difficilement intelligible ;
- (N³) *les langages avec une majorité d'éléments naturels* qui sont compréhensibles par un humain mais produisent des phrases mal formées ;
- (N⁴) *les langages avec des phrases naturelles* quant à eux proposent des énoncés contenant des phrases naturelles, mais un texte complet maladroit, voire lourd, avec de nombreuses répétitions ;
- (N⁵) *les langages avec des textes naturels* disposent d'un style, d'une fluidité et d'une sémantique naturels dans l'ensemble d'un énoncé ou texte.

4.7.4 Simplicité

La dernière dimension se fonde sur la description de la syntaxe et de la sémantique d'un langage. C'est cette description qui est mesurée selon sa simplicité ou sa complexité et qui permet de définir cinq classes :

- (S¹) les langages très complexes ;
- (S²) les langages à description exhaustive ;
- (S³) les langages à description très verbeuse ;
- (S⁴) les langages à description courte ;
- (S⁵) et enfin, les langages à description très courte.

4.7.5 Types de langages contrôlés

Nous venons de voir que les langages contrôlés peuvent être classifiés selon quatre dimensions traitant des différentes propriétés des langages contrôlés. Il est aussi intéressant de définir le type d'un langage contrôlé selon plusieurs facteurs comme son *but*, son *champ d'application* ainsi que *ses origines*. Kuhn propose ainsi dans son article un code pour définir le type d'un langage contrôlé qui prend en compte ces différents facteurs (cf. table 4.6).

Code	Propriété
C	le but est l'intelligibilité (<i>comprehensibility</i>)
T	le but est la traduction
F	le but est la représentation formelle
W	le langage est conçu pour être écrit (<i>written language</i>)
S	le langage est conçu pour être parlé (<i>spoken language</i>)
D	la langage est conçu pour un domaine spécifique
A	le langage est issu du monde Académique
I	le langage est issu de l'industrie
G	le langage est issu du Gouvernement

Table 4.6 — Code des propriétés des Langages Contrôlés

4.7.6 INAUT, un langage contrôlé P⁵E³N⁴S³

Si l'on se fie à la classification proposée, la partie textuelle d'INAUT peut être classifiée comme P⁵E³N⁴S³FWAG [72] :

- P⁵ car il dispose d'une sémantique et d'une syntaxe formellement définies ;
- E³ puisqu'il possède des relations d'arité supérieure à 1, une quantification universelle multiple et la négation (la sémantique d'INAUT est représentée en logique du premier ordre) ;

- N^4 et non N^5 bien que les *Instructions nautiques* puissent être écrites entièrement en INAUT, car le langage contrôlé peut être utilisé uniquement pour décrire des paysages et des conditions de navigation, de plus, certaines caractéristiques d’une langue (naturelle), comme l’utilisation de questions ou celle de la première personne, ne sont pas disponibles ;
- S^3 car, de par son utilisation d’un très large vocabulaire et des objets S-57, la description de la syntaxe et de la sémantique d’INAUT peut être assez longue bien que le langage en lui-même soit plutôt simple ;
- F car son objectif est d’être utilisé pour fournir une représentation intuitive et naturelle d’une notation formelle ;
- w puisqu’il est conçu pour être écrit ;
- et finalement, AG puisqu’il est issu d’un projet de recherche académique financé par un organisme du gouvernement (le SHOM).

On recense, toujours selon [106], cinq autres langages appartenant à la classe $P^5E^3N^4S^3$:

1. *First Order English* (2002) [155] ;
2. *Gherkin* (2011) [137], un langage conçu pour écrire des scénarios exécutables pour des spécifications de logiciels :


```
Given I am a student.
And a lecture 'PA042' with limited capacity of 20 students.
But the capacity of this course is full;
```
3. *iLastic Controlled English* (2012) [84] dont le but est de rédiger des scripts de façon intuitifs et naturels :


```
delete all files under the tmp folder if the space of the
disk is lower than 1024;
```
4. *PENG* (2002) [180], un langage contrôlé riche mais dépourvu d’ambiguïtés qui peut automatiquement être traduit en logique du premier ordre :


```
while the fox sleeps, the cat chases a bird;
```
5. *RECON* (2012) [11] qui permet de représenter des faits et des règles dans un environnement industriel avec une association déterministe à la logique du premier ordre :


```
if any container contains part of a shipment, it contains no
other shipment.
```

En ce qui concerne la partie visuelle d’INAUT, nous pouvons tenter d’utiliser le même système de classification – dans la mesure où PENS est un système de classification consacré aux langages contrôlés et où la partie visuelle d’INAUT

est aussi un langage contrôlé adapté au mode visuel – en mettant la dimension N de côté¹³. De la sorte, nous pouvons dire que la partie visuelle d'INAUT peut être classifiée comme $P^5E^2S^3$:

- P^5 parce que le langage est formellement défini ;
- E^2 car INAUT dispose de relations d'arité supérieure à 1, mais ne dispose pas de quantification universelle multiple et d'opérateurs logiques ;
- S^3 pour les mêmes raisons que la partie textuelle, sans oublier que les descriptions en grammaire SR sont relativement longues.

INAUT peut donc être classifié, qu'il s'agisse de sa partie textuelle que de sa partie visuelle. Il est bon de noter qu'une prochaine étape intéressante pour PENS serait son extension aux langages hybrides afin de prendre en compte les interactions et la complémentarité entre les langages textuel et visuel.

4.8 Conclusion

Ce chapitre a présenté l'extension d'INAUT en tant que Langage Contrôlé unimodal vers un Langage Contrôlé Hybride basé sur une grammaire Symbol-Relation ainsi que sur la logique topologique du RCC8.

Nous avons d'abord présenté le passage d'une grammaire non-contextuelle à une grammaire SR avant de décrire les principes d'un LCH. Puis, ces principes ont été illustrés via un exemple de paragraphe INAUT accompagné de son graphe équivalent dans la base de connaissances.

Ensuite, les opérations permises par le LCH ont été définies, notamment celle de la Génération Automatique de Textes qui a nécessité des explications sur son fonctionnement.

Et enfin, puisqu'il existe un système de classification des langages contrôlés, nous avons proposé une classification d'INAUT afin de le situer autant que possible parmi les langages contrôlés existants et donner à ce langage contrôlé d'un nouveau type une visibilité claire au sein de la communauté.

13. Dans PENS, le critère du naturel s'applique à la relation entre un langage contrôlé et la langue (naturelle) sur laquelle il a été construit. Même si on considère que les Langages Contrôlés Visuels sont basés, d'une certaine manière, sur des langages visuels « naturels » (cf. les différents modes, dont le mode « naturaliste » évoquées par Machin dans [118]), de la même manière que les plans architecturaux (« formels ») sont établis sur des esquisses préalables (« naturelles »), une telle relation serait bien plus difficile et ambiguë à décrire que dans le cas d'un langage textuel. Ce critère n'est donc pas approprié pour un système de classification générale.

La première partie de ce document a été consacrée à l'état de l'art et à la naissance d'INAUT. Dans la seconde partie, nous détaillerons tout d'abord l'implémentation du LCH avant de faire un bilan regroupant évaluations et perspectives d'évolution d'INAUT.

Deuxième partie

Démarche, implémentation et évaluation de la solution

Chapitre

5

Implémentation d'un Langage Contrôlé Hybride

We're flooding people with information. We need to feed it through a processor. A human must turn information into intelligence or knowledge. We've tended to forget that no computer will ever ask a new question.

Grace Hopper

Ce chapitre a pour but, dans un premier temps, de présenter l'implémentation d'INAUT selon plusieurs aspects : implémentation d'une grammaire hybride mais aussi l'intégration dans une interface graphique pré-existante pour la navigation. Dans un second temps, des réflexions sur les différentes évaluations possibles du système ainsi que les protocoles correspondants seront décrites.

5.1 Frameworks d'implémentation d'un langage contrôlé

5.1.1 L'existant

Il n'existe, à notre connaissance, qu'un seul *framework* réutilisable d'implémentation d'un langage contrôlé : *Grammatical Framework* (GF) [165]. Ce framework a été conçu pour le développement et l'implémentation de grammaires multilingues, il offre un cadre de travail comprenant un langage de rédaction des grammaires mais aussi des ressources lexicales, syntaxiques, etc. dans un grand nombre de langues, ce qui permet, lors du développement d'un langage contrôlé, de s'affranchir de la création d'un grand nombre de ressources.

GF étant le seul *framework* existant pour implémenter un langage contrôlé, notre choix s'est évidemment porté sur lui pour l'implémentation d'INAUT. Qui plus est, la prise en charge du multilinguisme de la part de GF est intéressant dans le cas de l'implémentation d'un langage contrôlé non pas multilingue mais multimodal.

5.1.2 Grammatical Framework

GF est un formalisme grammatical et un langage de programmation fonctionnelle qui permet d'implémenter des langages contrôlés dans un objectif de traduction multilingue. En effet, un programme GF, que l'on appelle une grammaire, définit l'analyse syntaxique, la génération et la traduction d'un langage contrôlé. Un langage contrôlé, dans GF, est défini par une grammaire non-contextuelle se présentant sous la forme suivante :

```

1 Pred.  S  ::= NP VP ;
2 Compl. VP ::= V2 NP ;
3 Daniel. NP ::= "Daniel" ;
4 Dominique. NP ::= "Dominique" ;
5 Aime.  V2 ::= "aime" ;
```

Listing 5.1 — Règles d'une grammaire non-contextuelle

où le premier élément correspond à la fonction syntaxique permettant la construction d'arbres (Pred. pour prédication* et Compl. pour complément*) et le second élément à la catégorie (S pour *sentence*, NP pour *noun phrase*, VP pour *verb phrase* et V2 pour verbe avec complément). La partie droite correspond à la réécriture de la partie gauche, le tout étant séparé par le méta-symbole `::=` signifiant « est défini par ». La grammaire présentée dans le listing 5.1 permet la création de 4 arbres syntaxiques (cf. figure 5.1).

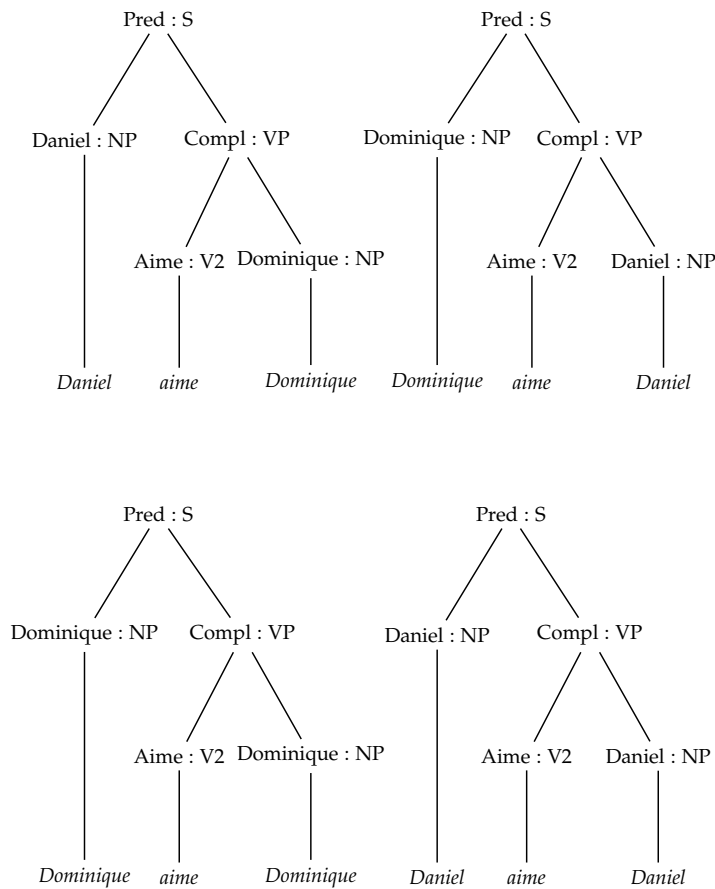


Figure 5.1 — Arbres syntaxiques générés par les règles de la grammaire non-contextuelle du listing 5.1

Pour construire une grammaire non-contextuelle équivalente dans une autre langue, il suffit de reprendre la grammaire initiale et de l'adapter à celle-ci :

```

1 Pred. S ::= NP VP ;
2 Compl. VP ::= V2 NP ;
3 Daniel. NP ::= "Daniel" ;
4 Dominique. NP ::= "Dominique" ;
5 Aime. V2 ::= "rakastaa" ;

```

Listing 5.2 — Grammaire non-contextuelle du listing 5.1 en finnois

pour laquelle il est, à nouveau, possible de construire les arbres syntaxiques (cf. figure 5.2).

On remarque immédiatement que les deux grammaires et leurs résultats sont semblables. Un système implémentant les deux grammaires, dans un but de traduction automatique par exemple, contiendrait ainsi deux grammaires formel-

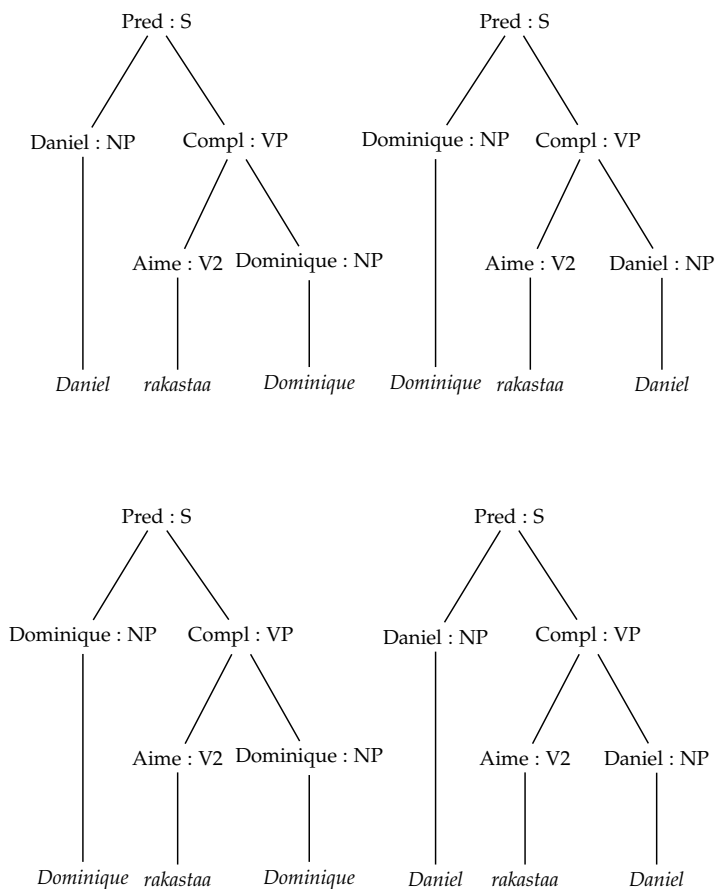


Figure 5.2 — Arbres syntaxiques générés par les règles de la grammaire non-contextuelle du listing 5.2

lement définies pour la langue à laquelle elles se rattachent, toutes deux d’une grande redondance. Le principe de GF est de diviser une règle de grammaire non-contextuelle en *deux* règles GF. Par exemple, la règle (5.1) produit deux choses différentes :

- une *syntaxe abstraite* qui va permettre de construire un arbre syntaxique ;
- une *syntaxe concrète* qui va permettre la linéarisation de l’arbre syntaxique en une chaîne de caractères.

En GF, la syntaxe abstraite correspond à la règle (5.2) tandis que la syntaxe concrète correspond à la règle (5.3).

$$\text{Pred. } S ::= \text{NP VP} \quad (5.1)$$

$$\text{fun Pred : NP } \rightarrow \text{VP } \rightarrow \text{S} \quad (5.2)$$

$$\text{lin Pred np vp} = \text{np ++ vp} \quad (5.3)$$

Une grammaire GF se divise donc en deux modules :

- le *module abstrait* qui contient des fonctions (`fun`) et des catégories (`cat`);
- le *module concret* qui contient des modèles de linéarisation (`lin`) et des catégories (`lincat`).

La règle (5.2) se lit donc « Pred est une fonction de type NP et VP vers S », tandis que la règle (5.3) se lit « la linéarisation de Pred np vp est la chaîne de caractères np suivie par la chaîne de caractères vp », le symbole ++ étant un opérateur de concaténation.

L'avantage de la décomposition en deux grammaires est la possibilité d'avoir une seule grammaire abstraite pour plusieurs grammaires concrètes. Par conséquent, à partir d'un même arbre produit par une grammaire abstraite, il est possible d'obtenir autant de linéarisations qu'il y a de grammaires concrètes puisqu'une même grammaire abstraite peut être commune à plusieurs langues (*cf.* figure 5.3).

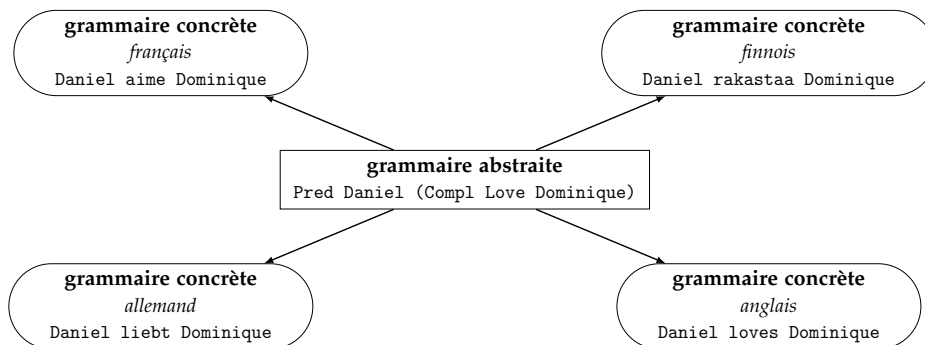


Figure 5.3 — Une grammaire abstraite avec quatre linéarisations différentes

Chaque grammaire concrète définit la linéarisation pour une langue autorisant ainsi des actions comme la permutation ou encore la suppression d'éléments, ce qui n'est pas possible avec une grammaire non-contextuelle.

Quel est l'intérêt pour le système INAUT ? Puisque GF permet de programmer des grammaires multilingues en offrant une grammaire commune et des linéarisations distinctes, il nous est possible de tirer partie de cette caractéristique pour l'appliquer non pas à des grammaires multilingues mais à des grammaires multimodales en fournissant une grammaire abstraite commune et une grammaire concrète pour chaque mode (*cf.* figure 5.4).

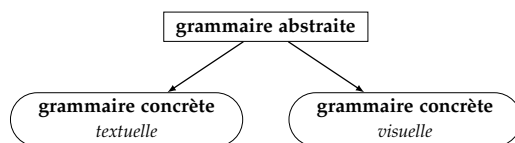


Figure 5.4 — Une grammaire abstraite et deux linéarisations modales différentes

5.1.3 Les différents modules d'une grammaire GF

Comme nous venons de la constater, la structure d'une grammaire GF complète est modulaire. Néanmoins, la subdivision en grammaires abstraite et concrète n'est pas la seule division possible des différents modules. En effet, on retrouve dans GF trois autres types de module que l'on rencontre fréquemment dans la programmation fonctionnelle : le foncteur*, l'interface* et l'instance*.

Dans GF, un foncteur va permettre d'ouvrir une ou plusieurs interfaces qui possèdent des instances. Ce sont principalement les grammaires concrètes qui se voient subdivisées en interfaces et instances, la grammaire abstraite restant stable.

Prenons l'exemple d'une grammaire minimale d'INAUT. Le listing 5.3 présente une grammaire abstraite avec seulement deux catégories, *Geoloc* et *GeolocDef*, deux fonctions, *Baie* et *La*, et une catégorie donnée en point de départ pour la construction d'un arbre, *GeolocDef*.

```

1 abstract Inaut = {
2   flags startcat = GeolocDef ;
3   cat
4     Geoloc ;    — ex. "[ Baie de Banyuls]"
5     GeolocDef ; — ex. "la [ Baie de Banyuls]"
6   fun
7     Baie  : Geoloc ;
8     La    : Geoloc -> GeolocDef ;
9 }
  
```

Listing 5.3 — Exemple d'une grammaire abstraite minimale pour INAUT

À cette grammaire abstraite, nous ajoutons une grammaire concrète (cf. listing 5.4) : *InautTxt*.

```

1 concrete InautTxt of Inaut = open SyntaxFre,ParadigmsFre in {
2   lincat
3     GeolocDef = NP ;
4     Geoloc = CN ;
5   lin
6     Baie = mkCN (mkN "baie") ;
7     La geoloc = mkNP la_Det geoloc ;
  
```

8 }

Listing 5.4 — Exemple d'une grammaire concrète minimale pour la partie textuelle d'INAUT

On peut remarquer dans cette grammaire concrète l'ouverture des instances `SyntaxFre` et `ParadigmsFre` issues des interfaces `Syntax` et `Paradigms` fournies par `Grammatical Framework`. Ces interfaces sont ce qu'on appelle des *resource grammars* contenant les règles de syntaxe mais aussi les paradigmes verbaux ou encore la signification d'abréviations de plus de 20 langues permettant à l'utilisateur de s'affranchir de l'écriture d'une grammaire complète. La grammaire concrète contient les catégories à linéariser, `lincat`, et les linéarisations nécessaires, `lin`. On peut constater dans la construction de ces dernières l'utilisation des fonctions de forme `mkN` où *N* correspond à la *nature* ou à la *fonction* d'un mot ou syntagme. Ainsi, dans la règle de linéarisation :

$$\text{La geoloc} = \text{mkNP la_Det geoloc}; \quad (5.4)$$

La correspond au nom de la fonction, `geoloc` est une variable, `mkNP` désigne la fonction de construction d'un syntagme nominal contenant le déterminant « la », déjà présent dans la *resource grammar*, et la valeur de la variable `geoloc`. Enfin, chaque catégorie définie dans `lincat` se voit attribuer une catégorie lexicale par l'utilisateur parmi les catégories permises par GF (cf. tables 5.1 et 5.2) : ainsi la catégorie `GeolocDef` correspond à un syntagme nominal ($\text{NP} \rightarrow \text{noun phrase}$) et la catégorie `Geoloc` à un nom commun ($\text{CN} \rightarrow \text{common noun}$).

Cependant, il nous est possible de rendre l'architecture encore plus modulaire en séparant le lexique et la syntaxe de la grammaire concrète en créant des interfaces pour la syntaxe et le lexique et en les instanciant. Dans ce cas, la grammaire abstraite reste la même mais la grammaire concrète disparaît au profit :

1. du foncteur `InautI` (cf. listing 5.5) ouvrant les interfaces de lexique `LexInaut` et de syntaxe (`Syntax`, préexistant dans GF);
2. de l'interface `LexInaut` (cf. listing 5.6);
3. d'une instanciation de `LexInaut` contenant les déclarations de type, `LexInautTxt` (cf. listing 5.7), qui correspond à la partie textuelle d'Inaut;
4. d'`InautTxt`, la grammaire concrète de la partie textuelle d'Inaut qui instancie le foncteur `InautI` et déclare les interfaces et leurs instances correspondantes (cf. listing 5.8).

```

1 incomplete concrete InautI of Inaut =
2   open Syntax, LexInaut in {
3     lincat
4     Geoloc = CN ;

```

Category	Explanation	Example (default)
Ant	anteriority	simultaneous , anterior
CAdv	comparative adverb	<i>more</i>
CN	common noun (without determiner)	<i>red house</i>
Card	cardinal number	<i>seven</i>
CI	declarative clause, with all tenses	<i>she looks at this</i>
CISlash	clause missing noun phrase	<i>she looks at</i>
Comp	complement of copula, such as AP	<i>very warm</i>
Conj	conjunction	<i>and</i>
Det	determiner phrase	<i>those seven</i>
Digits	cardinal or ordinal in digits	<i>1,000/1,000th</i>
IAdv	interrogative adverb	<i>why</i>
IComp	interrogative complement of copula	<i>where</i>
IDet	interrogative determiner	<i>how many</i>
IP	interrogative pronoun	<i>who</i>
Imp	imperative	<i>look at this</i>
NP	noun phrase (subject or object)	<i>the red house</i>
Num	number determining element	<i>seven</i> , singular , plural
Numeral	cardinal or ordinal in words	<i>five/fifth</i>
Ord	ordinal number (used in Det)	<i>seventh</i>
PConj	phrase-beginning conjunction	<i>therefore</i> , no pconj
Phr	phrase in a text	<i>but be quiet please</i>
Pol	polarity	positive , negative
Predet	predeterminer (prefixed Quant)	<i>all</i>
Prep	preposition, or just case	<i>in</i>
Pron	personal pronoun	<i>she</i>
qci	question clause, with all tenses	<i>why does she walk</i>
QS	question	<i>where did she live</i>
Quant	quantifier ("nucleus" of Det)	<i>this/these</i>
RC1	relative clause, with all tenses	<i>in which she lives</i>
RP	relative pronoun	<i>in which</i>
RS	relative sentence	<i>in which she lived</i>
S	declarative sentence	<i>she looked at him</i>
SC	embedded sentence or question	<i>that it rains</i>
SSlash	sentence missing noun phrase	<i>she looked at</i>
Subj	subj unction	<i>if</i>
Temp	temporal and aspectual features	past anterior
Tense	tense	present , past, future
Text	text consisting of several phrases	<i>He is here. Why ?</i>
Utt	utterance : sentence, question...	<i>be quiet</i>
VP	verb phrase	<i>is very warm</i>
VPSlash	verb phrase missing noun phrase	<i>look at</i>
Voc	vocative	<i>my darling</i> , no voc
[C]	list of category C = Adv, AP, NP, RS, S	X, Y, Z

Table 5.1 — Catégories syntaxiques et lexicales fermées autorisées par GF [165, page 298]

Category	Explanation	Example
AdA	adjective-modifying adverb	<i>very</i>
AdN	numeral-modifying adverb	<i>more than</i>
AdV	adverb directly attached to verb	<i>always</i>
Adv	verb-phrase-modifying adverb	<i>in the house</i>
A	one-place adjective	<i>warm</i>
A2	two-place adjective	<i>divisible</i>
AP	adjectival phrase	<i>very warm</i>
N	common noun	<i>house</i>
N2	relational noun	<i>son</i>
N3	three-place relational noun	<i>connection</i>
PN	proper name	<i>Paris</i>
V	one-place verb	<i>sleep</i>
V2	verb with an NP complement	<i>love</i>
VA	verb with an AP complement	<i>look</i>
VQ	verb with a QS complement	<i>wonder</i>
VS	verb with an S complement	<i>claim</i>
W	verb with a VP complement	<i>want</i>
V2A	verb with NP and AP complement	<i>paint</i>
V2Q	verb with NP and QS complement	<i>ask</i>
V2S	verb with NP and S complement	<i>tell</i>
V2V	verb with NP and VP complement	<i>cause</i>
V3	verb with two NP complements	<i>show</i>

Table 5.2 — Catégories lexicales ouvertes autorisées par GF [165, page 298]

```

5   GeolocDef = NP ;
6   lin
7     La geoloc = mkNP la_Det geoloc ;
8     Baie = mkCN baie_N ;
9 }

```

Listing 5.5 — Le foncteur `InautI` ouvrant une interface de syntaxe et une interface de lexic. Le mot-clef `incomplete` indique qu'il s'agit d'un foncteur et non d'une grammaire concrète.

```

1 interface LexInaut = open Syntax in {
2   oper
3     baie_N : N ;
4 }

```

Listing 5.6 — Interface `LexInaut`. Le mot-clef `oper` désigne une opération* qui consiste, ici, à assigner une catégorie à la fonction `baie_N`.

```

1 instance LexInautTxt of LexInaut =

```

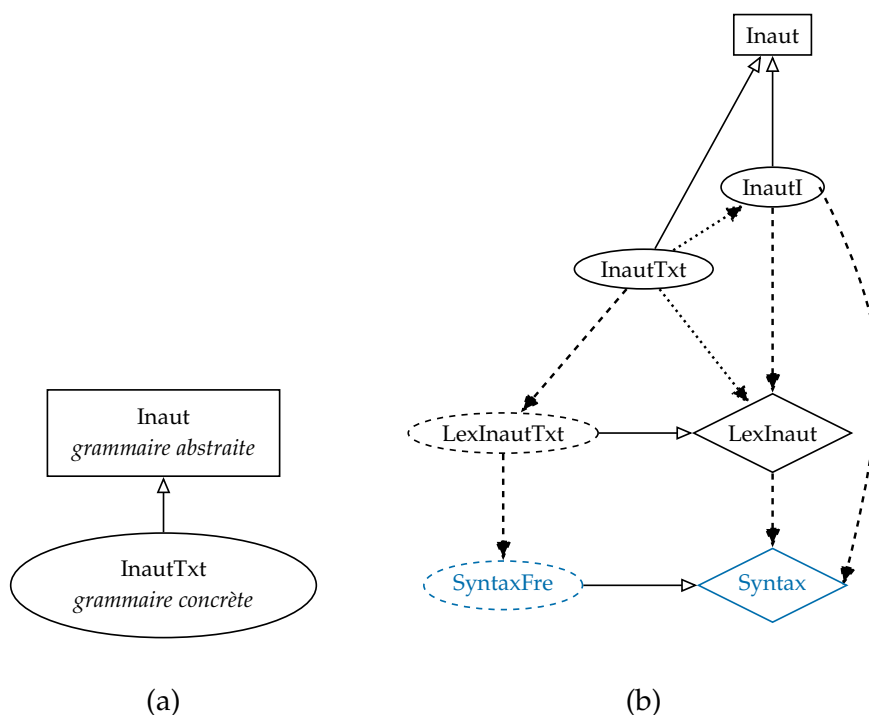



Figure 5.5 — Passage à une architecture modulaire de (a) vers (b). En bleu : les modules fournis par GF.

```

2 open SyntaxFre, ParadigmsFre in {
3   oper
4     baie_N = mkN "baie" ;
5 }

```

Listing 5.7 — Instance **LexInautTxt** qui contient le lexique de la grammaire concrète textuelle d'INAUT.

```

1 concrete InautTxt of Inaut = InautI with
2   (Syntax = SyntaxFre),
3   (LexInaut = LexInautTxt) ;

```

Listing 5.8 — Grammaire concrète **InautTxt** qui instancie les interfaces **Syntax** et **LexInaut**.

Après ces changements, on dispose d'une architecture modulaire séparant les types et les fonctions de leurs instantiations comme on peut le voir dans la figure 5.5 qui met en évidence le passage d'un état modulaire minimal (a) à un autre, optimal, (b). L'architecture présentée dans la figure 5.5(b) comporte une grammaire abstraite ainsi que quatre modules définis par l'utilisateur et deux modules préexistants dans GF correspondant à une grammaire concrète.

Maintenant que nous avons expliqué le fonctionnement de GF illustré via un exemple minimal d’une implémentation de la partie textuelle du langage contrôlé Inaut, nous allons nous pencher sur le processus d’implémentation dans GF d’un langage contrôlé hybride.

5.2 Extension de Grammatical Framework pour un langage contrôlé hybride

5.2.1 Design de l’implémentation d’INAUT en GF

Le fonctionnement de GF est modulaire, les grammaires concrètes et la grammaire abstraite disposent de leur propre module, c’est le cas aussi pour le lexique spécifique au domaine.

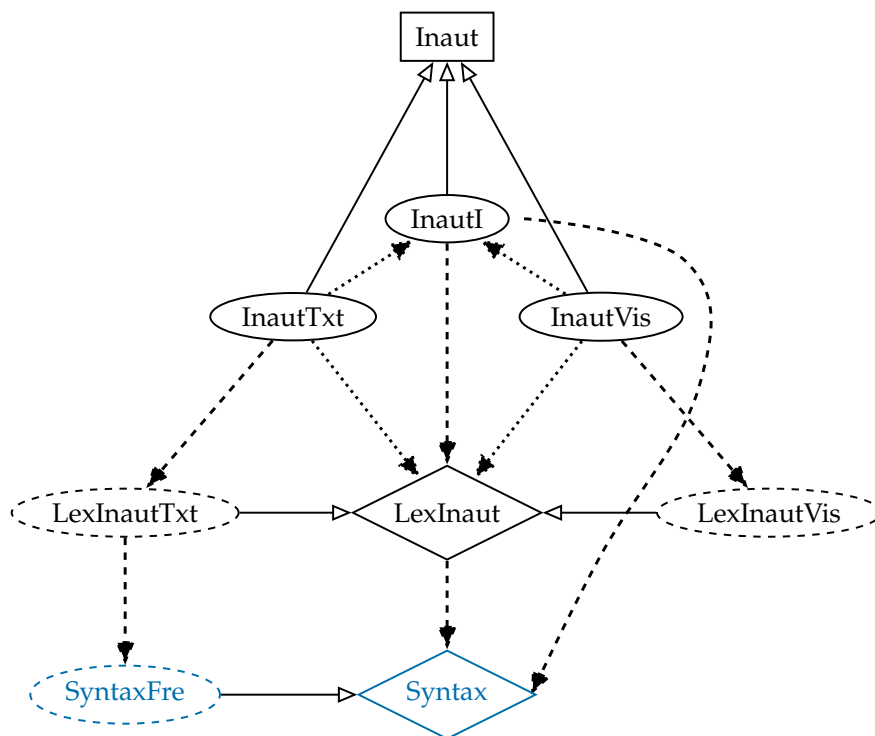


Figure 5.6 — Design d’implémentation d’INAUT en GF. En bleu : les modules fournis par GF.

On peut voir la structure de l’implémentation d’INAUT en GF dans la figure 5.6 qui comprend les modules suivants :

- la grammaire abstraite Inaut ;

- le foncteur `InautI` de la grammaire abstraite `Inaut` ouvrant les interfaces de Syntaxe et de lexique `LexInaut` ;
- l'instance `SyntaxFre` de l'interface `Syntax` faisant appel aux modules correspondant à la syntaxe du français dans les *resource grammars* ;
- les instances de lexique pour chaque grammaire concrète (textuelle et visuelle) `LexInautTxt` et `LexInautVis` de l'interface `LexInaut` ;
- les grammaires concrètes `InautTxt` et `InautVis`.

Il est intéressant de noter que la syntaxe de la partie visuelle, fondée sur les relations topologiques, est conservée dans la grammaire concrète puisque GF ne possède aucune *resource grammar* correspondante.

5.2.2 Grammaire abstraite d'INAUT

La grammaire abstraite d'INAUT doit permettre une linéarisation à la fois textuelle et visuelle. Nous nous sommes donc, entre autres, fondés sur les relations topologiques du RCC8 précédemment présentées (cf. figure 1.4, page 41) afin de constituer la grammaire abstraite. Ces relations topologiques seront ensuite linéarisées soit en texte soit en information exploitable visuellement.

La grammaire abstraite définit les catégories sémantiques et les arbres autorisés par le langage, nous allons nous pencher sur quelques catégories et arbres utilisés dans notre grammaire abstraite.

Nous allons poursuivre ces explications via l'exemple précédemment utilisé sur lequel nous nous fonderons pour définir catégories et arbres :

La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne]. La [baie de Banyuls] est limitée à l'Est par l'[île Grosse]. L'[île Grosse] est rattachée à la côte par un terre-plein. La [baie de Banyuls] est divisée en deux parties par l'[île Petite] : à l'Ouest l'[anse de la Ville] et à l'Est l'[anse de Fontaulé]. L'[île Petite] est reliée au rivage par un terre-plein. L'[anse de la Ville] est bordée par une plage. La plage est dominée par l'agglomération. L'[anse de Fontaulé] abrite le port.

Prenons l'exemple de la première phrase « La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne]. », le tableau 5.3 présente les différentes catégories nécessaires dans la grammaire abstraite pour produire les arbres de cette phrase.

Catégorie	Signification	Exemple
Geoloc	localisation avec nom et/ou coordonnées	[Baie de Banyuls]
GeolocDef	localisation avec nom et/ou coordonnées définie par un déterminant	la [Baie de Banyuls]
Direction	direction cardinale ou intercardinale	Ouest
DirectionDef	direction cardinale ou intercardinale définie par un déterminant	l'Ouest
ADirectionDef	groupe prépositionnel de direction introduit par « à »	à l'Ouest
Relation	relation simple ou complexe telle que définie dans la section 3.3.2	est limité(e) par limite
DroitRCC8	contexte droit d'une relation RCC8	est limité par la [Baie de Banyuls] EC(,[Baie de Banyuls])
Description	description, correspond à une phrase ou une proposition	l'[anse de Fontaulé] abrite le port

Table 5.3 — Des catégories de la grammaire abstraite accompagnées de leur signification et d'exemples.

La catégorie *Description* correspond ici à la plus grande unité puisqu'il s'agit d'une phrase ou d'une proposition complète décrivant une localisation. La catégorie *Relation* correspond aux relations simples ou complexes utilisées dans Inaut. La catégorie *DroitRCC8* correspond au contexte droit d'un prédicat RCC8 ou à la complémentation entre *Relation* et *Geoloc*.

Les fonctions nécessaires au traitement de notre exemple sont les suivantes :

```

1 Baie      : Geoloc ;
2 Cap      : Geoloc ;
3 NW       : Direction ;
4 Le, La   : Geoloc -> GeolocDef ;
5 LeD      : Direction -> DirectionDef ;
6 ADir     : DirectionDef -> ADirectionDef ;
7 LimitePassif : Relation ;
8 Compl     : Relation -> GeolocDef -> DroitRCC8 ;
9 Pred     : GeolocDef -> DroitRCC8 -> Description ;
10 PPred    : ADirectionDef -> Description -> Description ;

```

Listing 5.9 — Quelques fonctions de la grammaire asbtraite d'INAUT

La fonction *Comp1* permet de construire le contexte droit d'une relation RCC8, la fonction *Pred* remplit la fonction de prédication entre une relation RCC8 incomplète et une géolocalisation et enfin la fonction *PPred* autorise l'ajout de groupes prépositionnels dans une description. La fonction *Comp1* – ainsi que les fonctions simples qui la précèdent – est donc une fonction intermédiaire qui ne permet pas d'obtenir directement un arbre complet dans le langage Inaut.

Les relations du RCC8 sont utilisées dans plusieurs fonctions de la grammaire abstraite et notamment dans la relation `DroitRCC8` présentée en exemple. En effet, le contexte gauche d'une relation sera donné par une première `GeolocDef` qui fera office de point de départ. La relation RCC8 et son contexte droit sont introduits via la fonction `DroitRCC8` dont les linéarisations dans la grammaire concrète correspondent aux différentes relations du RCC8.

Avec cette grammaire abstraite, il est maintenant possible de produire un arbre pour la phrase « La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] » comme on peut le voir dans la figure 5.7. La production d'un arbre est essentielle pour pouvoir passer à la linéarisation des différentes grammaires concrètes.

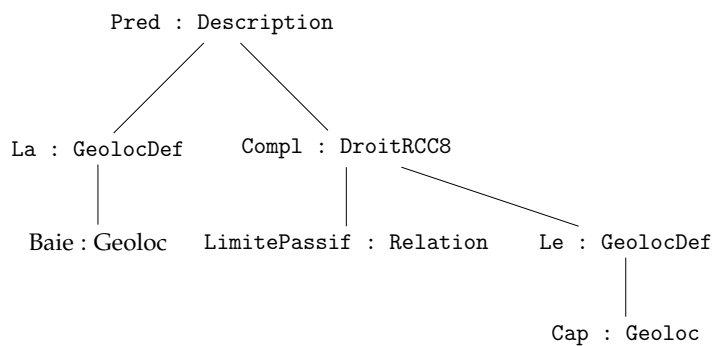


Figure 5.7 — Arbre de la phrase « La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne] » généré grâce à la grammaire abstraite d'Inaut implémentée en GF.

Maintenant que la grammaire abstraite permettant d'obtenir les arbres du langage contrôlé INAUT est définie, il convient de définir les différentes linéarisations possibles d'une même proposition.

5.2.3 Grammaire concrète de la partie textuelle

Tant le lexique que la syntaxe de la grammaire concrète textuelle d'INAUT reposent sur les catégories et fonctions définies dans les *resource grammars* du français dans GF. Pour cette raison, le développement de cette grammaire concrète ne pose pas de difficultés particulières outre la délimitation du vocabulaire contrôlé. Ainsi, ce ne sont pas, par exemple, tous les verbes du français qui sont définis, mais seulement ceux autorisés par INAUT. Il convient donc de sélectionner le lexique mais aussi de le redéfinir quand cela s'avère nécessaire. En effet, le jargon de la navigation maritime partage certains éléments de lexique avec le français courant mais dont les significations diffèrent grandement.

La grammaire concrète textuelle dispose donc d'un module `LexInautTxt` où sont déclarés tous les éléments du lexique d'INAUT, seuls les éléments déclarés sont acceptés lors de la rédaction en INAUT. Ainsi, la *resource library* de GF implémentant en grande partie la grammaire, la syntaxe et le lexique du français « courant » mais ne dispose pas du lexique, entre autres, de la navigation maritime. Par conséquent, des verbes comme « appareiller » ou « ariser »¹ doivent être introduits dans le lexique puisque GF ne les a pas intégrés dans son lexique des verbes du français. Qui plus est, certains verbes doivent être redéfinis comme c'est le cas pour le verbe « appeler ». Ce dernier est un verbe *transitif* en français courant, c'est-à-dire qu'il requiert un complément d'objet, or, dans le langage de la navigation, le verbe « appeler »² est intransitif et le plus souvent suivi d'un complément circonstanciel de direction. GF a donc déclaré le verbe « appeler » comme un type V2 dans la *resource library* du français, un verbe transitif prenant un sujet et un objet direct. Dans le cadre d'INAUT, le verbe « appeler » est donc redéfini comme un verbe de type V2A, un verbe prenant un sujet et, possiblement, un complément circonstanciel.

Pour la partie textuelle, la grammaire concrète doit donc redéfinir les types de certains verbes et déclarer les éléments de vocabulaire manquant.

5.2.4 Grammaire concrète de la partie visuelle

La grammaire concrète de la partie visuelle d'INAUT repose, comme cela a auparavant été mentionné, sur les relations topologiques du RCC8. L'implémentation qui est proposée ici ne « génère » pas d'élément graphique à proprement parler mais permet de générer un ensemble de formules logiques telles que celles présentées dans la figure 4.14 (page 121) décrivant une zone géographique. La création de cette grammaire repose sur les mêmes principes que la grammaire concrète textuelle dans le sens où : (a) le lexique doit être enrichi des éléments manquants et nettoyé de ceux qui ne rentrent pas dans le vocabulaire contrôlé et (b) certains verbes doivent être redéfinis. Seule la linéarisation change. Par exemple, dans la grammaire concrète textuelle, le verbe « limiter » est déclaré. La linéarisation via cette grammaire proposera donc un verbe conjugué en fonction de son sujet, tandis qu'avec la grammaire concrète visuelle, la linéarisation du verbe aura été redéfinie afin d'utiliser non pas une forme conjuguée du verbe « limiter », mais la relation RCC8 correspondante, autrement dit EC pour *Externally connected*. La constitution de cette grammaire consiste donc à définir pour

1. Ariser une voile consiste à en diminuer sa surface pour réduire la puissance de la voilure.

2. Lorsqu'un cordage exerce une traction dans une direction, on dit qu'il appelle dans cette direction.

chaque relation du RCC8 les verbes ayant la même signification. Pour illustration, les verbes « chevaucher » ou « déborder » produiront la même linéarisation puisqu'elle a été déclarée comme étant de type P0 (*Partially Overlapping*).

Nous venons de voir comment fonctionne l'implémentation d'INAUT en GF via la grammaire abstraite et ses différentes grammaires concrètes. Un des avantages de GF est qu'il fournit des messages d'erreur précis, permettant ainsi à l'utilisateur de savoir quelles tournures et quel vocabulaire utiliser lors de la rédaction d'un texte INAUT. GF propose des widgets* utilisables dans des applications externes qui permettent l'autocomplétion et la suggestion, guidant ainsi le rédacteur dans sa tâche. Ainsi, dans la figure 5.8³, on peut voir quels sont les mots de départ fournis au rédacteur pour commencer sa rédaction, la figure 5.9 présente les relations RCC8 de départ utilisables par l'utilisateur qui voudrait rédiger directement via le langage visuel.

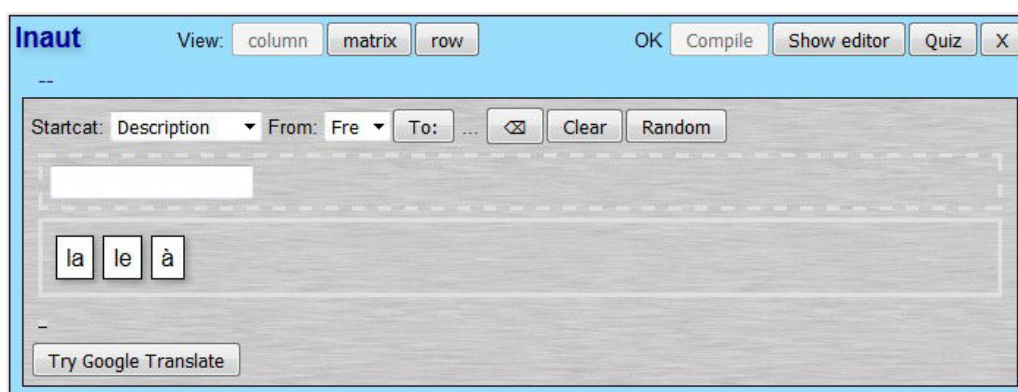


Figure 5.8 — Les mots de départ pour la rédaction en INAUT.

La figure 5.10 montre quels sont les mots utilisables pour compléter la proposition rédigée, ce qui empêche le rédacteur d'utiliser un vocabulaire non contrôlé.

Enfin, la figure 5.11 illustre le résultat de la rédaction d'une phrase : on remarque en premier lieu la représentation abstraite, puis les deux linéarisations, une en INAUT « textuel » et la seconde en INAUT « visuel ».

L'implémentation d'INAUT en GF permet donc de fournir au rédacteur un outil le guidant dans sa tâche de rédaction des *Instructions nautiques*. Elle autorise la production d'arbres syntaxiques pour une proposition INAUT permettant une traduction en langage contrôlé textuel ou visuel INAUT dépourvue d'ambiguïtés.

3. Pour faciliter la lecture, le module *minibar* hébergé sur <http://cloud.grammaticalframework.org/> a été utilisé pour les illustrations.



Figure 5.9 — Relations RCC8 disponibles pour commencer la rédaction du langage visuel.

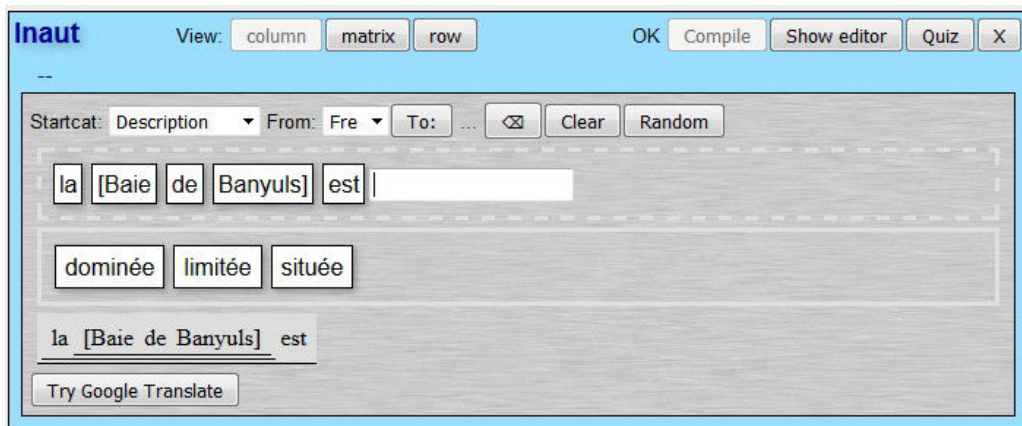


Figure 5.10 — Les suggestions proposées par GF pour poursuivre la rédaction : dominée, limitée et située.

Cet arbre syntaxique agit comme élément source pour la production d'autant d'éléments d'arrivée qu'il y a de grammaires concrètes.

5.3 L'implémentation dans NaVisu

Le système INAUT a, en partie, été implémenté dans un logiciel de navigation 3D, NaVisu, pour rendre compte des utilisations possibles du système au sein d'un logiciel complet faisant office d'ECDIS.

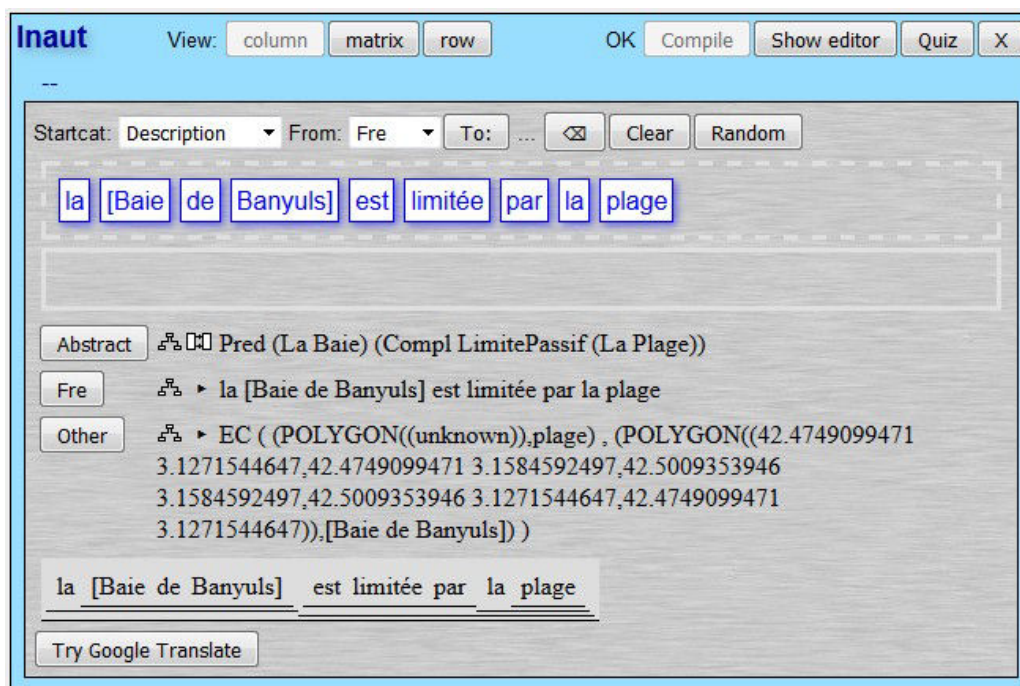


Figure 5.11 — Représentation d’une phrase INAUT dans la syntaxe abstraite et dans les deux syntaxes concrètes disponibles.

5.3.1 Présentation de NaVisu

NaVisu est un système d’information géographique, développé par Terre Virtuelle⁴, qui se présente comme une plate-forme de développement d’applications de visualisation de données maritimes en 3D et qui se fonde sur le projet open source WorldWind Java de la NASA⁵. NaVisu déploie un ensemble de fonctions utiles à la navigation telles que l’affichage de la cartographie (ENC/RNC), l’affichage de données capteurs ou de données 3D ou encore des aides à la navigation grâce au GPS et aux données AIS. Comme nous avons pu le faire remarquer tout au long de cette thèse, la navigation maritime ne saurait se passer des *Instructions nautiques*, complément essentiel aux cartes marines, aussi, leur intégration au sein d’un projet tel que NaVisu paraît pertinent. L’implémentation d’INAUT dans NaVisu passe donc par l’intégration d’un widget* nommé *SailingDirections*.

4. <https://github.com/terre-virtuelle>

5. <http://worldwind.arc.nasa.gov/java/>

5.3.2 Utilisation d'INAUT dans NaVisu


NaVisu ne permet pour le moment que deux opérations impliquant INAUT : la saisie de texte INAUT contrôlé par GF pour modification dans les *Instructions nautiques correspondantes* et la sélection des *Instructions nautiques* par sélection géographique directement sur la carte.

5.3.2.1 Saisie de texte INAUT

NaVisu permet à l'utilisateur de charger un ou plusieurs volumes d'*Instructions nautiques* (cf. figure 5.12) afin de les parcourir ou de les éditer. Les instructions



Figure 5.12 — Sélection et chargement d'un volume des *Instructions nautiques* dans NaVisu

sont positionnées géographiquement sur la carte et signalisées par le symbole  , lorsque l'utilisateur clique sur un de ces symboles, les instructions correspondantes sont affichées et il lui est alors possible de les éditer. L'édition du texte doit respecter la grammaire et le vocabulaire INAUT, l'interface offre donc la possibilité de valider la saisie avant de la sauvegarder dans la base de connaissances (cf. figure 5.13).

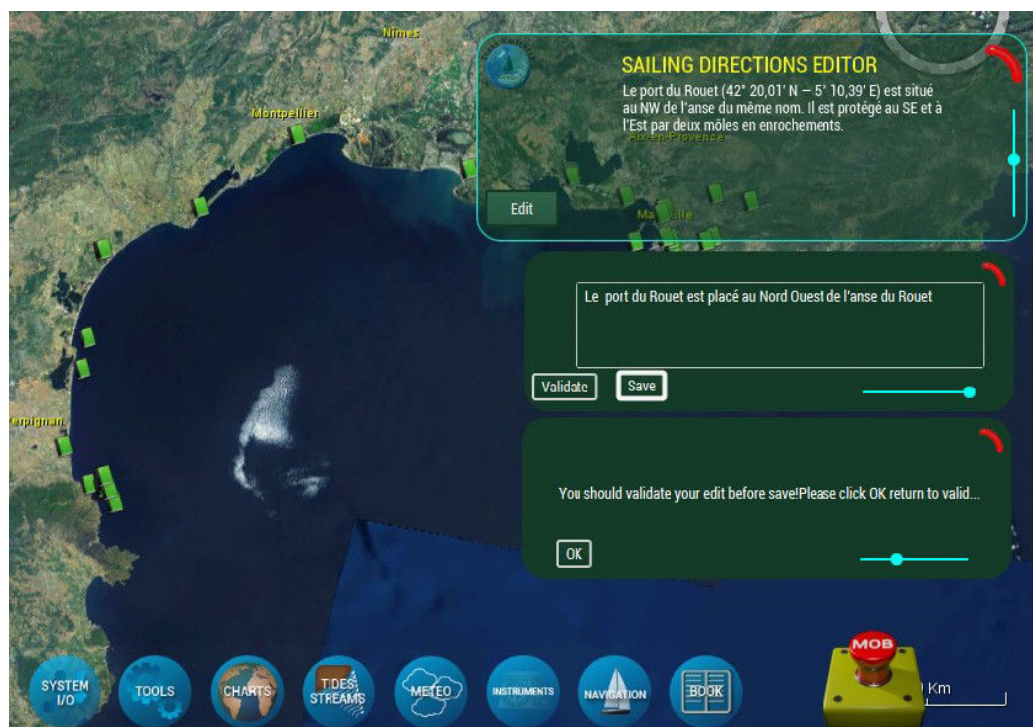


Figure 5.13 — Validation d'une édition des *Instructions nautiques*

5.3.2.2 Sélection d'une zone géographique

NaVisu offre la possibilité à l'utilisateur d'afficher une zone géographique correspondant à une section des *Instructions nautiques* par sélection de ladite section dans la structure hiérarchique du volume en question, structure automatiquement générée depuis la base de connaissances. L'interface affiche les zones géographiques automatiquement calculées à partir du graphe des aires géographiques, lui-même lié au graphe de la structure hiérarchique du document. L'utilisateur peut aussi sélectionner la zone géographique qui l'intéresse, la section des *Instructions nautiques* correspondante sera alors affichée en surbrillance dans le widget d'affichage de la structure hiérarchique du document (cf. figure 5.14) ce qui permet à l'utilisateur de se repérer à la fois dans l'ouvrage et dans la carte pour procéder à une édition ou une simple consultation des instructions.

Nous allons maintenant nous pencher sur les différentes pistes d'évaluation d'IN-AUT.

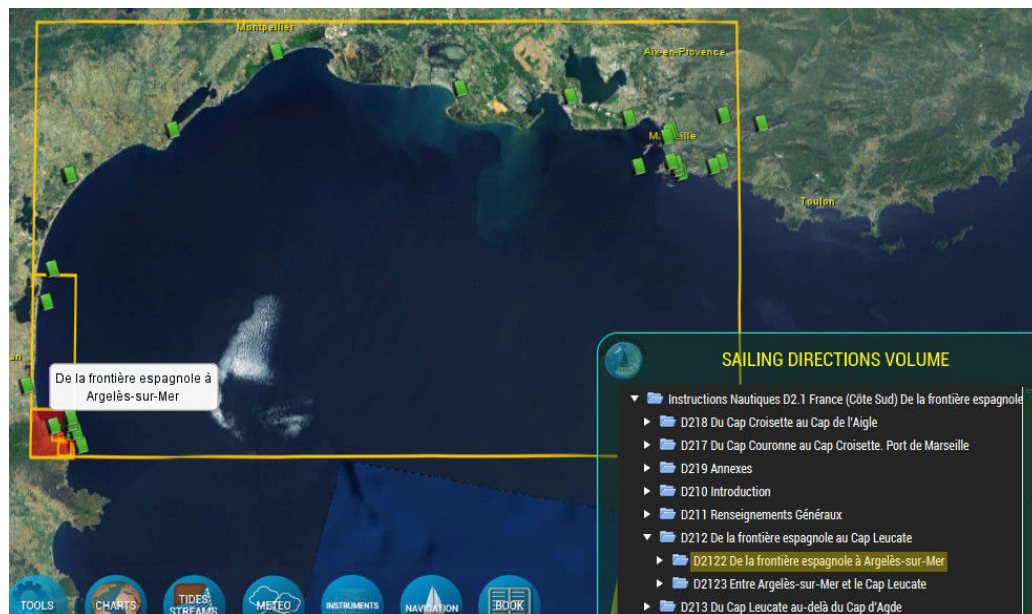


Figure 5.14 — Sélection par parcours de la structure hiérarchique (à droite) ou par zones géographiques (à gauche)

5.4 Réflexions sur l'évaluation d'INAUT

Les principes fondamentaux de l'évaluation d'un système de traitement automatique de la langue peuvent être divisés en deux catégories selon [148] : l'évaluation orientée technologie et l'évaluation orientée utilisateur. Pour rester proche de la terminologie employée précédemment concernant la classification des différents langages contrôlés (cf. section 1.1.1.3), nous emploierons les expressions d'évaluation orientée machine et d'évaluation orientée humain pour les différentes étapes de l'évaluation d'INAUT, mais il nous faut d'abord rendre compte des approches actuelles d'évaluation d'un langage contrôlé.

Quelles sont les méthodes existantes pour évaluer un langage contrôlé et comment pouvons-nous les exploiter pour évaluer INAUT ?

5.4.1 Méthodes d'évaluation d'un langage contrôlé

Différentes approches ont été employées jusqu'ici pour l'évaluation des langages contrôlés. Ces approches sont axées sur l'utilisateur [105]. Nous pouvons dégager deux tendances : les approches axées sur les tâches à accomplir par les utilisateurs et les approches axées sur la paraphrase.

5.4.1.1 Approches axées tâches

Les approches axées tâches, comme leur nom l'indique, sont des approches où les utilisateurs doivent accomplir les tâches qui leur sont demandées, c'est leur capacité à effectuer ces tâches qui doit rendre compte de la facilité de rédaction d'un langage contrôlé. Les tâches demandées aux utilisateurs correspondent le plus souvent à l'insertion de connaissances dans une base de connaissances via un outil basé sur un langage contrôlé [63, 17].

Ainsi, pour l'évaluation de CLOnE [63], Funk *et al.* ont fourni une liste de tâches aux participants de l'évaluation, des tâches telles que :

```
Create a subclass Periodical of Document ;  
Create a subclass Journal of Periodical ;  
Create an instance Journal of Knowledge Management of class  
Journal ;  
Define a property that Hamish Cunningham, Kalina Bontcheva and  
Yaoyong Li are authors of Crossing the Chasm.
```

Il est alors attendu des participants de produire des énoncés en langage contrôlé CLOnE comme suit :

```
Periodicals are a type of Documents ;  
Journals are a type of Periodicals.
```

Une fois les tâches accomplies par les participants, l'exactitude des énoncés est attestée si les connaissances en présence ont bien été intégrées à la base de connaissances.

5.4.1.2 Approches axées paraphrase

Les approches axées paraphrases ont l'avantage de ne dépendre d'aucun outil particulier, leur but est de tester l'intelligibilité d'un langage contrôlé et non pas sa facilité d'utilisation.

C'est cette approche qui est utilisée par Hallett *et al.* pour l'évaluation du système CLEF qui propose la formulation de requêtes en langage contrôlé pour interagir avec une base de données [69]. Dans ce type d'approche, une situation initiale – une phrase à reformuler ou un résumé d'une situation – est proposée aux participants qui doivent alors sélectionner parmi plusieurs options, quelle proposition correspond à la situation initiale. Dans le cas de CLEF [69], une situation est proposée aux participants ainsi qu'un ensemble de trois requêtes par situation. Les participants doivent alors sélectionner la requête qui correspond au langage

contrôlé utilisé par le système CLEF. Une situation initiale se présentant de la sorte :

Relevant subjects: patients with a clinical diagnosis of invasive ductal carcinoma

Treatment: patients who received breast conservation surgery, no auxillary surgery, and radiotherapy

Tests: []

Outcome: absolute number of patients ;

les options proposées aux participants sont alors les suivantes :

- How many patients diagnosed with invasive ductal carcinoma underwent breast conservation surgery, did not undergo auxillary surgery, and received radiotherapy ?
- How many patients diagnosed with invasive ductal carcinoma underwent breast conservation surgery, did not undergo auxillary surgery, and did not receive radiotherapy ?
- How many patients diagnosed with invasive ductal carcinoma did not undergo breast conservation surgery, did not undergo auxillary surgery, and received radiotherapy ?

Le problème de ce type d'évaluation est qu'il est impossible de savoir si les participants comprennent réellement le langage contrôlé ou s'ils se fondent simplement sur des caractéristiques récurrentes du langage contrôlé (comme la syntaxe) pour trouver la bonne proposition sans réellement avoir compris le fonctionnement. Cependant, cette approche permet de confirmer le niveau d'expressivité d'un langage contrôlé assez aisément bien que ce ne soit pas son objectif premier.

5.4.1.3 Le *framework Ontograph*

Il convient finalement d'évoquer le cadre d'évaluation proposé par Kuhn dans [105], Ontograph, qui vise à évaluer la compréhension des utilisateurs de langages de représentation des connaissances. Kuhn propose en effet un cadre d'évaluation indépendant de tout système permettant de tester la facilité de compréhension de tout langage utilisé pour la représentation des connaissances qu'il s'agisse de langages contrôlés ou de langages formels. C'est le seul *framework* conçu, entre autres, spécifiquement pour les langages contrôlés à notre connaissance.

Le cadre d'évaluation consiste en une notation diagrammatique composée d'une légende et d'un *mini world*. La légende contient les représentations graphiques

des types et des relations tandis que le *mini world* décrit des situations faisant intervenir les individus introduits par la légende. L'intérêt d'Ontograph est de tester l'intelligibilité de langages formels en autorisant la représentation de connaissances via des graphes ; tout ce qui est représenté dans un *ontograph* est considéré comme vrai tandis que tout ce qui n'y est pas montré est considéré comme faux.

La figure 5.15 présente un *ontograph* qui correspond aux énoncés formulés en langage contrôlé ACE de la table 5.4.

Énoncés ACE
John sees Tom.
Lara sees Mary.
Mary does not see Tom.
Tom does not see Lara.
Tom buys a picture.
John buys a present.
John sees no woman.
Mary sees no man.
Tom sees every woman.
Lara sees every man.
Tom sees nothing but women.
John sees nothing but men.
Lara buys nothing but presents.
Lara buys nothing but pictures.
No woman sees herself.
No man sees himself.
Every woman buys nothing but pictures.
Every man buys nothing but presents.
No man who buys a picture is seen by a woman.
No woman who buys a picture is seen by a man.

Table 5.4 — Énoncés ACE correspondants à l'*ontograph* de la figure 5.15

Ontograph se présente donc comme un outil de traduction graphique d'énoncés en langages contrôlés ou langages formels en général et permet de rendre compte de son intelligibilité : si les participants d'une évaluation sont capables de représenter via un ou des *ontographs* des énoncés produits en un langage de représentation de la connaissance, cela signifie alors qu'ils comprennent ces énoncés, il est alors possible d'évaluer l'intelligibilité du langage en question. Bien qu'Ontograph permette de construire des « énoncés visuels », il n'est pas pour autant un outil d'évaluation pour les langages visuels qui ne disposent pas, à notre connaissance, de *framework* d'évaluation dédié.

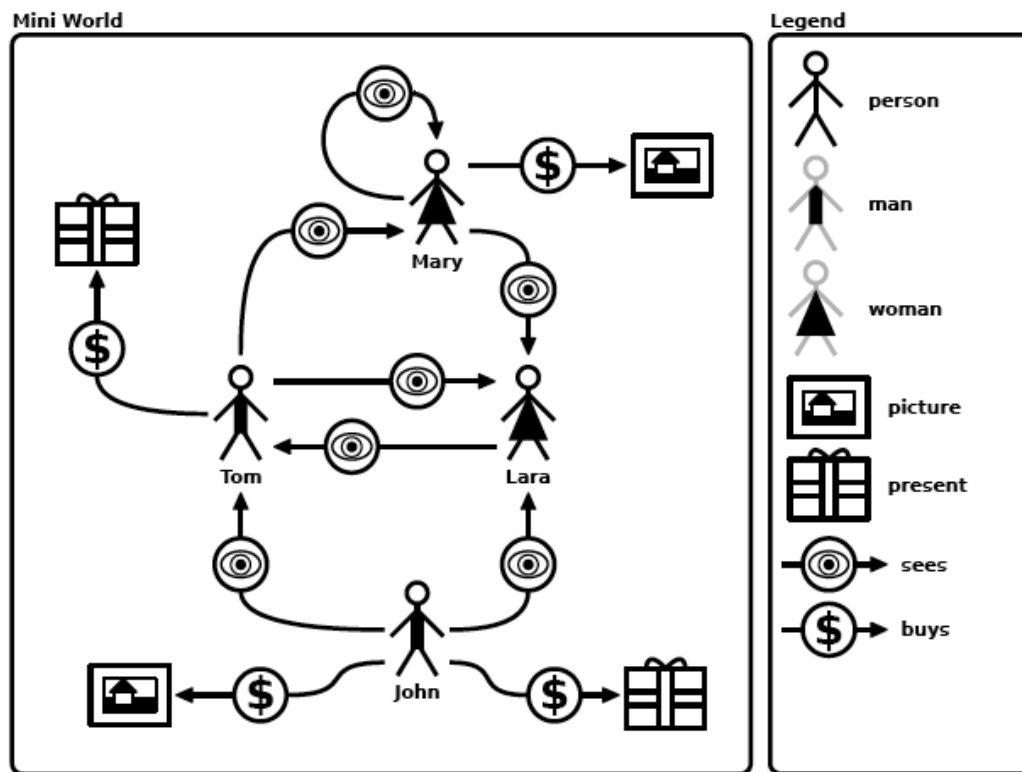


Figure 5.15 — Exemple d'un *ontograph* – À droite : la légende définit les types et relations de l'*ontograph*– À gauche : le *mini world* avec les individus, les types, les relations et les liens entre eux. (source : <http://attempto.ifi.uzh.ch/site/docs/ontograph/>)

Nous venons de voir quelles sont les méthodes d'évaluation habituelles d'un langage contrôlé, mais peuvent-elles s'appliquer à l'évaluation d'INAUT? Nous allons maintenant nous intéresser aux moyens permettant d'évaluer INAUT et comment son mode de fonctionnement nous enjoint à utiliser des approches passablement différentes de celles habituellement employées que nous venons de voir.

5.4.2 Évaluation orientée humain du système INAUT

Le système INAUT permet une communication bidirectionnelle entre l'utilisateur humain et la base de connaissances du SHOM. La direction de l'humain à la machine peut être évaluée selon deux axes : la facilité de compréhension du langage contrôlé et sa facilité de rédaction. Ces deux axes correspondent au schéma de base de la communication (cf. figure 5.16) : l'émetteur encode un message transmis via un canal de communication, le récepteur décode le message et émet

un feedback, une rétroaction en réaction au message, message lui-même potentiellement soumis à des éléments perturbant la communication, que l'on nomme « bruit ».

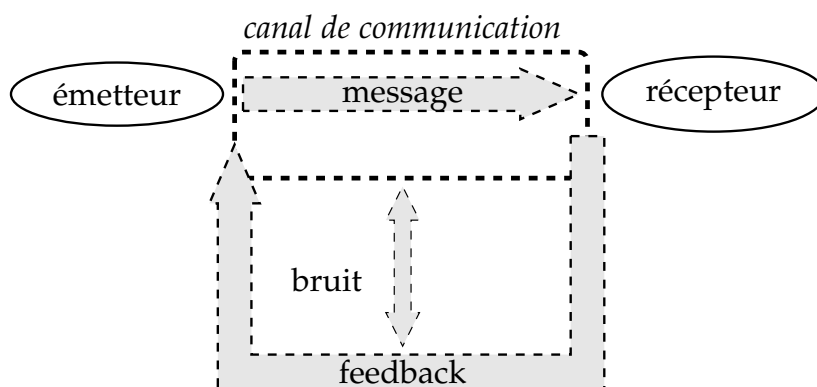


Figure 5.16 — Schéma de communication

Ce sont donc les capacités de l'émetteur à encoder son message en langage contrôlé qui sont évaluées dans le cas d'une évaluation de la facilité de rédaction du langage contrôlé, mais aussi ses capacités de décodage quant à la compréhension du message. L'émetteur occupe donc la double position d'émetteur et de récepteur en ce qui concerne la rédaction en INAUT. Ce sont donc ces facilités d'encodage et de décodage du message qui sont évaluées dans le cas d'une évaluation orientée humain selon les deux axes susmentionnés.

Cependant, la première direction, de l'humain à la machine, est difficile à évaluer dans le cas d'INAUT. Effectivement, la base de connaissances a été conçue dès le début pour correspondre au texte des *Instructions nautiques*. Par conséquent, la rédaction ainsi que la compréhension du langage contrôlé par les utilisateurs demeurent pratiquement inchangées puisque le langage a été conçu pour respecter le vocabulaire et les conventions de rédaction des *Instructions nautiques* autant que possible. Pour cette même raison, la communication de l'utilisateur humain vers la base de connaissances est une opération se déroulant sans accroc et sans perte d'information. Les approches d'évaluation susmentionnées ne sont donc pas réellement pertinentes pour une évaluation d'INAUT.

Une évaluation orientée humain dans le cas d'INAUT consisterait donc plutôt à mesurer le niveau de satisfaction quant à l'utilisation du système mais aussi la qualité, selon des évaluateurs humains, de la génération de textes en INAUT. Nous nous proposons d'expliquer maintenant comment le système INAUT pourra être évalué par la suite.

5.4.2.1 Évaluation du système : *System Usability Scale*

Une première étape de l'évaluation orientée humain est celle de l'utilisabilité du système par des utilisateurs humains. Pour cette étape, nous proposons d'utiliser le *System Usability Scale* (SUS) [27] qui est fondé sur un questionnaire d'évaluation subjective de dix questions (cf. annexe I) concernant le système évalué. D'autres interfaces en langue naturelle utilisant des langages contrôlés ont été évaluées avec le SUS précédemment [18, 17].

Le SUS se compose donc de dix questions dont l'évaluation est fondée sur une échelle de Likert* en cinq degrés :

1. tout à fait d'accord ;
2. plutôt d'accord ;
3. ni d'accord ni pas d'accord ;
4. plutôt pas d'accord ;
5. pas du tout d'accord.

Pour calculer le score SUS – et partant du principe que les énoncés sont numérotés de 1 à 10 – il suffit d'additionner le score allant de 0 à 4 de chaque énoncé : pour les énoncés impairs, on retire un point à chaque score obtenu lors du questionnaire, les scores des énoncés pairs sont calculés en soustrayant le score obtenu à 5. Enfin, la somme totale de ces scores est multipliée par 2,5 pour obtenir un score sur 100 du SUS. Plus le score obtenu est proche de 100, plus le système évalué présente une utilisabilité « parfaite ».

Selon l'échelle, fréquemment utilisée, créée par Bangor, Kortum et Miller [10], la moyenne du SUS, calculée sur 2324 questionnaires SUS, est de 68, un système obtenant donc un score inférieur à 68 est considéré comme en-dessous de la moyenne en terme d'accessibilité si on se fit à l'échelle susmentionnée (cf. figure 5.17).

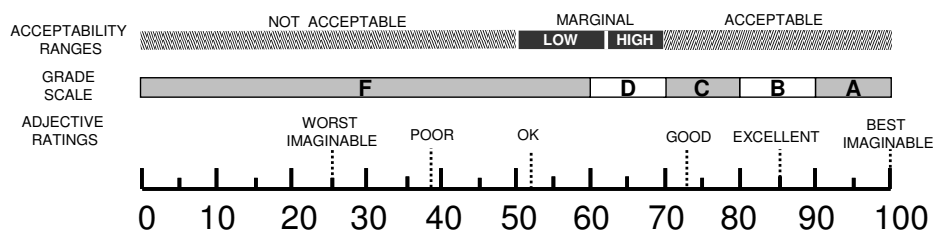


Figure 5.17 — Échelle d'interprétation d'un score SUS (extrait de [10, p. 121])

Comment pourrions-nous utiliser cette échelle pour notre évaluation ?

Participants Nous proposons une évaluation avec deux types de participants : une classe de 25 étudiants de l'École Navale⁶ qui forme de futurs ingénieurs et futurs officiers de la Marine nationale française ainsi que les rédacteurs des *Instructions nautiques* du SHOM, au nombre de 5, pour un échantillon total d'environ 30 participants. Ces participants sont sélectionnés pour leur connaissance de la navigation maritime mais aussi parce qu'ils constituent une des cibles principales du système INAUT.

Protocole Le protocole proposé peut se subdiviser en cinq étapes :

- (1) lecture d'une explication préalable de l'expérience (1 page maximum);
- (2) lecture des instructions d'utilisation de l'interface et de la rédaction d'INAUT (2 pages maximum);
- (3) réalisation des tâches;
- (4) remplissage du questionnaire;
- (5) réponse aux questions à caractère démographique (le participant est-il étudiant ou rédacteur, etc.).

L'étape (3) consiste en la réalisation des tâches demandées aux participants. Ces tâches sont déterminées à partir des trois cas d'utilisation présentés en introduction de ce mémoire (cf. page 14) et se limitent aux zones géographiques d'ores et déjà traitées dans le système.

Nous suggérons l'exécution de quatre tâches correspondant aux trois cas d'utilisation :

- (1) cas d'utilisation n° 1 : alimenter la base de connaissances avec une instance de bouée située dans l'ouvert de la baie de Banyuls → cette tâche permet de tester la saisie du langage contrôlé;
- (2) cas d'utilisation n° 2 : sélectionner une aire géographique allant du cap d'Osne à l'île Petite comprenant l'anse de la ville de Banyuls → cette tâche permet de tester les fonctions de sélection sur la carte résultant en une génération automatique d'extraits des *Instructions nautiques*, l'utilisateur devra donc sélectionner une zone avec la forme de son choix (polygone, rectangle, cercle, etc.) (cf. figure 5.18);
- (3) cas d'utilisation n° 3 (1) : charger une traversée pré-établie et fournie pour l'expérience et afficher le texte généré automatiquement → cette tâche permet de tester la facilité de chargement et d'utilisation de traversées préalablement créées par un tiers ainsi que la facilité à générer automatiquement le texte intéressant l'utilisateur;

6. <https://www.ecole-navale.fr/>

- (4) cas d'utilisation n° 3 (2) : créer une traversée du large vers l'anse de Fontaulé située dans le port de Banyuls et afficher le texte généré automatiquement → cette tâche permet de tester un autre point important du cas d'utilisation n°3 consistant en la possibilité de créer sa propre traversée et par conséquent ses propres *Instructions nautiques*⁷.

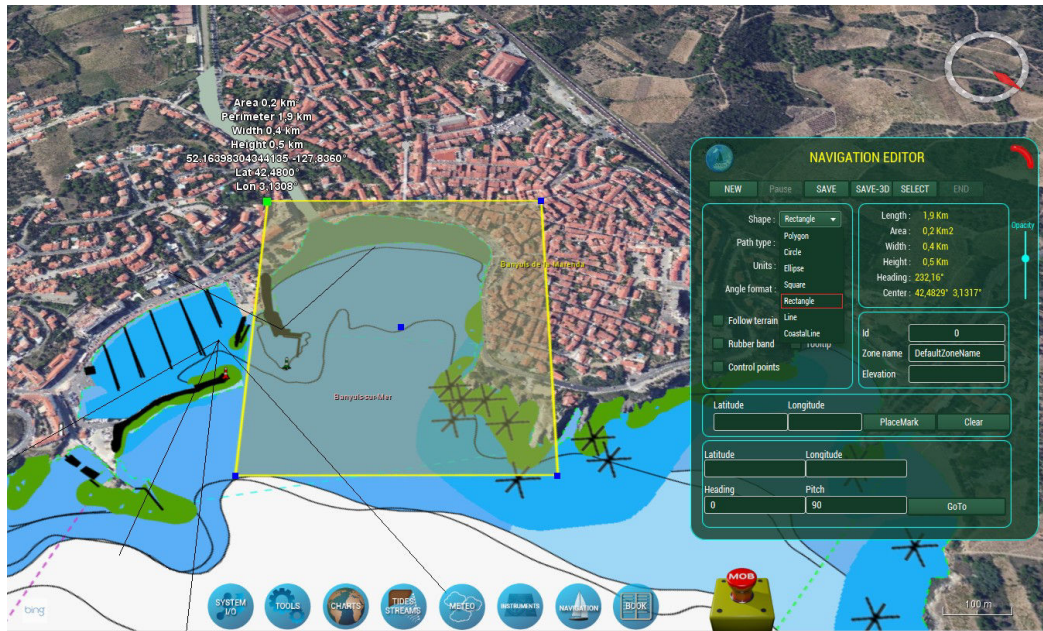


Figure 5.18 — Tâche (2) de l'évaluation utilisant le SUS

Les quatre tâches requises correspondent aux cas d'utilisation les plus fréquents du système INAUT et font intervenir la saisie en langage contrôlé, la sélection par zone géographique, la création de traversées et la génération automatique de nouvelles instructions. Une fois les tâches complétées, les participants auront à remplir le questionnaire *System Usability Scale* qui nous permettra d'évaluer l'accessibilité du système aux utilisateurs visés.

Enfin, l'activité de chaque participant pendant la réalisation des tâches sera enregistrée grâce à un logiciel tel que CamStudio⁸ – un équivalent gratuit de Camtasia⁹ – afin d'observer le comportement de chaque participant vis-à-vis du système, qu'il s'agisse des erreurs commises ou du temps d'exécution de chaque

7. Il est possible en outre de conserver les textes obtenus afin d'évaluer la stabilité du texte obtenu puisque nous disposerons alors d'une trentaine de textes pour une même traversée présentant nécessairement des variations d'un participant à l'autre.

8. <http://camstudio.org/>

9. <http://www.techsmith.fr/camtasia.html>

tâche dans le but d'optimiser au maximum la facilité d'utilisation du système implémentant INAUT.

5.4.2.2 Évaluation de la GAT

L'évaluation subjective des textes INAUT automatiquement générés se concentre sur l'intelligibilité et la fluidité des textes produits.

Pour noter ces deux marqueurs, nous nous basons sur la technique d'évaluation de Androutsopoulos, Lampouras et Galanis exposée dans [7] pour juger de la fluidité d'un texte et qui se fonde sur les cinq sous-critères suivants adaptés pour l'occasion à notre domaine :

- (S¹) Fluidité des phrases : chaque phrase du texte est correcte grammaticalement et naturelle. La combinaison de deux (ou plus) courtes phrases forme une phrase plus longue mais elle aussi grammaticalement correcte et naturelle.
- (S²) Les expressions référentielles : les expressions référentielles ainsi que les pronoms sont utilisés correctement et de façon naturelle, et il est facile de déterminer quels sont les référents.
- (S³) La structure du texte : l'ordre des phrases dans le paragraphe est adéquat et l'information présente dans le texte est exposée sans que le sujet du texte varie de façon incohérente.
- (S⁴) La clarté du texte : le texte est aisément compréhensible pour un lecteur ayant des connaissances en navigation maritime.
- (S⁵) L'intérêt du texte : l'information présentée est intéressante pour le lecteur et son but (planifier une traversée par exemple). Le texte ne possède pas de phrases redondantes.

Chaque critère permet d'évaluer une étape du processus de GAT :

- (S¹) évalue l'étape de lexicalisation et d'agrégation ;
- (S²) évalue la génération d'expressions référentielles ;
- (S³) évalue l'ordonnancement des phrases dans un paragraphe ;
- (S⁴) évalue la clarté du texte ;
- (S⁵) évalue l'étape de *content determination*.

Pour un texte donné, chaque critère doit être noté de 1 à 3 par les participants via l'échelle de notation suivante :

1. désaccord ;
2. ambiguïté ;
3. accord.

Participants Nous proposons une évaluation avec deux types de participants : une classe de 25 étudiants de l'École Navale ainsi que les rédacteurs des *Instructions nautiques* du SHOM, au nombre de 5, pour un échantillon total d'environ 30 participants. Ces participants sont sélectionnés pour leur connaissance de la navigation maritime mais aussi parce qu'ils constituent une des cibles principales du système INAUT.

Protocole Le protocole proposé peut se subdiviser en quatre étapes :

- (1) lecture d'une explication préalable de l'expérience (1 page maximum) ;
- (2) lecture et notation des paragraphes automatiquement générés ;
- (3) lecture et notation des paragraphes extraits des *Instructions nautiques* originales ;
- (4) réponse aux questions à caractère démographique (le participant est-il étudiant ou rédacteur, etc.).

Après avoir lu les explications de l'expérience, les participants peuvent passer à la phase de lecture et de notation. Cent paragraphes automatiquement générés seront notés via les 5 critères (S^1 à S^5) susmentionnés. Il nous sera alors possible d'établir un score par paragraphe et de calculer une moyenne globale allant de 1 à 3 pour chaque critère, l'objectif étant de s'approcher le plus possible de la note de 3. Afin d'obtenir une comparaison avec les *Instructions nautiques* originales, cent paragraphes – concernant les mêmes zones géographiques – seront eux aussi notés de la même manière. L'objectif dans notre cas est donc d'obtenir un score pour les paragraphes nouvellement générés aussi proche que possible du score obtenu par les paragraphes originaux.

Chaque participant doit réaliser l'expérience sur machine : 10 paragraphes automatiquement générés ainsi que 10 paragraphes originaux ordonnés aléatoirement sont présentés un par un à chaque participant pour notation. Nous limitons à 20 paragraphes par participant afin de ne pas créer de lassitude pouvant conduire à une notation arbitraire afin d'achever le test, ce qui permet d'évaluer trois fois chaque paragraphe et d'obtenir une moyenne de chaque critère pour les 200 paragraphes à évaluer.

Nous venons de voir comment une évaluation qualitative orientée humain en deux temps pourra être opérée afin d'évaluer au mieux le système INAUT. Nous allons pouvoir dès à présent nous pencher sur une évaluation quantitative et orientée machine.

5.4.3 Évaluation orientée machine du système INAUT

Comme nous l'avons précédemment précisé, c'est principalement le processus de GAT du système qui peut bénéficier d'une évaluation orientée machine. Nous allons donc proposer deux étapes possibles de cette évaluation à venir, le but étant de tester la linéarisation effectuée par GF et la GAT INAUT.

En effet, cette fois, c'est la communication allant de la base de connaissances à l'humain qui est évaluée, il est possible de mesurer la qualité des paragraphes générés dans le cas de la GAT sur la base de règles et de mesures objectives.

5.4.3.1 Linéarisation GF

L'évaluation de la linéarisation d'INAUT vers des requêtes CYPHER peut être accomplie en mesurant la qualité du retour des requêtes. Dans cette étape de l'évaluation, c'est avant tout le cas d'utilisation n°1 présenté dans l'introduction de cette thèse (cf. section 0.3.3.1) qui permet d'illustrer l'utilisation de la linéarisation des requêtes par *Grammatical Framework* et leurs retours puisqu'il s'agit du cas d'utilisation faisant intervenir alimentation et enrichissement de la base de connaissances.

Plus clairement, il suffit de vérifier que les requêtes ont bien abouti au but recherché pour attester de la qualité de linéarisation du langage contrôlé vers des requêtes CYPHER. Nous proposons donc d'enrichir et d'alimenter la base de connaissances avec de nouvelles requêtes et de comparer chaque requête avec son résultat dans la base de connaissance, approche d'ores et déjà utilisée par Kaufmann, Bernstein et Zumstein pour l'évaluation de la linéarisation de requêtes depuis la langue naturelle vers SPARQL dans le système Querix [97]. Il nous suffira alors de comptabiliser le nombre d'erreurs obtenues et le type d'erreur afin d'améliorer, si besoin est, la linéarisation. Pour procéder à ce test, il nous faut créer un échantillon représentatif des requêtes que peut formuler un utilisateur du système INAUT. Il nous est donc nécessaire de créer un corpus de requêtes basées sur les constructions syntaxiques autorisées par INAUT. La solution à cette nécessité est donc d'extraire les patrons syntaxiques d'un corpus d'*Instructions nautiques* formulées en INAUT, de construire des requêtes respectant ces patrons et de les exécuter afin de comptabiliser les erreurs obtenues, autant en matière de bruit que de silence.

Un étiquetteur morpho-syntaxique comme TreeTagger¹⁰ nous permet de retrouver facilement ces patrons syntaxiques de phrases. En effet, un paragraphe comme le suivant

(Phr¹) La [baie de Banyuls] est limitée au NW par le [cap d'Osne].

(Phr²) La [baie de Banyuls] est limitée à l'Est par l'[île Grosse].

(Phr³) L'[île Grosse] est rattachée à la côte par un terre-plein.

(Phr⁴) La [baie de Banyuls] est divisée en deux parties par l'[île Petite] : à l'Ouest l'[anse de la Ville] et à l'Est l'[anse de Fontaulé].

(Phr⁵) L'[île Petite] est reliée au rivage par un terre-plein.

(Phr⁶) L'[anse de la Ville] est bordée par une plage.

(Phr⁷) La plage est dominée par l'agglomération.

(Phr⁸) L'[anse de Fontaulé] abrite le port.

permet d'obtenir, après tokénisation*, les patrons syntaxiques qui suivent :

(PS¹) DET:ART NOM PRP NAM VER:pres VER:pper PRP:det NOM PRP DET:ART NOM PRP
NAM SENT

(PS²) DET:ART NOM PRP NAM VER:pres VER:pper PRP DET:ART NOM PRP DET:ART NOM
NAM SENT

(PS³) DET:ART NOM NAM VER:pres VER:pper PRP DET:ART NOM PRP DET:ART NOM SENT

(PS⁴) DET:ART NOM PRP NAM VER:pres VER:pper PRP NUM NOM PRP DET:ART NOM ADJ
PUN PRP DET:ART NOM DET:ART NOM PRP DET:ART NAM KON PRP DET:ART NOM
DET:ART NOM PRP NAM SENT

(PS⁵) DET:ART NOM ADJ VER:pres VER:pper PRP:det NOM PRP DET:ART NOM SENT

(PS⁶) DET:ART NOM PRP DET:ART NAM VER:pres VER:pper PRP DET:ART NOM SENT

10. <http://www.cis.uni-muenchen.de/~schmid/tools/TreeTagger/>

(PS⁷) DET:ART NOM VER:pres VER:pper PRP DET:ART NOM SENT

(PS⁸) DET:ART NOM PRP NAM VER:pres DET:ART NOM SENT.

Appliquée à tout un corpus d'*Instructions nautiques*, cette extraction de patrons nous permet de construire autant de requêtes basées sur des patrons syntaxiques récurrents que le système est censé pouvoir supporter afin de mettre à jour ou ajouter des objets, relations, attributs, etc.

Nous allons pouvoir désormais nous pencher sur la dernière étape de l'évaluation qui complète l'évaluation subjective exposée préalablement avec une mesure quantitative de la GAT INAUT.

5.4.3.2 Génération Automatique de Textes INAUT

Nous pouvons nous affranchir de l'étape de lexicalisation du processus de GAT INAUT dans la mesure où la lexicalisation est déjà présente dans la base de connaissances du SHOM. En effet, chaque nœud de la base est textualisé comme on le constate dans la figure 5.19 où les nœuds présentent du texte qui sera réutilisé tel quel lors de la génération automatique – textualisation visible dans le nœud de la relation complexe #1 est relié par #2 à #3.

C'est l'ordonnancement des phrases au sein des paragraphes générés qui constitue la difficulté principale dans le processus de génération de textes INAUT, c'est donc cette étape qui se doit d'être évaluée, étape faisant partie intégrante des cas d'utilisation n° 2 (cf. section 0.3.3.2) et n° 3 (cf. section 0.3.3.3) dans lesquels la GAT constitue le cœur de l'opération. Le choix de la première phrase d'un paragraphe est primordial puisque c'est à partir d'elle que découle l'ordre des autres phrases d'un paragraphe, pour cette raison, le choix de la première phrase sera évalué séparément de l'ordonnancement total des paragraphes.

Pour cette évaluation, 100 paragraphes automatiquement générés sont à nouveau sélectionnés et seront comparés aux paragraphes originaux correspondants dans les *Instructions nautiques*. Nous utilisons la distance de Levenshtein [112] pour calculer les différences d'ordonnancement entre les anciens et les nouveaux paragraphes.

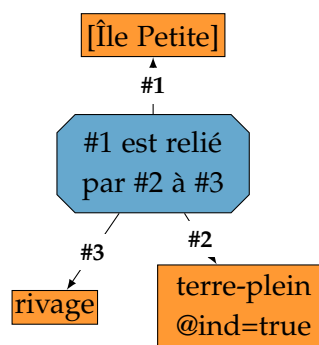


Figure 5.19 — Exemple de nœuds de la KB

Définition 14 Distance de Levenshtein

La distance de Levenshtein quantifie le nombre minimal d'insertions, de suppressions et de substitutions requis pour convertir un mot d'un langage formel en un autre mot.

Chaque action a un coût : une substitution a un coût de deux unités tandis qu'une suppression ou une insertion a un coût d'une unité. Plus une conversion a un coût élevé, plus la distance de Levenshtein est grande.

Le but est d'obtenir des distances de Levenshtein minimale pour chaque paragraphe. Puisque cette distance s'applique d'abord aux chaînes de caractères, il suffit de considérer les paragraphes comme des chaînes de caractères complexes comprenant espaces et retours à la ligne.

Choix de la première phrase Comme il a été précisé plus haut, le choix de la première phrase est évalué séparément du reste du paragraphe car c'est d'elle que découle le reste du paragraphe. Puisqu'il ne s'agit que d'une phrase à chaque fois, la distance de Levenshtein ne nous est réellement utile pour cette étape où nous pouvons simplement noter la position de la première phrase du paragraphe original dans le paragraphe automatiquement généré correspondant.

Ordonnancement dans le paragraphe L'ordonnancement dans le paragraphe des phrases restantes correspond à la seconde étape de cette évaluation et est évalué comme expliqué précédemment.

Il nous paraît intéressant de noter ici qu'une approche orientée machine pour évaluer le naturel de textes ou phrases automatiquement générés a été mise au point par Montero et Araki [132]. Cette évaluation automatique repose sur la production de n -grammes* d'une phrase (ou d'un texte) automatiquement généré et de calculer la fréquence d'utilisation de ces n -grammes dans le contenu d'une grande quantité de pages web faisant office de base de données. En utilisant cette approche, nous pourrions disposer de deux évaluations traitant du naturel des instructions nouvellement générées afin de comparer les résultats obtenus, les résultats de l'évaluation orientée humain faisant office de standard de référence.

Nous avons suggéré plusieurs pistes pour réaliser une évaluation future complète à la fois qualitative et quantitative du système INAUT en nous fondant sur des méthodologies éprouvées.

5.5 Conclusion

L'implémentation d'INAUT n'est à ce jour pas encore achevée mais nous disposons d'ores et déjà de plusieurs éléments : une implémentation partielle d'INAUT en GF pour permettre le contrôle et la génération d'INAUT sous plusieurs formes (langage contrôlé textuel et langage contrôlé visuel) et une utilisation partielle de cette implémentation dans l'interface NaVisu permettant à l'utilisateur de « naviguer » dans un ouvrage de façon hiérarchique ou géographique et d'éditer des portions de texte en langage contrôlé INAUT. Nous disposons qui plus est de nombreux éléments pour effectuer l'évaluation d'INAUT selon plusieurs aspects : utilisabilité du système, génération automatique de textes, etc.

Chapitre

6

Conclusion et perspectives

Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic.

Sir Arthur C. Clarke, "Hazards of Prophecy : The Failure of Imagination" in *Profiles of the Future* (1962)

Ce dernier chapitre est consacré à un bilan du travail accompli : nous ferons un bilan succinct rappelant la problématique et les réponses qui y sont apportées, puis nous présenterons les extensions potentielles du système avec notamment une intégration de l'aspect 3D des objets d'une carte ou encore une extension mettant l'accent sur une prise en compte plus accrue de la dangerosité.

6.1 Bilan

Dans un premier temps, après une présentation du contexte dans lequel s'inscrit cette thèse, nous avons procédé à un état de l'art des différents domaines abordés, qu'il s'agisse du traitement automatique du langage, de la représentation de la connaissance, des systèmes d'information géographique ou, bien évidemment, des langages contrôlés.

Nous avons posé dans notre introduction (cf. page 11) une question : comment traiter les relations de complémentarité entre deux modes différents ? Avant de répondre précisément à cette question, nous avons proposé un langage contrôlé comme interface d'une base de connaissances pour des usagers experts du domaine maritime. En effet, une des problématiques que nous avons eue à résoudre est celle de l'accessibilité des outils de manipulation de la connaissance par des usagers non-experts dans les formalismes et outils de la représentation de la connaissance. La première version du langage contrôlé proposée présente une modélisation des *Instructions nautiques* visant à répondre à la problématique de l'explicitation de la connaissance des experts de la navigation maritime.

Nous avons ensuite proposé une extension du langage contrôlé INAUT ne prenant en compte que le mode textuel en un langage contrôlé hybride qui permet, justement, de traiter les relations de complémentarité entre texte et visuel par le biais, entre autres, de la grammaire *SR-RCC8*. Cette extension répond à la question posée dans notre introduction puisqu'elle met en évidence le traitement de la relation entre l'aspect textuel de notre corpus (les textes compagnons) et son aspect visuel (les cartes marines).

Dans un second temps, nous avons présenté l'implémentation d'INAUT dans un *framework* conçu pour les langages contrôlés, *Grammatical Framework*, qui nous a fourni un cadre adapté à la génération à la fois textuelle et visuelle d'une même phrase INAUT. Un bref aperçu de l'intégration partielle d'INAUT dans un logiciel de navigation maritime, NaVisu, mettant d'ores en déjà en place la possibilité de saisir du texte en INAUT, de la valider ou encore de le modifier au sein d'un volume des *Instructions nautiques*. Un des aspects de cette implémentation a été de respecter les conventions d'écriture suivies par les rédacteurs des *Instructions nautiques* afin de préserver l'héritage que constitue cette série d'ouvrages. Nous avons aussi exposé les différentes méthodes d'évaluation qu'il est possible de mettre en place pour INAUT ainsi que sa classification selon le système PENS, un système répandu dans la communauté concernée, afin de lui offrir une visibilité au sein des autres langages contrôlés qu'ils prennent ou non en compte de multiples modes.

INAUT permet d'enrichir la communauté des langages contrôlés en étant le premier langage contrôlé défini pour la navigation maritime mais en étant aussi un langage hybride intégrant la complémentarité de deux modes de communication différents : le texte et l'image (les cartes marines dans notre cas). Il lie le texte à l'image et l'image au texte, les rendant parfaitement complémentaires et indispensables l'un à l'autre comme le veut l'usage pratique des *Instructions nautiques* associées aux cartes correspondantes. Il se fonde sur une grammaire spécialement conçu pour lui : la grammaire SR-RCC8, cette dernière n'est pas seulement applicable à INAUT mais est potentiellement utilisable pour tout langage contrôlé ayant le besoin de mettre en relations les relations topologiques définies à la fois dans un texte, dans une carte ou dans les deux.

Nous allons finalement conclure sur les possibilités offertes par INAUT et par ses potentielles extensions qui en font un outil adapté aux usagers des *Instructions nautiques* ainsi qu'à leurs rédacteurs.

6.2 Les extensions potentielles du système

« Ne craignez pas d'atteindre la perfection, vous n'y arriverez jamais » (*Salvador Dalí*). Le système présenté est perfectible, nous pouvons ainsi aisément imaginer des extensions potentielles pour le parfaire autant que faire se peut. Nous proposons ainsi trois possibles extensions du système INAUT comprenant une extension 3D, un système question-réponse et une prise en compte de la dangerosité.

6.2.1 Une extension 3D

La complémentarité entre les représentations textuelles et visuelles (cf. section 4.5.2.3) permise par l'aspect hybride du système INAUT nous autorise à envisager une extension 3D de la partie visuelle d'INAUT. Effectivement, les informations en 2D peuvent être générées via les objets de la carte, tandis que l'aspect 3D de ces objets peut être apporté depuis le texte qui donne des détails sur la réalité tels que la couleur, la largeur ou la hauteur d'un objet de la carte.

Prenons le cas de la Tour Madeloc, une tour de guet du XIII^e siècle située dans le massif des Albères au-dessus de Collioure. Elle apparaît sur l'ENC FR468430 et est classée parmi les objets S-57 de type FORSTC (*fortified structure*). Ses attributs sont visibles dans la table 6.1. On peut voir les attributs que peut prendre un objet FORSTC comme sa catégorie CATFOR qui nous indique que la tour Madeloc

Attribut	Valeur
RCID	1333
PRIM	1
GRUP	2
OBJL	59
RVER	1
AGEN	170
FIDN	21620
FIDS	1
LNAM	00AA000054740001
CATFOR	5
CONDTN	NULL
CONRAD	NULL
CONVIS	1
HEIGHT	NULL
NATCON	NULL
NOBJNM	NULL
OBJNAM	Tour Madeloc
VERLEN	14.000000000000000
INFORM	NULL
NINFOM	NULL
NTXTDS	NULL
PICREP	NULL
SCAMIN	119999
TXTDSC	NULL
SORDAT	NULL
SORIND	NULL

Table 6.1 — Table attributaire de l’objet 1333 dans l’ENC FR468430

est une tour fortifiée, puisque sa valeur est de 5¹, qui mesure 14 mètres de haut (attribut VERLEN). Ce que la table attributaire de la Tour Madeloc ne nous indique pas, c’est l’altitude à laquelle se trouve cette tour puisque la valeur de l’attribut HEIGHT est *NULL*. Or, le texte des *Instructions nautiques* précise dans le §2.1.2.2 du Volume D2.1 :

— **tour Madeloc** (671 m), (42°29,44′ N – 3°04,48′ E), 3,5 M à l’intérieur des terres, éclairée la nuit (en ruine).

La modalité textuelle nous apporte deux informations visuelles importantes : l’altitude de la tour et son état. Avec ces informations supplémentaires, il est possible d’obtenir un affichage 3D de la tour Madeloc (*cf.* figure 6.1) qui signifie visuellement l’altitude de cette tour, ce qui n’est pas le cas dans un affichage 2D (*cf.* figure 6.2).

1. Valeurs de l’attribut CATFOR : 1 château, 2 fort, 3 batterie, 4 casemate, 5 tour fortifiée, 6 redoute.

6.2.2 Un système Question-Réponse

La partie textuelle d'INAUT ne prend pas en compte certaines caractéristiques de la langue (naturelle) (cf. section 4.7) et notamment les formes interrogatives. Pour cette raison, une évolution prochaine du système INAUT pourrait être la prise en compte des formes interrogatives afin de proposer un système de Question-Réponse en INAUT. Ainsi, plutôt que de sélectionner une zone dans l'interface graphique, un utilisateur pourrait directement poser des questions au système telles que :

Est-il possible de faire route vers le [Port de Banyuls] la nuit ?

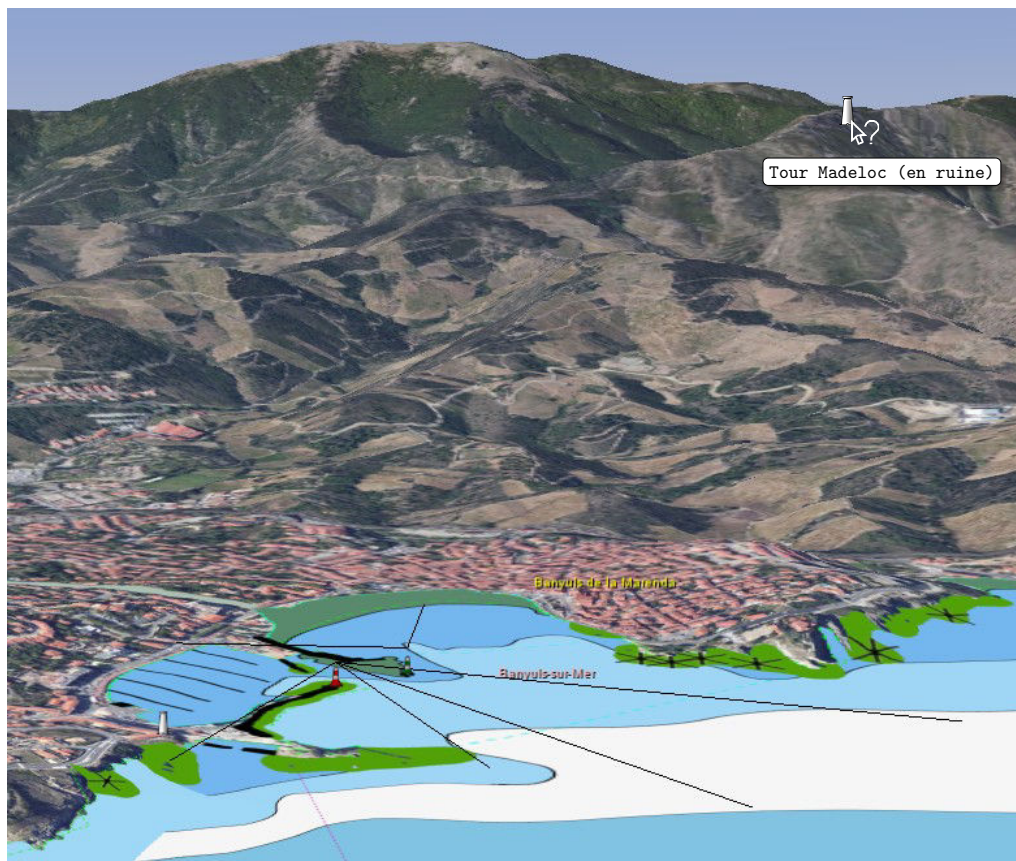


Figure 6.1 — Affichage 3D d'une ENC — La tour Madeloc, en haut, peut être placée grâce à la mention de son altitude dans la partie textuelle de notre document hybride. On y ajoute la mention « en ruine », issue aussi de la partie textuelle, pour laquelle il n'existe pas de représentation visuelle définie.

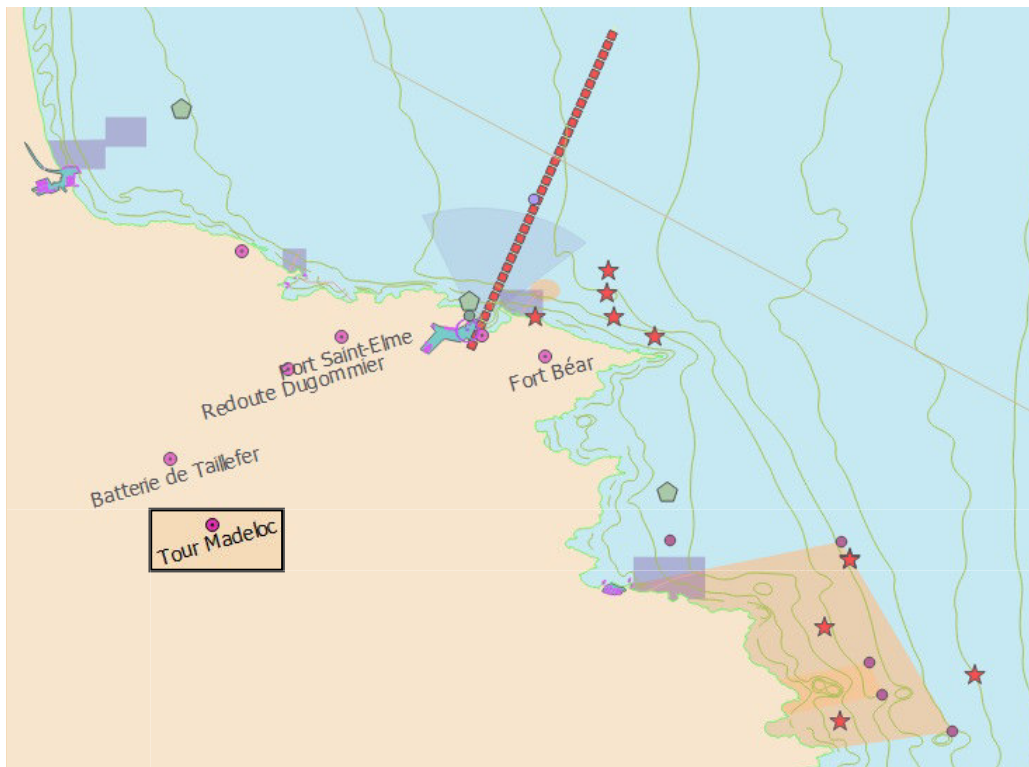


Figure 6.2 — Affichage 2D d'une ENC — Aucune information visuelle concernant l'altitude ne peut être affichée.

Quels sont les navires admis dans le [Port de Banyuls] ?

Combien de places d'amarrage le [Port de Banyuls] possède-t-il ?

En outre, cette extension nécessiterait :

- d'utiliser la hiérarchie de concepts \leq_C de \mathbf{G} afin d'accéder à des sous-concepts ; par exemple, un utilisateur employant le terme « golfe » dans une question aura aussi accès aux instances du concept « anse », qui est un sous-concept de « golfe » ;
- d'utiliser des inférences pour la *géolocalisation indirecte* : par exemple, si une question évoque la « plage de Banyuls », l'inférence devrait être capable de trouver l'instance « plage ».

6.2.3 Une prise en compte de la dangerosité

Une autre extension possible est celle de la prise en compte de la dangerosité. En effet, un des buts des *Instructions nautiques* est d'alerter les navigateurs sur

les possibles dangers et risques qu'ils pourraient rencontrer durant leur navigation. Ainsi, l'ENC pourrait envoyer automatiquement des requêtes à la base de connaissances concernant la dangerosité en incluant la position du navire ainsi que les informations relatives à la marée et au contexte météorologique. Dans le cas d'une réponse positive, le navigateur pourrait être alerté par différents moyens. La génération automatique du texte pourrait être affectée par cette prise en compte du facteur dangerosité dans la mesure où le but communicatif n'est, à ce moment-là, plus d'informer mais d'*alerter*. L'hybridité du langage peut alors servir à obtenir des alertes multimodales (textuelles et visuelles) afin d'optimiser l'efficacité du système d'alerte.

Prenons l'exemple présenté dans la figure 6.3 : la trajectoire prévue par le navire afin d'atteindre le port de Banyuls-sur-Mer est représentée par la polyligne rouge avec les repères de balisage bleus. L'instruction à suivre est la suivante :

Dans le secteur blanc du feu de la jetée Est (193°– 231°), faire route sur le feu de l'île Petite. Une fois dans le secteur rouge du feu de la jetée Est faire route sur le feu de la jetée Ouest puis arrondir* pour venir embouquer* la passe (§49, section 2.2.3.3 du volume D2.1 des *Instructions nautiques*).

La trajectoire correspond à cette instruction. Cependant, la section 2.2.3.5 du volume D2.1 des *Instructions nautiques*, qui concerne les données portuaires, précise aussi :

Passé exposée à la houle de NW. Entrée difficile par fort vent de NW, délicate par vent d'ENE lorsque la houle est formée.

C'est à ce moment qu'intervient la prise en compte de la dangerosité. Effectivement, si le contexte météorologique correspond à un de ceux exposés dans la section 2.2.3.5 – par exemple, un fort vent de NW – l'entrée dans la passe devient difficile et potentiellement dangereuse. Une requête contenant la position du navire ainsi que le contexte météorologique pourrait ainsi donc être envoyée à la base de connaissances qui retournerait alors une alerte à la fois visuelle et textuelle.

L'alerte devra être donnée au navigateur suffisamment longtemps avant l'approche du danger pour lui permettre, par exemple, de modifier sa trajectoire.

6.3 Conclusion

Ce chapitre a abordé plusieurs points concernant l'avenir d'INAUT dans le monde des langages contrôlés. Tout d'abord, nous avons récapitulé les différentes étapes de création du langage, étapes répondant à la problématique énoncée

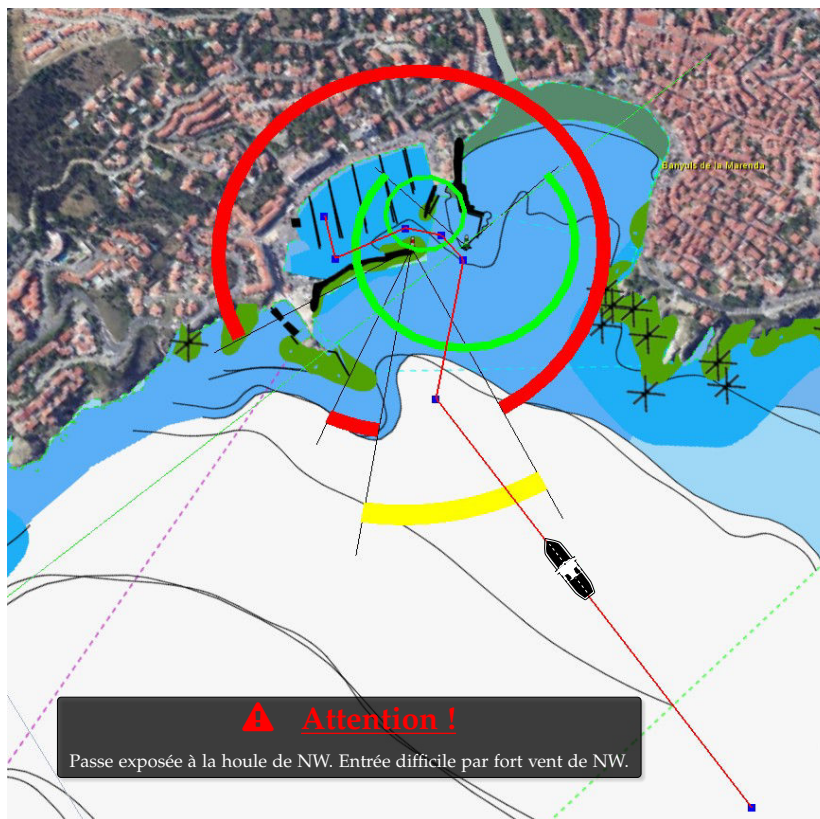














Figure 6.3 — Prise en compte de la dangerosité – La ligne rouge correspond à la trajectoire prévue par le navire, un message d’alerte contenant les instructions correspondant à la situation est affiché directement sur la carte.

dans l’introduction de cette thèse. Puis, enfin, nous avons présenté trois perspectives d’évolution possibles, les évolutions d’INAUT pouvant aller au-delà de ces perspectives si l’on imagine un service complet de génération de cartes et d’*Instructions nautiques* à la carte par exemple.

Références

- [1] *Dictionnaire de la langue franque ou petit mauresque, suivi de quelques dialogues familiers et d'un vocabulaire de mots arabes les plus usuels, à l'usage des Français en Afrique*. Feissat et Demonchy, Marseille, 1831. ↗ 14, 25
- [2] *Symboles, abréviations et termes utilisés sur les cartes marines*, volume INT 1. SHOM, 5th édition, 2012. ↗ 127
- [3] Ann H. ADAMS, Gail W. AUSTIN et Melissa TAYLOR : Developing a resource for multinational writing at Xerox Corporation. *Technical Communication*, 46(2):249–254, 1999. ↗ 216
- [4] Geert ADRIAENS et Dirk SCHREORS : From COGRAM to ALCOGRAM : Toward a controlled English grammar checker. In *Proceedings of the 14th conference on Computational linguistics-Volume 2*, pages 595–601. Association for Computational Linguistics, 1992. ↗ 215
- [5] Jennifer Wells AKIS, Stephanie BRUCKER, Virginia CHAPMAN, Layne ETHINGTON, Bob KUHNS et P.J. SCHEMENAUR : Authoring translation-ready documents : is software the answer ? In *Proceedings of the 21st annual international conference on Documentation*, pages 39–44. ACM, 2003. ↗ 216
- [6] Ingrid ALMQVIST et Anna SÅGVALL HEIN : Defining ScaniaSwedish – a controlled language for truck maintenance. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Controlled Language Applications (CLAW'96)*, pages 159–164, 1996. ↗ 31, 216
- [7] Ion ANDROUTSOPOULOS, Gerasimos LAMPOURAS et Dimitrios GALANIS : Generating natural language descriptions from OWL ontologies : the NaturalOWL system. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 48:671–715, 2013. ↗ 180
- [8] Cyril ASLANOV : Débat sur l'ouvrage de Jocelyne Dakhli, *Lingua franca : histoire d'une langue métisse en Méditerranée*. *Langage et société*, 134(4), 2010. ↗ 14

- [9] Henry S. BAIRD : Industrial applications. *Syntactic and Structural Pattern Recognition : Theory and Applications*, 7:369–380, 1990. ➦ 98
- [10] Aaron BANGOR, Philip KORTUM et James MILLER : Determining what individual SUS scores mean : Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3):114–123, 2009. ➦ 177, 177
- [11] Edward BARKMEYER et Andreas MATTAS : A restricted English for constructing ontologies (RECON). Rapport technique, NIST Interagency/Internal Report 7868, National Institute of Standards and Technology (NIST), 2012. ➦ 146, 217
- [12] Flávia A. BARROS, Laís NEVES, Érica HORI et Dante TORRES : The ucsCNL : A Controlled Natural Language for Use Case Specifications. In *SEKE*, pages 250–253, 2011. ➦ 218
- [13] Kathy BARTHE, Claire JUANEDA, Dominique LESEIGNEUR, Jean-Claude LOQUET, Claude MORIN, Jean ESCANDE et Annick VAYRETTE : GIFAS Rationalized French : A Controlled Language for Aerospace Documentation in French. *Technical Communication*, 46(2):220–229, mai 1999. ➦ 26, 216
- [14] Regina BARZILAY, Noemie ELHADAD et Kathleen R. McKEOWN : Inferring Strategies for Sentence Ordering in Multidocument News Summarization. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 17:35–55, 2002. ➦ 37
- [15] Robert W BEMER : From the Editor. In Honeywell Inc. Electronic Data Processing DIVISION, éditeur : *Honeywell Computer Journal volume 6*, page 76. Honeywell Computer Journal, 1972. ➦ 12
- [16] Raffaella BERNARDI, Diego CALVANESE et Camilo THORNE : Lite Natural Language. In *Proceedings of the 7th International Workshop on Computational Semantics (IWCS-7)*, 2007. ➦ 217
- [17] Abraham BERNSTEIN et Esther KAUFMANN : GINO – a guided input natural language ontology editor. In *The Semantic Web-ISWC 2006*, pages 144–157. Springer, 2006. ➦ 32, 172, 177, 217
- [18] Abraham BERNSTEIN, Esther KAUFMANN et Christian KAISER : Querying the semantic web with Ginseng : A guided input natural language search engine. In *15th Workshop on Information Technologies and Systems, Las Vegas, NV*, pages 112–126. Citeseer, 2005. ➦ 177, 217
- [19] Jacques BERTIN : *Sémiologie graphique : Les diagrammes – Les réseaux – Les cartes*. Éditions de l'EHESS, Paris, 1973. ➦ 7, 98, 124
- [20] Robert G. BETTS : Wycliffe Associates EasyEnglish : Challenges in Cross-Cultural Communication. *EAMT-CLAW 2003*, 2003. ➦ 216

- [21] Hannah BLAU : A visual query language for relational knowledge discovery. *Computer Science Department Faculty Publication Series*, page 105, 2001.  99
- [22] Danushka BOLLEGALA, Naoaki OKAZAKI et Mitsuru ISHIZUKA : A Machine Learning Approach to Sentence Ordering for Multidocument Summarization and Its Evaluation. In *Proceedings of IJCNLP 2005*, volume 3651 de *Springer LNCS*, pages 624–635, 2005.  37
- [23] Danushka BOLLEGALA, Naoaki OKAZAKI et Mitsuru ISHIZUKA : A preference learning approach to sentence ordering for multi-document summarization. *Information Sciences*, 217:78–95, 2012.  37
- [24] D. David BOURLAND JR : A linguistic note : Writing in E-prime. *General Semantics Bulletin*, 32(3):111–114, 1965.  216
- [25] Ronald J. BRACHMAN et James G. SCHMOLZE : An Overview of the KL-ONE Knowledge Representation System*. *Cognitive Science*, 9(2):171–216, 1985.  59
- [26] Travis D. BREAU, Annie I. ANTÓN et Jon DOYLE : Semantic parameterization : A process for modeling domain descriptions. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 18(2):5, 2008.  218
- [27] John BROOKE : SUS – A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194):4–7, 1996.  177
- [28] Roger BRUNET : La composition des modèles dans l’analyse spatiale. *Espace géographique*, 9(4):253–265, 1980.  98, 100, 100, 103
- [29] Roger BRUNET : La carte-modèle et les chorèmes. *Mappemonde*, 86(4):2–6, 1986.  101, 241, 242
- [30] Peter A. BURROUGH : Principles of geographical information systems for land resources assessment. 1986.  39
- [31] John J. CAMILLERI, Gabriele PAGANELLI et Gerardo SCHNEIDER : A CNL for Contract-Oriented Diagrams. In Brian DAVIS, Kaarel KALJURAND et Tobias KUHN, éditeurs : *Controlled Natural Language*, volume 8625 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 135–146. Springer International Publishing, 2014.  105, 217
- [32] Raül CANALS-MAROTE, Anna ESTEVE-GUILLÉN, Alicia GARRIDO-ALEND, M. GUARDIOLA-SAVALL, Amaia ITURRASPE-BELLVER, Sandra MONTSERRAT-BUENDIA, Sergio ORTIZ-ROJAS, Herminia PASTOR-PINA, Pedro M. PÉREZ-ANTÓN et Mikel L. FORCADA : The Spanish-Catalan machine translation system interNOSTRUM. In *Proceedings of MT Summit VIII : Machine Translation in the Information Age*, volume 73, page 76, 2001.  216

- [33] Remedios Ruiz CASCALES et Richard F.E. SUTCLIFFE : *A Specification and Validating Parser for Simplified and Technical Spanish*. Thèse de doctorat, University of Limerick, 2002. ➦ 26, 216
- [34] Tiziana CATARCI, Maria F. COSTABILE, Stefano LEVIALDI et Carlo BATINI : Visual query systems for databases : A survey. *Journal of Visual Languages & Computing*, 8(2):215–260, 1997. ➦ 99
- [35] Emmanuel CHANDA, Victor Munyongwe MUKONKA, David MTHEMBU, Mulakwa KAMULIWO, Sarel COETZER et Cecilia Jill SHINONDO : Using a Geographical-Information-System-Based Decision Support to Enhance Malaria Vector Control in Zambia. *Journal of Tropical Medicine*, pages 1 – 10, 2012. ➦ 38
- [36] Jean CHARLET : *Knowledge Engineering : developments, results and perspectives for Knowledge Management in medical field*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, Décembre 2002. ➦ 65
- [37] Michel CHEIN et Marie-Laure MUGNIER : *Graph-based Knowledge Representation*. Advanced Information and Knowledge Processing. Springer London, 2009. ➦ 62, 73
- [38] Noam CHOMSKY : Three models for the description of language. *IRE Transactions on Information Theory*, 2(3):113–124, 1956. ➦ 107
- [39] Philipp CIMIANO : *Ontology Learning and Population from Text : Algorithms, Evaluation and Applications*. Springer US, 1 édition, 2006. ➦ 66, 86
- [40] CIVIL AVIATION AUTHORITY : CAP 413 : Radiotelephony Manual, 2010. ➦ 215
- [41] Peter CLARK, Philip HARRISON, Thomas JENKINS, John A. THOMPSON et Richard H. WOJCIK : Acquiring and Using World Knowledge Using a Restricted Subset of English. *In FLAIRS Conference*, pages 506–511, 2005. ➦ 217
- [42] Bowman L. CLARKE : A calculus of individuals based on connection. *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 22(3):204–219, 1981. ➦ 40, 99
- [43] Marcos CRAMER, Bernhard FISSENI, Peter KOEPKE, Daniel KÜHLWEIN, Bernhard SCHRÖDER et Jip VELDMAN : The Naproche project Controlled Natural Language proof checking of mathematical texts. *In Controlled Natural Language*, pages 170–186. Springer, 2010. ➦ 33, 217
- [44] Anne CREGAN, Rolf SCHWITTER et Thomas MEYER : Sydney OWL Syntax-towards a Controlled Natural Language Syntax for OWL 1.1. *In OWLED*, volume 258, 2007. ➦ 218

- [45] Catia CUCCHIARINI : Euromap HLT case study : How HLT applications can lead to higher quality translations at lower costs : The experience of Océ Technologies, 2002. 📖 215
- [46] Jocelyne DAKHLIA : *Lingua franca – Histoire d’une langue métisse en Méditerranée*. Bleu. Actes sud, Arles, 2008. 📖 14
- [47] Aggeliki DIMITROMANOLAKI et Ion ANDROUTSOPOULOS : Learning to Order Facts for Discourse Planning in Natural Language Generation. *In Proceedings of the 9th European Workshop on Natural Language Generation*, pages 23–30, Budapest, Hongrie, 2003. Association for Computational Linguistics. 📖 37
- [48] Shona DOUGLAS et Matthew HURST : Controlled language support for perkins approved clear english (PACE). *In Proceedings of the First International Workshop on Controlled Language Applications*, volume 93, page 105. Citeseer, 1996. 📖 216
- [49] Jean-Marie DUCROT : *Mise en application et en exploitation opérationnelle d’une méthode de traduction automatique de textes documentaires en vue d’accroître leur utilisation dans le monde*. Institut textile de France, 1973. 📖 27, 216
- [50] Max J. EGENHOFER : A formal definition of binary topological relationships. *In Foundations of data organization and algorithms*, pages 457–472. Springer, 1989. 📖 40
- [51] Esra ERDEM et Reyhan YENITERZI : Transforming Controlled Natural Language biomedical queries into answer set programs. *In Proceedings of the Workshop on Current Trends in Biomedical Natural Language Processing*, pages 117–124. Association for Computational Linguistics, 2009. 📖 33, 216
- [52] Michael W. ESSER et Peter STRUSS : Obtaining models for test generation from natural-language-like functional specifications. *Proceedings of DX*, 7: 75–82, 2007. 📖 218
- [53] Sébastien FERRÉ : SQUALL : a controlled natural language for querying and updating RDF graphs. *In Controlled Natural Language*, pages 11–25. Springer, 2012. 📖 32, 218
- [54] Sébastien FERRÉ : Sparklis : an expressive query builder for SPARQL endpoints with guidance in natural language. *Semantic Web*, (Preprint):1–14, 2015. 📖 33
- [55] Filomena FERRUCCI, Giuliano PACINI, Giorgio SATTA, Maria I. SESSA, Genoveffa TORTORA, Maurizio TUCCI et Giuliana VITIELLO : Symbol–Relation grammars : a formalism for graphical languages. *Information and Computation*, 131(1):1–46, 1996. 📖 106, 108, 110, 116

- [56] Paul Brillant FEUTO NJONKO, Sylviane CARDEY, Peter GREENFIELD et Walid EL ABED : RuleCNL : A Controlled Natural Language for Business Rule Specifications. In Brian DAVIS, Kaarel KALJURAND et Tobias KUHN, éditeurs : *Controlled Natural Language*, volume 8625 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 66–77. Springer International Publishing, 2014. ↗ 217
- [57] Dennis FOGG : Lessons from a living in a database graphical query interface. In *ACM SIGMOD Record*, volume 14, pages 100–106. ACM, 1984. ↗ 99
- [58] Mary Ellen FOSTER et Colin MATHESON : Following assembly plans in cooperative, task-based human-robot dialogue. *Semantics and Pragmatics of Dialogue (LONDIAL)*, page 53, 2008. ↗ 36
- [59] Enrico FRANCONI, Paolo GUAGLIARDO, Sergio TESSARIS et Marco TREVISAN : Quelo : an ontology-driven query interface. *Proceedings of DL 2011*, pages 488–498, 2011. ↗ 217
- [60] Catherine FUCHS : *Les ambiguïtés du français*. Ophrys, 1996. ↗ 78
- [61] Norbert E. FUCHS, Kaarel KALJURAND et Tobias KUHN : Attempto Controlled English for knowledge representation. In *Reasoning Web*, pages 104–124. Springer, 2008. ↗ 31, 216
- [62] Norbert E. FUCHS et Rolf SCHWITTER : Attempto Controlled Natural Language for requirements specifications. In *Proceedings of the International Logic Programming Symposium*. Citeseer, 1995. ↗ 26, 80
- [63] Adam FUNK, Valentin TABLAN, Kalina BONTCHEVA, Hamish CUNNINGHAM, Brian DAVIS et Siegfried HANDSCHUH : CLOnE : Controlled Language for Ontology Editing. In Karl ABERER, Key-Sun CHOI, Natasha NOY, Dean ALLEMANG, Kyung-Il LEE, Lyndon NIXON, Jennifer GOLBECK, Peter MIKA, Diana MAYNARD, Riichiro MIZOGUCHI, Guus SCHREIBER et Philippe CUDRÉ-MAUROUX, éditeurs : *The Semantic Web*, numéro 4825 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 142–155. Springer Berlin Heidelberg, janvier 2007. ↗ 32, 76, 80, 172, 172, 216
- [64] Matt GINSBERG : *Essentials of artificial intelligence*. Newnes, 2012. ↗ 40
- [65] Kenneth J. GOLDMAN, Sally A. GOLDMAN, Paris C. KANELAKIS et Stanley B. ZDONIK : ISIS : Interface for a Semantic Information System. In *ACM SIGMOD Record*, volume 14, pages 328–342. ACM, 1985. ↗ 99
- [66] Mario A. GOMARASCA : *Basics of geomatics*. Springer Science & Business Media, 2009. ↗ 38, 39
- [67] Stefan Th. GRIES : Phraseology and linguistic theory : A brief survey. *Phraseology : An interdisciplinary perspective*, pages 3–25, 2008. ↗ 28

- [68] Claire GROVER, Alexander HOLT, Ewan KLEIN et Marc MOENS : Designing a Controlled Language for interactive model checking. *In Proceedings of the Third International Workshop on Controlled Language Applications*, pages 29–30. Citeseer, 2000. ↗ 217
- [69] Catalina HALLETT, Donia SCOTT et Richard POWER : Composing questions through conceptual authoring. *Computational Linguistics*, 33(1):105–133, 2007. ↗ 33, 172, 172, 216
- [70] Siegfried HANDSCHUH : *Creating ontology-based metadata by annotation for the semantic web*. Thèse de doctorat, Université de Karlsruhe, 2005. ↗ 65, 66, 66
- [71] Yannis HARALAMBOUS, Julie SAUVAGE-VINCENT et John PUENTES : INAUT, a Controlled Language for the French Coast Pilot Books Instructions nautiques. *In SPRINGER, éditeur : CNL 2014 : proceedings oh the 4th Workshop on Controlled Natural Language*, volume 8625 - LNCS (Lecture Notes in Computer Science) ; LNAI (Lecture Notes in Artificial Intelligence), pages 102–111, 2014. Brian Davis et al. (eds.). ↗ 82
- [72] Yannis HARALAMBOUS, Julie SAUVAGE-VINCENT et John PUENTES : A Hybrid (Visual/Natural) Controlled Language. *Languages resource and evaluation*, pages 1–37, 2016. ↗ 145
- [73] John Brian HARLEY : *The History of Cartography*. University of Chicago Press, 1987. ↗ 98
- [74] Glen HART, Martina JOHNSON et Catherine DOLBEAR : *Rabbit : Developing a Controlled Natural Language for authoring ontologies*. Springer, 2008. ↗ 32, 76, 217
- [75] Phil HAYES, Steve MAXWELL et Linda SCHMANDT : Controlled English advantages for translated and original English documents. *Proceedings of CLAW 1996*, pages 84–92, 1996. ↗ 215
- [76] C. Grant HEAD : Mapping as language or semiotic system : Review and comment. *In David M. MARK et Andrew U. FRANK, éditeurs : Cognitive and linguistic aspects of geographic space*, pages 237–262. Springer, Dordrecht, 1991. ↗ 103, 124
- [77] Uta HEBLING : *Controlled language : am Beispiel des controlled English*. WVT, Wiss. Verlag Trier, 2002. ↗ 215
- [78] Horst HECHT, éditeur. *The electronic chart : fundamentals, functions, data and other essentials ; a textbook for ECDIS use and training*. Geomares Publications, Lemmer, 3^{ème} édition, 2011. ↗ 43, 49

- [79] ID HILL : Natural language versus computer language. *In Designing for human-computer communication*, pages 55–72. Academic Press Cambridge, 1983. 📖 13
- [80] Birger HJØRLAND : Semantics and knowledge organization. *Annual review of information science and technology*, 41(1):367–405, 2007. 📖 67
- [81] Gail HODGE : *Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries : Beyond Traditional Authority Files*. Council on Library and Information Resources, avril 2000. 📖 67
- [82] Willem-Olaf HUIJSEN : Controlled language – an introduction. *In Proceedings of CLAW*, volume 98, pages 1–15, 1998. 📖 30
- [83] Muhammad HUMAYOUN et Christophe RAFFALLI : Mathnat - mathematical text in a Controlled Natural Language. *Special issue : Natural Language Processing and its Applications*, 46, 2010. 📖 216
- [84] iLASTIC : *iLastic*, (consulté : avril 2016). <https://www.crunchbase.com/organization/ilastic>. 📖 146
- [85] Philip INGLESANT, M. Angela SASSE, David CHADWICK et Lei Lei SHI : Expressions of expertness : the virtuous circle of natural language for access control policy specification. *In Proceedings of the 4th symposium on Usable privacy and security*, pages 77–88. ACM, 2008. 📖 217
- [86] INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION : IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data. ISO S-57, Novembre 2000. 📖 43
- [87] INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION : Specifications for Chart Content and Display of ECDIS. ISO S-52, Avril 2004. 📖 43, 44
- [88] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION : 1974 International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974. Date & Lieu d’Adoption : 1 Novembre 1974, Londres, Royaume-Uni. Date d’entrée en vigueur : 25 Mai 1980. 📖 43
- [89] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION : Performance Standards For Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS). Résolution A.817(19), IMO, Novembre 1995. 📖 43
- [90] Amy ISARD et Colin MATHESON : Rhetorical structure for Natural Language Generation in dialogue. *In Proceedings of SemDial 2012 (SeineDial) : The 16th Workshop on the Semantics and Pragmatics of Dialogue*, page 161, 2012. 📖 36
- [91] Edward JOHNSON : PoliceSpeak : police communications and language and the Channel Tunnel. *English-French Lexicon*, 1993. 📖 27, 216
- [92] Kaarel KALJURAND et Norbert E. FUCHS : *Bidirectional mapping between OWL-DL and Attempto Controlled English*. Springer, 2006. 📖 32

- [93] Kaarel KALJURAND et Norbert E. FUCHS : Bidirectional Mapping Between OWL-DL and Attempto Controlled English. In José Júlio ALFERES, James BAILEY, Wolfgang MAY et Uta SCHWERTTEL, éditeurs : *Principles and Practice of Semantic Web Reasoning*, volume 4187 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 179–189. Springer Berlin Heidelberg, 2006. ↗ 217
- [94] Immanuel KANT, Paul GUYER et Allen William WOOD : *The Cambridge edition of the works of Immanuel Kant*. Cambridge University Press, Cambridge, 1992. ↗ 77
- [95] Paweł KAPŁAŃSKI et Paweł WEICHBROTH : Cognitum Ontorion : Knowledge Representation and Reasoning System. *Position Papers of the 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, 2015. ↗ 74
- [96] Yuzuru KATAGIRI et John CONSTABLE : *A semantically sequenced way of teaching English : Selected and uncollected writings by IA Richards*. Kyoto : Yamaguchi Publishing, 1993. ↗ 24
- [97] Esther KAUFMANN, Abraham BERNSTEIN et Renato ZUMSTEIN : Querix : A natural language interface to query ontologies based on clarification dialogs. In *5th International Semantic Web Conference (ISWC 2006)*, pages 980–981, 2006. ↗ 182
- [98] Stephan M. KERPEDJIEV : Automatic generation of multimodal weather reports from datasets. In *Proceedings of the third conference on Applied Natural Language processing*, pages 48–55. Association for Computational Linguistics, 1992. ↗ 105, 106
- [99] Richard I. KITTREDGE : Sublanguages and Controlled Languages. In Ruslan MITKOV, éditeur : *The Oxford handbook of computational linguistics*, Oxford Handbooks in Linguistics. Oxford University Press, Oxford, 2003. ↗ 29
- [100] Joseph M KLEINMAN : A limited-word technical dictionary for technical manuals. *Technical communication*, pages 16–19, 1982. ↗ 215
- [101] Donald E. KNUTH : Semantics of context-free languages. *Mathematical systems theory*, 2(2):127–145, 1968. ↗ 110
- [102] Roman KONTCHAKOV, Ian PRATT-HARTMANN et Michael ZAKHARYASCHEV : Spatial reasoning with $\mathcal{RCC8}$ and connectedness constraints in Euclidean spaces. *Artificial Intelligence*, 217:43–75, 2014. ↗ 100
- [103] Karl KRAUS : Learning to Order Facts for Discourse Planning in Natural Language Generation. In *Photogrammetrische Woche*, pages 277–295, Heidelberg, 1995. ↗ 42
- [104] Gunther KRESS : *Literacy in the new media age*. Psychology Press, 2003. ↗ 9











- [105] Tobias KUHN : An evaluation framework for controlled natural languages. *In Controlled Natural Language*, pages 1–20. Springer, 2009. ➦ 171, 173
- [106] Tobias KUHN : A survey and classification of Controlled Natural Languages. *Computational Linguistics*, 40(1):121–170, 2014. ➦ 25, 98, 142, 146
- [107] Tobias KUHN, Paolo Emilio BARBANO, Mate Levente NAGY et Michael KRAUTHAMMER : Broadening the scope of nanopublications. *In The Semantic Web : Semantics and Big Data*, pages 487–501. Springer, 2013. ➦ 216
- [108] Tobias KUHN et Stefan HÖFLER : Coral : Corpus access in Controlled Language. *Corpora*, 7(2):187–206, 2012. ➦ 217
- [109] Steve Yau-Wah LAM et Tsz Leung YIP : The role of geomatics engineering in establishing the marine information system for maritime management. *Maritime Policy & Management*, 35(1):53–60, 2008. ➦ 46
- [110] Jean-Marie LE YAOUANC, Éric SAUX et Christophe CLARAMUNT : A semantic and language-based representation of an environmental scene. *Geoinformatica*, 14(3):333–352, 2010. ➦ 53
- [111] Aarno LEHTOLA, Jarno TENNI, Catherine BOUNSAYTHIP et Kristiina JAARANEN : WEBTRAN : a controlled language machine translation system for building multilingual services on internet. *In Proceedings of : Machine Translation Summit VII*, volume 99, pages 13–17. Citeseer, 1999. ➦ 216
- [112] Vladimir I. LEVENSHTAIN : Binary Codes Capable of Correcting Deletions, Insertions, and Reversals. *Soviet Physics Doklady*, 10(8):707–710, 1966. ➦ 184
- [113] Matthew LEVINGER : Geographical information systems technology as a tool for genocide prevention : The case of Darfur. *Space and Polity*, 13(1):69–76, 2009. ➦ 38
- [114] Stephen C. LEVINSON : Language and space. *Annual review of Anthropology*, pages 353–382, 1996. ➦ 50
- [115] Jacques LÉVY : De l’espace pour la raison. *Espaces Temps*, 62(1):19–35, 1996. ➦ 103, 104
- [116] Zhaoyuan LI : *Maps as a visual language : A Chinese perspective*. Thèse de doctorat, Wilfrid Laurier University, 1995. ➦ 103
- [117] Robert MACGREGOR et Mark H. BURSTEIN : Using a description classifier to enhance knowledge representation. *IEEE Expert*, 6(3):41–46, juin 1991. ➦ 59
- [118] David MACHIN : *Introduction to multimodal analysis*. Hodder Arnold, London : New York, 2007. ➦ 147

- [119] William C. MANN et Sandra A. THOMPSON : Rhetorical Structure Theory : Toward a functional theory of text organization. *Text-Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse*, 8(3):243–281, 1988. 📖 36
- [120] Massimo MARCHIORI : Towards a people’s web : Metalog. In *Proceedings of the 2004 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, pages 320–326. IEEE Computer Society, 2004. 📖 217
- [121] Kim MARRIOTT et Bernd MEYER : Introduction. In Kim MARRIOTT et Bernd MEYER, éditeurs : *Visual language theory*, pages 1–4. Springer, 1998. 📖 98
- [122] Kim MARRIOTT, Bernd MEYER et Kent B. WITTENBURG : A survey of visual language specification and recognition. In Kim MARRIOTT et Bernd MEYER, éditeurs : *Visual language theory*, pages 5–85. Springer, 1998. 📖 98
- [123] Philippe MARTIN : Knowledge representation in CGLF, CGIF, KIF, frame-CG and formalized-english. In *Conceptual Structures : Integration and Interfaces*, pages 77–91. Springer, 2002. 📖 217
- [124] Kathleen McKEOWN : *Text Generation*. Cambridge University Press, 1992. 📖 37
- [125] Bertrand MENANTEAU, éditeur. *Édition des Instructions nautiques (procédure spécifique)*. SHOM, 2011. 📖 127
- [126] Bertrand MENANTEAU, éditeur. *Définition des Instructions nautiques du SHOM (norme)*. SHOM, 2013. 📖 127, 136
- [127] Jean MERRIEN : *Dictionnaire de la mer : le langage des marins, la pratique de la voile*. Omnibus, Paris, nouvelle édition / présentée par dominique le brun édition, 2001. 📖 256
- [128] Teruko MITAMURA et Eric NYBERG : Controlled English for knowledge-based MT : Experience with the KANT system. *Proceedings of TMI-95*, 145: 146–147, 1995. 📖 216
- [129] Lil MOHAN et Rangasami L. KASHYAP : A visual query language for graphical interaction with schema-intensive databases. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 5(5):843–858, 1993. 📖 99, 99
- [130] Lorenza MONDADA : Espace, langage, interaction et cognition : une introduction. *Intellectica*, 41(42):75–100, 2005. 📖 50
- [131] Alexandre MONNIN : Qu’est-ce qu’un tag ? entre accès et libellés, l’esquisse d’une caractérisation. In *IC 2009 : 20es Journées Francophones d’Ingénierie des Connaissances, «Connaissance et communautés en ligne»*, page 41, 2009. 📖 29
- [132] Calkin S. MONTERO et Kenji ARAKI : Evaluation Method Using Web for Natural Language Phrase Generation. *Eizō jōhō media gakkai gijutsu hōkoku*, 30(55):87–90, 2006. 📖 185












- [133] David MOTT : Summary of ITA Controlled English. *ITA Technical Paper*, 2010. ↗ 217
- [134] Uwe MUEGGE : Controlled language : the next big thing in translation? *ClientSide News Magazine*, 7(7):21–24, 2007. ↗ 215
- [135] Hyun NAMGOONG et Hong-Gee KIM : Ontology-Based Controlled Natural Language Editor Using CFG with Lexical Dependency. In Karl ABERER, Key-Sun CHOI, Natasha NOY, Dean ALLEMANG, Kyung-Il LEE, Lyndon NIXON, Jennifer GOLBECK, Peter MIKA, Diana MAYNARD, Riichiro MIZOGUCHI, Guus SCHREIBER et Philippe CUDRÉ-MAUROUX, éditeurs : *The Semantic Web*, volume 4825 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 353–366. Springer Berlin Heidelberg, 2007. ↗ 217
- [136] Daniele NARDI et Ronald J. BRACHMAN : An Introduction to Description Logics. In Franz BAADER, Diego CALVANESE, Deborah L. MCGUINNESS, Daniele NARDI et Peter F. PATEL-SCHNEIDER, éditeurs : *The Description Logic Handbook : Theory, Implementation, and Applications*, pages 5–44. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2003. ↗ 59
- [137] Ivan NEČAS : *BDD as a specification and QA instrument*. Thèse de doctorat, Masaryk University, Brno, Czech Republic, 2011. ↗ 146, 217
- [138] Ian NILES et Adam PEASE : Towards a standard upper ontology. In *Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems*, pages 2–9. ACM, 2001. ↗ 32
- [139] Claude NIMMO, éditeur. *Le petit Larousse illustré*. Larousse, Paris, 2015. ↗ 28
- [140] Eric NYBERG, Teruko MITAMURA et Willem-Olaf HUIJSEN : *Controlled Language for Authoring and Translation*, pages 245 – 281. Benjamins Translation Library (BeTL) : 35. Benjamins, 2003. ↗ 33
- [141] John OBERLANDER et Chris MELLISH : Final report on the ILEX project. *Edinburgh : Division of Informatics, University of Edinburgh*, 1998. ↗ 37
- [142] Charles Kay OGDEN : *Basic English : a general introduction with rules and grammar*. K. Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1932. ↗ 24, 215
- [143] ORGANISATION HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONALE : Dictionnaire hydrographique. Rapport technique S-32, Organisation Hydrographique Internationale, Monaco, 1994. ↗ 87, 127
- [144] ORGANISATION HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONALE : IHO transfer standard for digital hydrographic data. Rapport technique S-57, Organisation Hydrographique Internationale, Monaco, 2000. ↗ 87, 127

- [145] W3C OWL WORKING GROUP : *OWL 2 Web Ontology Language : Document Overview*. W3C Recommendation, 27 October 2009. Disponible à <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>. 📖 32
- [146] Sharon O'BRIEN : Controlling Controlled English. An analysis of several controlled language rule sets. *Proceedings of EAMT-CLAW*, 3:105–114, 2003. 📖 33, 215
- [147] Michel PARADIS : De l'arpentage à la géomatique (from surveying to geomatics). *The Canadian Surveyor*, 35(3):262–268, 1981. 📖 38
- [148] Patrick PAROUBEK, Stéphane CHAUDIRON et Lynette HIRSCHMAN : Principles of evaluation in Natural Language Processing. *Traitement Automatique des Langues*, 48(1):7–31, 2007. 📖 171
- [149] Adam PEASE et William MURRAY : An English to logic translator for ontology-based knowledge representation languages. *In Proceedings of the International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering*, pages 777–783. IEEE, 2003. 📖 32, 216
- [150] Charles Sanders PEIRCE : *Écrits sur le signe*, volume 31. Seuil, 1978. 📖 123
- [151] Charles Sanders PEIRCE, Charles HARTSHORNE, Paul WEISS et Arthur Walter BURKS : *Collected Papers of Charles Sanders Peirce : Volume IV, The Simplest Mathematics*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1933. 📖 60
- [152] Gongfu PENG, Yanxiang HE, Naixue XIONG, Soochaeol LEE et Seungmin RHO : A Context-Aware Study for Sentence Ordering. *Telecommunication Systems*, 52(2):1343–1351, 2013. 📖 37
- [153] Jacqueline PERCEBOIS : Les communautés discursives à l'interface du linguistique et du disciplinaire. *Langues et cultures : une histoire d'interface*, pages 67–89, 2006. 📖 28
- [154] Paul PIWEK, Roger EVANS, Lynne CAHILL et Neil TIPPER : Natural Language Generation in the MILE system. *In Proceedings of the IMPACTS in NLG Workshop*, pages 33–42, 2000. 📖 217
- [155] Jonathan POOL : Can controlled languages scale to the Web ? *In International Workshop on Controlled Language Applications 5*, 2006. 📖 30, 146, 217
- [156] Richard POWER : Controlling logical scope in text generation. *In Proceedings of the European Workshop on Natural Language Generation, Toulouse, France*, pages 1–9, 1999. 📖 217
- [157] Richard POWER : OWL Simplified English : a finite-state language for ontology editing. *In Controlled Natural Language*, pages 44–60. Springer, 2012. 📖 217

- [158] Richard POWER, Donia SCOTT et Roger EVANS : What You See Is What You Meant : direct knowledge editing with natural language feedback. *In ECAI*, volume 98, pages 677–681, 1998. 📖 34
- [159] Ian PRATT-HARTMANN : A two-variable fragment of English. *Journal of Logic, Language and Information*, 12(1):13–45, 2003. 📖 217
- [160] Ian PRATT-HARTMANN : Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space : New Perspectives on Geographic Information Research. chapitre Twenty Years of Topological Logic, pages 217–235. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2013. 📖 111
- [161] Eric PRUD'HOMMEAUX et Andy SEABORNE : SPARQL query language for RDF. *W3C recommendation*, 15, 2008. 📖 70
- [162] James PUSTEJOVSKY, Jessica MOSZKOWICZ et Marc VERHAGEN : A linguistically grounded annotation language for spatial information. 2013. 📖 54
- [163] Peter J. PYM : Pre-editing and the use of simplified writing for MT : an engineer's experience of operating an MT system. *Translating and the Computer*, 10:80–96, 1990. 📖 215
- [164] David A. RANDELL, Zhan CUI et Anthony G. COHN : A spatial logic based on regions and connection. *KR*, 92:165–176, 1992. 📖 40, 40, 99
- [165] Aarne RANTA : *Grammatical Framework : Programming with multilingual grammars*. CSLI Publications, Center for the Study of Language and Information, 2011. 📖 152, 158, 159
- [166] François RASTIER : *Arts et sciences du texte*. Presses Universitaires de France-PUF, 2001. 📖 28
- [167] Ehud REITER : *Building Natural Language Generation systems*. Studies in natural language processing. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. ; New York, 2000. 📖 35
- [168] Manonmani RESTIF : Routiers de navigation et instructions nautiques. *In* Annie CHARON, éditeur : *Le livre maritime au siècle des lumières*, Collection Roland Mousnier. Presses de l'Université Paris-Sorbonne, Paris, 2005. 📖 3
- [169] Ursula REUTHER : Controlling language in an industrial application. *In IN : Proceedings of the second international workshop on controlled language applications*. May, pages 174–184, 1998. 📖 216
- [170] Fiona A. ROBERTSON et Edward JOHNSON : *Airpeak*. Pearson Education, 2008. 📖 27, 216
- [171] Ian ROGERS : The Google Pagerank algorithm and how it works, 2002. 📖 136

- [172] John Paul Russo : *IA Richards : his life and work*. Johns Hopkins University Press, 1989.  24
- [173] Jussi RYYNÄNEN, Kalle KIVEKÄS, Jarkko JUSSILA, Aarno PÄRSSINEN et Kari HALONEN : AECMA Simplified English : A Guide for the Preparation of Aircraft Maintenance Documentation. In *In the International Aerospace Maintenance Language*, pages 117–120, 1995.  26, 31, 215
- [174] Dietmar RÖSNER et Manfred STEDE : Customizing RST for the automatic production of technical manuals. In Robert DALE, Eduard HOVY, Dietmar RÖSNER et Oliviero STOCK, éditeurs : *Aspects of Automated Natural Language Generation*, volume 587 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 199–214. Springer Berlin Heidelberg, 1992.  36
- [175] Marcos Franco SABARÍS, Jose Luis Rojas ALONSO, Carlos DAFONTE et Bernardino ARCAÏ : Multilingual authoring through an artificial language. In *MT Summit VIII*, pages 99–102, 2001.  216
- [176] Satoshi SATO, Takehito UTSURO, Masatoshi TSUCHIYA, Masahiro ASAOKA et Suguru MATSUYOSHI : Natural language processing technologies to enhance readability. In *ICKS 2004*, 2004.  216
- [177] Adam SAULWICK : Lexpresso : A Controlled Natural Language. In Brian DAVIS, Kaarel KALJURAND et Tobias KUHN, éditeurs : *Controlled Natural Language*, volume 8625 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 123–134. Springer International Publishing, 2014.  217
- [178] Julie SAUVAGE-VINCENT, Yannis HARALAMBOUS et John PUENTES : Sentence Ordering in Electronic Navigational Chart Companion Text Generation. In *The Association for COMPUTATIONAL LINGUISTICS*, éditeur : *ENLG 2015 : 15th European Workshop on Natural Language Generation*, volume *Proceedings of the 15th European Workshop on Natural Language Generation*, pages 66–70, Stroudsburg, PA, USA, 2015.  132
- [179] Hansgeorg SCHLICHTMANN : Characteristic traits of the semiotic system “map symbolism”. *The Cartographic Journal*, 22:23–30, 1984.  123, 124
- [180] Rolf SCHWITTER : English as a formal specification language. In *Proceedings of 13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, pages 228–232. IEEE, 2002.  146, 217
- [181] Rolf SCHWITTER : Representing knowledge in Controlled Natural Language : a case study. In *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, pages 711–717. Springer, 2004.  76
- [182] Rolf SCHWITTER : Controlled natural languages for knowledge representation. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Computational Lin-*

- guistics*, pages 1113–1121. Association for Computational Linguistics, 2010. ➦ 31
- [183] Rolf SCHWITTER et Marc TILBROOK : Controlled Natural Language meets the semantic Web. In *Proceedings of the Australasian Language Technology Workshop*, volume 2004, pages 55–62, 2004. ➦ 217
- [184] Jayant SHARMA, Douglas FLEWELLING et Max J. EGENHOFER : A qualitative spatial reasoner. In *Sixth International Symposium on Spatial Data Handling*, pages 665–681, Edinburgh, Scotland, 1994. ➦ 40
- [185] Doug SKUCE : A controlled language for knowledge formulation on the semantic Web, 2003. ➦ 216
- [186] John F. SOWA : Common Logic Controlled English. ➦ 32, 216
- [187] John F. SOWA : *Conceptual structures : information processing in mind and machine*. Addison-Wesley, 1984. ➦ 62
- [188] John F. SOWA : *Knowledge representation : logical, philosophical, and computational foundations*. Course Technology Inc, 1999. ➦ 77, 77
- [189] Laurent SPAGGIARI, Florence BEAUJARD et Emmanuelle CANNESSON : A controlled language at Airbus. *Proceedings of EAMT-CLAW03*, pages 151–159, 2003. ➦ 215
- [190] Peter STREVEVS et Edward JOHNSON : SEASPEAK : A project in applied linguistics, language engineering, and eventually ESP for sailors. *The ESP Journal*, 2(2):123–129, 1983. ➦ 27, 216
- [191] Karolina SUCHOWOLEC : Are Style Guides Controlled Languages ? In Brian DAVIS, Kaarel KALJURAND et Tobias KUHN, éditeurs : *Controlled Natural Language*, volume 8625 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 112–122. Springer International Publishing, 2014. ➦ 29
- [192] Jana Z. SUKKARIEH : Mind your language! Controlled language for inference purposes. In *Joint Conference of the Eighth International Workshop of the European Association for Machine Translation and the Fourth Controlled Language Applications Workshop*, pages 15–17, Dublin, Irlande, 2003. ➦ 216
- [193] Pelur SUKUMAR et K.S. GAYATHRI : Semantic based Sentence Ordering Approach for Multi-Document Summarization. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 3:71–76, 2014. ➦ 37
- [194] Maite TABOADA et William C. MANN : Applications of Rhetorical Structure Theory. *Discourse studies*, 8(4):567–588, 2006. ➦ 37
- [195] Leonard TALMY : *Toward a cognitive semantics*, volume 1. MIT press, 2003. ➦ 51

- [196] Irina TEMNIKOVA, Constantin ORASAN et Ruslan MITKOV : CLCM-A Linguistic Resource for Effective Simplification of Instructions in the Crisis Management Domain and its Evaluations. *In LREC*, pages 3007–3014, 2012.  215
- [197] Camilo THORNE et Diego CALVANESE : Controlled English ontology-based data access. *In Controlled Natural Language*, pages 135–154. Springer, 2010.  217
- [198] Mike USCHOLD et Michael GRUNINGER : Ontologies : Principles, methods and applications. *Knowledge engineering review*, 11(2):93–136, 1996.  58
- [199] Rafael VALENCIA-GARCÍA, Francisco GARCÍA-SÁNCHEZ, Dagoberto CASTELLANOS-NIEVES et Jesualdo Tomás FERNÁNDEZ-BREIS : OWLPath : An OWL ontology-guided query editor. *Systems, Man and Cybernetics, Part A : Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 41(1):121–136, 2011.  75, 75, 75, 217
- [200] Max VAN KLEEK, Brennan MOORE, David R. KARGER et Paul ANDRÉ : Atomate it! end-user context-sensitive automation using heterogeneous information sources on the web. *In Proceedings of the 19th international conference on World wide web*, pages 951–960. ACM, 2010.  216
- [201] Theo VAN LEEUWEN : *Introducing Social Semiotics*. Psychology Press, 2005.  9
- [202] Keith VANDER LINDEN et James H. MARTIN : Expressing Rhetorical Relations in Instructional Text : A Case Study of the Purpose Relation. *Computational Linguistics*, 21(1):29–57, mars 1995.  36
- [203] Dalia VARANKA : An approach to map/text interrelationships. *In Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*, pages 285–294. Springer, 1991.  105
- [204] Marina VASSILIOU, Stella MARKANTONATOU, Yanis MAISTROS et Vangelis KARKALETSIS : Evaluating Specifications for Controlled Greek. *EAMT-CLAW 2003*, 2003.  215
- [205] Charles A. VERBEKE : Caterpillar Fundamental English. *Training and Development Journal*, 27(2):36–40, 1973.  215
- [206] Konstantin VERSHININ et Andrey PASKEVICH : ForTheL – the language of formal theories. *International Journal of Information Theories and Applications*, 7(3):120–126, 2000.  33, 217
- [207] Cristina VERTAN et Walther V. HAHN : Menu Choice Translation - a flexible menu-based controlled natural language system. *In Proceedings of Controlled*

- language translation Workshop, EAMT-CLAW-03*, pages 194–199, Dublin City University, 2003. Citeseer. ➦ 217
- [208] Dejuan WANG et Henk ZEEVAT : A syntax-directed approach to picture semantics. In Kim MARRIOTT et Bernd MEYER, éditeurs : *Visual Language Theory*, pages 307–324. Springer, 1998. ➦ 100
- [209] A.P.M. WITKAM : *Distributed language translation : feasibility study of a multilingual facility for videotex information networks*. BSO, Bureau voor Systeemontwikkeling, 1983. ➦ 215
- [210] Richard H. WOJCIK, Heather HOLMBACK et J. HOARD : Boeing Technical English : An extension of AECMA SE beyond the aircraft maintenance domain. In *Proceedings : Second International Workshop on Controlled Language Applications (CLAW 98)*, Pittsburgh, PA, 1998. ➦ 215
- [211] Wei ZHANG, Xiling ZHOU et Shiwen YU : Construction of a Controlled Chinese Lexicon. In *Proceedings of the Second International Workshop on Controlled Language Applications (CLAW98)*, pages 159–173, Pittsburgh, Pennsylvania, Carnegie Mellon University, Language Technologies Institute, 1998. ➦ 215
- [212] Pierre ZWEIGENBAUM : Encoder l'information médicale : des terminologies aux systèmes de représentation des connaissances. *Innovation Stratégique en Information de Santé*, 2(3):27–47, 1999. ➦ 64

A

Publications

- Yannis HARALAMBOUS, Julie SAUVAGE-VINCENT et John PUENTES. 2014. INAUT, a Controlled Natural Language for the French Coast Pilot Books Instructions nautiques. *Lectures Notes in Computer Science*, 8625, pp.102–111.
- Julie SAUVAGE-VINCENT, Yannis HARALAMBOUS et John PUENTES. 2015. Sentence Ordering in Electronic Navigational Chart Companion Text Generation. *Proceedings of the 15th European Workshop on Natural Language Generation*, pp.66–70.
- Yannis HARALAMBOUS, Julie SAUVAGE-VINCENT et John PUENTES. 2016. A Hybrid (Visual/Natural) Controlled Language. *Language Resources & Evaluation*, pp.1–37.

B

Liste non exhaustive des langages contrôlés existants

DE très nombreux langages contrôlés existent et sont utilisés de nos jours : qu'ils soient applicables à l'industrie, l'éducation ou la recherche. Nous proposons ici d'en lister un maximum pour offrir au lecteur un meilleur aperçu de l'existant dans le domaine des langages contrôlés.

B.1 Langages contrôlés naturalistes

Airbus Warning Language [189]

ALCOGRAM [4]

ASD/AECMA Simplified Technical English [173]

Avaya Controlled English [146]

Basic English [142]

Boeing Technical English [210]

CAA Phraseology [40] : similaire à Airspeak

Caterpillar Fundamental English [205]

Caterpillar Technical English [75]

Clear And Simple English (CASE) [163]

Controlled Automotive Service Language [77]

Controlled Chinese [211]

Controlled English (Océ) [45]

Controlled Language for Crisis Management (CLCM) [196]

Controlled Language Optimized for Uniform Translation (CLOUT) [134]

Controlled Modern Greek [204]

DLT Intermediate Language [209]

Douglas' Controlled English [100]

E' (E-Prime) [24]
EasyEnglish [20]
FAA Air Traffic Control Phraseology – AirSpeak [170]
GIFAS Français rationalisé [13]
interNOSTRUM Controlled Spanish [32]
KANT Controlled English [128]
MULTILINT [169]
Multinational Customized English [3]
Perkins Approved Clear English (PACE) [48]
Plain Japanese [176]
PoliceSpeak [91]
ScaniaSwedish [6]
SEASPEAK [190]
Simplified Technical Spanish [33]
Sun Proof [5]
TITUS [49]
Universal Translation Language [175]
Webtran [111]

B.2 Langages contrôlés formalistes

AIDA [107]
Atomate Language [200]
Attempto Controlled English (ACE) [61]
BioQuery-CNL [51]
Controlled English to Logic Translation (CELT) [149]
ClearTalk [185]
CLEF Query Language [69]
CLIP [192]
Controlled Language of Mathematics (CLM) [83]
CLOnE [63]
Common Logic Controlled English [186]

Computer Processable Language (CPL) [41]
Contract-Oriented Diagrams CNL [31]
Coral's Controlled English [108]
DL-English [197]
E2V [159]
First Order English [155]
Formalized English [123]
ForTheL [206]
Gherkin [137]
GINO [17]
Ginseng [18]
ICONOCLAST Language [156]
ITA Controlled English [133]
Lexpresso [177]
Lite Natural Language [16]
MenuChoice [207]
MILE Query Language [154]
Naproche CNL [43]
OWL ACE [93]
OWLPath's Guided English [199]
OWL Simplified English [157]
PathOnt CNL [135]
PENG [180]
PENG-D [183]
PERMIS Controlled Natural Language [85]
PROSPER Controlled English [68]
Pseudo Natural Language (PNL) [120]
Quelo Controlled English [59]
Rabbit [74]
RuleCNL [56]
Restricted English for Constructing Ontologies (RECON) [11]

Restricted Natural Language Statements (RNLS) [[26](#)]

SQUALL [[53](#)]

Sydney OWL Syntax (SOS) [[44](#)]

Template Based Natural Language Specification (TBNLS) [[52](#)]

ucsCNL [[12](#)]

Annexe

C

Fragment du guide stylistique pour les *Instructions nautiques*

LE Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) a établi une procédure de rédaction des *Instructions nautiques* qui décrit, pour les rédacteurs ainsi que pour la chaîne de production des ouvrages, les règles pour réaliser un nouvel ouvrage, de la rédaction à l'édition. Cette procédure suit les recommandations de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) et donne, entre autres, les règles de rédaction à respecter. On y retrouve à la fois des renseignements sur la typographie, la structure de l'ouvrage, l'utilisation à faire des objets des cartes mais aussi toute une liste des expressions à employer ou à éviter, des termes à préférer. Nous proposons dans cette annexe un fragment de ce guide de rédaction qui propose une liste exhaustive des expressions à éviter et leur correspondance à employer.

EXPRESSIONS A EMPLOYER**EXPRESSIONS A EVITER****Toutes unités**

tonnes à l'heure

t/h

30%

30 p.100

Unités de longueur

0,2 m

0 mètre 2 - 0 m 2

1,5 m

1 mètre 1/2

1,9 m

1,9 mètres *

2 m

deux mètres

13 km

13 kilomètres - treize km

0,2 M

2 encablures

0,25 M**

Un quart de mille - 1/4 de mille

0,5 M

5 / 10 de mille - 1 demi-mille

1 ou 2 M

Un ou deux milles

Entre 3 et 5 m

Entre 3 m et 5 m

De 3 à 5 m

De 3 m à 5 m

Observations :

On écrit cependant une dizaine de mètres.

* Le pluriel commence à 2.

** Les distances sont normalement évaluées en milles et dixièmes de milles. Le centième de mille (multiple de 5) peut toutefois être utilisé lorsqu'il est jugé utile.

Elles sont évaluées en mètres dans les cas suivants :

- Lorsque la carte est un plan avec échelle en mètres.
- Lorsqu'une grande précision est recherchée (distance de passage par rapport à un danger proche, par exemple).
- Lorsque la distance est prise entre deux points à terre, en particulier au-dessous de 0,5 M, ou lorsqu'elle s'applique à des transports terrestres (longueur du réseau routier, distance de l'aéroport le plus proche...).

Unités de temps

5 min

5 m - cinq minutes

2 h 30 min

2 h 30 m - 2,5 heures

On demande le pilote 48 heures à l'avance

On demande le pilote 48 h à l'avance

Le port est ouvert de 06 h 00 à 17 h 45 locales

Le port est ouvert de 06 heures à 17 heures 45 locales

Préciser s'il y a lieu, l'heure utilisée

sous la forme soit : UT ; UT+1 ;

T.M.C, G.M.T, T.U, T.U+1

(heure du fuseau A,...)

soit : temps en usage

1^{er} fuseau, 2^{ème} fuseau, etc.

temps légal, heure locale

Les heures de renverse de courants sont indiquées sous la forme :

+ 0315 PM Brest ; - 0430 PM Dover

Coordonnées

Le parallèle 20° Nord

Le parallèle 20° N

20^{ème} degré de latitude Nord

Le méridien 135° Ouest

Le méridien 135° W

135^{ème} degré de longitude Ouest

EXPRESSIONS A EMPLOYER	EXPRESSIONS A EVITER
53° 04,20' W*	53° 4' 12''
<u>Observation :</u>	
* Précision limitée au dixième de minute d'arc, sauf pour les coordonnées des points délimitant des zones réglementaires de navigation ou des zones interdites.	
<u>Azimuts</u>	
325° ; 025°	N 35 O ; N 35 W ; 25°
166° ; 004°	S 14 E ; 4°
137,5°	137°,5 ; 137°30'
<u>Positions</u>	
Le phare X (50° 57,70' N – 1° 51,20' E)	
Le point 20° 30' N — 4° 06' E	Le point (20° 30' N — 04° 06' E)
Le point à 047° et 6,4 M de	Le point situé à 6,4 M et 47°
Le point à 5 M dans le NW de ...	Le point situé au NW et à 5 milles
ou le point à 5 M au NW de ...	
A l'Est du méridien 4° Ouest	A l'Est du méridien 4° W
Au Nord du parallèle 5° Nord	Au Nord du parallèle 5° N
<u>Vents</u>	
Vent de Nord, de NNW, d'Est	Vent du Nord, du NNW, de l'Est
Les vents dominants soufflent du Nord, du NNW, de l'Est,	Les vents dominants sont de Nord, de NNW, d'Est,
Mouillage abrité des vents du quadrant Nord à Est ; des vents du SW au NE par l'Ouest.	Mouillage abrité des vents de Nord, Est, des vents de SW à NE
Vent soufflant du quadrant NE-SE	Vent soufflant du NE au SE
Vent soufflant du quadrant Est	
Vent soufflant du NE	Vent soufflant vers le SW
<u>Observation :</u>	
Indiquer toujours le vent par la direction d'où il vient	
<u>Marée</u>	
Basse mer, pleine mer	Marée basse, marée haute, basse-mer, pleine-mer
Basses mers (pleines mers) de vive-eau	Basses mers, hautes mers de vives-eaux, de morte-eau, des syzygies
en vive-eau, en morte-eau	Aux vives eaux, aux mortes eaux
Bassin à marée (niveau variable suivant la marée)	Bassin de marée
Bassin à flot (niveau maintenu généralement par des portes)	Bassin de flot
<u>Observation :</u>	
Les abréviations suivantes peuvent être utilisées dans les tableaux :	
PM pour pleine mer, BM pour basse mer, ME pour morte-eau, VE pour vive-eau.	

EXPRESSIONS A EMPLOYER	EXPRESSIONS A EVITER
<u>Courants***</u>	
Courant portant au NE** à une vitesse de 1,5 nœud	Courant de SW, courant du SW à une vitesse de 1,5 mille. Courant de flot, de jusant sauf quand la renverse se produit au moment des PM (deux fois) et BM par jour.
Courant portant à 1 nœud au NE	
Courant de marée	
Courant de 1,25 nœud*	Courant de flot) pour une rivière
	Courant de jusant)
Courant montant	
Courant descendant	
<u>Observations :</u>	
* La précision est limitée au dixième de nœud. Utiliser 0,25 et 0,75 pour 1/4 et 3/4.	
** Indiquer toujours le courant par la direction vers laquelle il porte.	
*** Ecrire Les renverses se produisent aux environs de – 0600 et + 0015 PM Les Héaux. Ne pas écrire courant de flot.	
<u>Profondeurs – Fonds</u>	
Profondeurs de 8 m	Fonds de 8 mètres
(Une) Isobathe de 10 m	Ligne des sondes 10 mètres, ligne des : fonds de 10 mètres, fonds de 10 mètres Courbes de niveaux de 10 m
A 2 m au-dessous du zéro	(A la cote – 2
A la profondeur de 2 m	(
A 2 m au-dessus du zéro	(
Asséchant de 2 m	(A la cote + 2
Des profondeurs de 15 à 20 m	Des profondeurs de 15 m à 20 m
Hauts-fonds	Petits fonds
Roche, banc, haut-fond couvert de 3,5 m d'eau, entouré de profondeurs de 6 à 8 m	Roche, banc, haut-fond de 3 m,5 entouré de fonds de 6 à 8 mètres
Roche couverte de 10 m d'eau	Roche immergée de 10 mètres
Rocher (pour masse rocheuse toujours découverte)	Roche (pour une masse rocheuse toujours découverte)
Roche (pour une masse rocheuse qui peut être couverte)	Rocher (pour une masse rocheuse qui peut être couverte).
Roche à fleur d'eau	Roche affleurante
Roche découvrante	Roche asséchante
Banc découvrant	Banc asséchant
Bassin asséchant	Bassin découvrant
Profondeurs de plus de 15 m	Profondeurs supérieures à 15 m
Le gradient de profondeur	Le gradient de variation des profondeurs
S'approcher prudemment car le gradient de profondeur est fort.	S'approcher prudemment car le gradient est fort.
<u>Routes – Alignements</u>	
Nord ; Est ; Sud ; Ouest	N., E., S., O.
NE – SW – WNW	Nord-Est, Sud-Ouest, Ouest-Nord-Ouest
Faire route à 000°, à 183°, à 292°	Faire route au Nord, au 183°, au 292°
Venir à droite, à gauche	Venir sur tribord, sur bâbord

EXPRESSIONS A EMPLOYER	EXPRESSIONS A EVITER
Suivre une route à plus de 325°, à moins de 325°	Suivre une route plus grande, (petite) plus Nord (plus Sud) que 325°
Faire route à 327° vers le Gros Rocher	Naviguer sur le Gros Rocher, à 327°
Se tenir, arriver sur l'alignement	Tomber dans l'alignement
Suivre l'alignement à 089,1° du phare de Rochebonne par le Phare du Grand Jardin	Suivre l'alignement à 089,1° du phare du Grand Jardin par le Phare de Rochebonne
Nota : le phare de Rochebonne est l'amer postérieur, le phare du Grand Jardin est l'amer antérieur	
Faire route à 068° sur l'alignement du phare du Portzic par le phare du Petit Minou ou Suivre la route à 068° sur l'alignement	Gouverner sur l'alignement à 068°
Quand on sera dans le secteur blanc (265°- 276°) ; dans le secteur rouge (020°-040°)	Quand on sera dans le secteur 265°-276° du phare ; dans le secteur coloré 020°-040°
L'(amer postérieur) à droite (gauche) de l'(amer antérieur) Alignement ouvert à droite, (à gauche)	Alignement ouvert à l'Ouest, à l'Est
Quand on relève le feu à 270° (nuit seule- ment, sinon « phare »)	Quand on relève le feu dans l'Ouest, à l'W, dans le 270°, au 270°
A 4 M au NE du cap, la roche est marquée par le secteur (030°-060°) du feu	
Cap, banc situé au NNE, au NE, à l'ENE,	Cap, banc situé dans le N NE, au NE, dans l'E NE, etc.
Cap, banc situé à 312°	Cap, banc situé dans le N 48 W dans le 312°, au 312°
Relever la pointe à plus (à moins) de 285°	Se tenir dans le Sud, dans le Nord du relève- ment de la pointe à 285°
Roche (située au point) d'où l'on relève la balise à 038°, et le clocher à 143°	Roche située dans les relèvements de la pointe et du clocher à 038° et 143°
Banc situé à 312° et 5 M	Banc gisant à 5 milles et 312°
Banc situé à 5 M au NW	Banc situé au N.W. et à 5 milles
L'extrémité Sud de John Island est débordée jusqu'à 0,5 M par des hauts-fonds	Deux hauts-fonds gisent à 0,5 mille au S.W, 0,3 mille au Sud, à 0,35 mille au NE de l'extrémité Sud de l'île John
... déborde à 15 M de la côte	...déborde de la côte à 15 M
Selon (Une ligne orientée à 025° le (à partir du feu sens (Une ligne orientée à 025° (vers le feu	Une ligne de relèvement à 025° du feu
Des hauts-fonds et des bancs couverts de 4 à 11 m d'eau débordent jusqu'à 2,3 M à l'Est des quatre falaises	Deux hauts-fonds couverts de 11,9 et 9,4 mètres d'eau, et deux bancs couverts de 7,9 à 4,6 mètres d'eau gisent respectivement à 2,25 milles à l'Est de 1,25 mille à l'E.S.E. de la 1 ^{ère}

EXPRESSIONS A EMPLOYER	EXPRESSIONS A EVITER
	falaise, à 1,5 mille à l'E.N.E. de la 3 ^{ème} , et 1,25 mille à l'Est de la 4 ^{ème} .
<u>Systèmes d'organisation du trafic</u>	
Se référer à la terminologie adoptée par l'OMI (<i>Guide du Navigateur, volume 3, chapitre 6</i>) et aux titres 3 (§ 3.4.7.) et 4 (§ 4.5.1.) de la présente procédure.	
Axe de circulation recommandée	
ou	Voie réglementée
Voie recommandée	
Zone (ligne) de séparation	Zone (ligne) de démarcation (de partage)
Zone de prudence (Precautionary area)	Zone de précaution
Trafic principal orienté à 012°	Trafic principal orienté au 312 (312°)
Faire route en zone de navigation côtière	Naviguer en zone côtière
Nota :	
Ne pas confondre :	
Route réglementée <i>et</i> Route recommandée	
Route recommandée <i>et</i> Voie recommandée	
Direction établie du trafic <i>et</i> Direction recommandée du trafic	
Préférer Voie de circulation à Couloir de circulation	
<u>Chenaux - Mouillages</u>	
Il ne faut pas mouiller en relevant le clocher à plus de 232°	Il ne faut pas mouiller au Sud du clocher à 232° ;
ou : Il faut mouiller en relevant le clocher à moins de 232°	ou : Il ne faut pas mouiller à un relèvement du clocher plus Sud que 232°
Mouiller par profondeur de 5 m, sur un fond de sable, lorsqu'on relève le phare à 225° et 830 m	Mouiller par 5 m de fond, sable, dans le 45° et à 830 m du phare
On peut mouiller par profondeur de 22 à 25 m,	On peut mouiller par 22 m à 25 m d'eau,
Côté droit, gauche du chenal (en venant du large)	
Rive droite, gauche (en descendant le cours d'une rivière)	
Le chenal dragué est balisé par des bouées latérales lumineuses, conformes aux règles du Système de Balisage Maritime de l'AISM, région A, ...)	Le chenal dragué est marqué sur son côté N.W. par des bouées rouges lumineuses ou non, et sur son côté SE. par des bouées noires lumineuses ; la bouée lumineuse n° 2 est à cloche, la bouée lumineuse n° 6 est à gong, la bouée lumineuse n° 1 à sifflet, les bouées lumineuses n° 5 et 7 à cloche
Le quai, long de 150 m est accostable par des navires de 7 m de tirant d'eau	Le quai long de 150 mètres, a 8,5 mètres d'eau à son extrémité Sud et 7,3 à son extrémité Nord
Quai de 150 m de long (long de 150 m) par 7 m d'eau	
Naviguer au milieu du chenal	
Balisant le milieu du chenal (du passage)	Se tenir à mi-chenal

EXPRESSIONS A EMPLOYER**EXPRESSIONS A EVITER**

Un appontement dont l'extrémité est par 7 m d'eau

Balisant le milieu de la voie d'eau

Un wharf offrant 7 m d'eau au tableau

Dans la partie Ouest de la baie, on peut mouiller** par profondeur de 9 m, sur un fond de sable, devant l'appontement du village, en relevant l'église à 092° ; la zone d'évitage est restreinte

On peut mouiller au fond* de la baie sur la rive Ouest par 9 m, de sable, avec un évitage réduit, sur le relèvement à 092° de l'église devant le wharf du village

Mouiller sur l'alignement (012°) de l'église par l'extrémité du môle, en relevant à 092°, par le travers tribord, le phare de la pointe

Mouiller sur l'alignement à 012° de l'église par l'extrémité du môle et sur le traversier lumineux à 092° du phare de la pointe

Observations :

* Eviter l'emploi du mot fond pour désigner une partie de baie opposée à l'entrée.
Réserver ce mot dans son sens hydrographique.

** L'indication des mouillages se fait normalement en indiquant successivement :
Localisation générale, profondeur, nature et tenue du fond, localisation précise. Ne pas hésiter à répartir l'information en plusieurs phrases lorsque les compléments sont nombreux.

Navires

Navire

Bâtiment, vapeur

Capitaine

Commandant (de navire)

Bateaux (navires) de pêche

Pêcheurs (la pêche)

Croiseur britannique « Trenton »
(en caractères romains)

H.M.S. *Trenton*

Transbordeur

Car-ferry

Navires rouliers

Ro/Ro, Roll-on, Roll-off

Bateaux de plaisance

Plaisanciers (la plaisance)

tribord, bâbord (minuscules)

Tribord, Bâbord

avant, arrière (minuscules)

Avant, Arrière, AV, AR

Le pilotage est obligatoire pour les navires d'une jauge brute de plus de 500

Le pilotage est obligatoire au-dessus de 500 tonnes, de 500 t.j.b.

Navire d'une jauge brute de xxx

Navire de xxx tonneaux de jauge brute

Navire déplaçant 5 000 tonnes

(expression employée seulement quand le déplacement est la caractéristique essentielle : bassin, dock flottant).

Deux remorqueurs de 250 et 350 ch

2 remorqueurs de 250 et 350 CV

Traction au point fixe (tonnes de)

Traction, traction au croc

(nota : en anglais TBP = Tons of bollard pull)

Balisage - Eclairage

Phare

Feu*

Caractère d'un feu

Caractéristique d'un feu, d'un signal de brume

Caractère sonore d'un signal de brume

Une bouée (balise, perche) latérale tribord (bâbord)

Une bouée de tribord (bâbord)

Une marque de tribord (bâbord)

Des bouées de marque spéciale

Des bouées de marques spéciales

EXPRESSIONS A EMPLOYER	EXPRESSIONS A EVITER
La bouée cylindrique noire « 5A », lumineuse, à sifflet et réflecteur radar	La bouée lumineuse n° « 5 A » Une bouée « 5A » équipée d'un réflecteur radar
Une balise à flotteur, latérale bâbord, lumineuse	Une balise à flotteurs, ...
Une bouée cardinale Ouest	Une bouée cardinal Ouest Une bouée cardinale (quadrant Ouest) Une bouée du type cardinal Ouest
Deux bouées cardinales Est	Deux bouées cardinal Est
Bandes	Raies horizontales
Bandes verticales	Raies verticales
Bandes obliques	Bandes spirales
Phare, tour haute de 15 m, blanche à lanterne noire, à l'altitude de 100 m,	Phare, tour blanche à lanterne noire (15 m) à la hauteur de 100 m,
Phare, tour haute de 15 m, blanche à bandes rouges et lanterne noire, et maison blanche	
Pylône portant un feu, pylône avec feu	Pylône lumineux
Un wharf signalé par un feu	Un wharf lumineux
Alignement (135°) de deux balises lumineuses	Alignement lumineux à 135° de deux balises
Alignement à 135°, formé de deux balises lumineuses	
Feux aéronautiques (quand il s'agit d'un feu d'identification, généralement à éclats)	Feu aéro
Feu d'obstacle aérien (feu indiquant un obstacle à la navigation aérienne)	Feu d'obstruction ; feux rouges
Un feu rouge superposé à un feu vert	Un feu rouge supérieur à un feu vert
Trois feux verts placés verticalement	3 feux verts verticaux
Trois feux verts superposés	3 feux verts verticaux

Observation :

Le mot « feu » est utilisé quand il s'agit d'une indication concernant la navigation de nuit ou quand le support du feu ne constitue pas un amer de jour.

Citations ou renvois

Voir le paragraphe 4.3.5.

Voir le § 4.3.5.

(§ 4.3.0.) ; le paragraphe 4.3.0.*

le § 4.3.0.

Voir *Instructions Nautiques, volume L7 : Mer Rouge - Golfe d'Aden*

Voir *Instructions Nautiques de la Mer Rouge et du Golfe d'Aden*

Observation :

*Le signe § s'emploie devant des chiffres mais s'écrit en entier après l'article.

On peut employer : voir ci-contre, ci-après ; lorsque le passage auquel on renvoie est très voisin.

Ne pas multiplier à quelques lignes près les renvois au même paragraphe.

Documentation

EXPRESSIONS A EMPLOYER	EXPRESSIONS A EVITER
IN, Instructions Nautiques	Instructions, instructions nautiques
Instructions Nautiques <i>volume L7</i> <i>Mer Rouge - Golfe d'Aden</i>	Instructions Nautiques L7
Livre des Feux	Livre des phares
Livre des Feux volume B : <i>Mer du Nord – Skagerrak</i>	Livre des Feux B
Ouvrage n° 3C : <i>Signalisation maritime</i>	Ouvrage 3C
<i>Règlement international de 1972 pour prévenir les abordages en mer</i>	<i>Règlement International pour prévenir les abordages en mer</i>
Code international	Code <u>I</u> nternational
Fascicule de corrections	Fascicule <u>des</u> corrections
Ouvrage <i>Radiocommunications pour la surveillance du trafic et le pilotage n° 93</i>	Ouvrage 93
<u>Divers</u>	
Stations radio	Stations de radio
mâts, pylônes radio	mâts, pylônes de TSF
fréquence	longueur d'onde
VHF, canal 12	V.H.F. chenal 12 (voie 12)
de mars à juin (en minuscules)	de Mars à Juin
anomalies magnétiques	Perturbations magnétiques
maximum (s)) substantifs	maxima
minimum (s))	minima
maximal (aux))	maximum (s)
maximale (s)) adjectifs	maxima
minimal (aux))	minimum (s)
minimale (s))	minima
métallique	en fer
(une) HPA ; heure probable d'arrivée	E.T.A., estimate time of arrival
(une) HPD ; heure probable de départ	E T D , estimate time of departure
Conteneur	Container
Terminal à conteneurs	Container terminal
Bombay est situé	Bombay est située
(genre des villes est masculin)	
un fort en ruine (au singulier)	un fort en ruines
mais : on aperçoit les ruines du fort	
parenthèses qui se suivent :	
(.....) [.....] [.....]	(.....) (.....) (.....)
(les crochets suivent les parenthèses)	
parenthèse encadrant une autre :	
(.....[.....].....)	(.....(.....).....)

EXPRESSIONS A EMPLOYER

EXPRESSIONS A EVITER

Les crochets sont inclus dans les parenthèses lorsqu'il s'agit de texte

Les planches 1.3.6.1.A à 1.3.6.1.D

Les planches 1.3.6.1.A, 1.3.6.1.B, 1.3.6.1.C,
et 1.3.6.1.D

Annexe

D Exemple d'une fiche traversée

UNE fiche traversée est un document indispensable rédigée par l'équipe passerelle avant le départ d'un navire. Elle fait la synthèse des informations nécessaires au bon déroulement d'une traversée d'un point A à un point B. On y retrouve à la fois des éléments extraits des cartes marines comme des informations provenant des *Instructions nautiques* ainsi que des informations issues de l'expérience directe des équipages (via le retour d'expérience) ou encore des livres de feux ou de signaux.

Un exemple est ici proposé pour une traversée du bâtiment hydrographique « Borda » entre Brest et Saint-Malo ayant eu lieu au printemps 2014.

A bord, le 12 Mai 2014

MARINE NATIONALE
FORCE D'ACTION NAVALE
BH BORDA**FICHE TRAVERSEE****OBJET** : Fiche traversée de Brest à Saint-Malo**REFERENCE** : Instruction particulière du SHOM**P. JOINTES** : ANNEXE 1 NAVIGATION.

NOMS	VISAS
EV ARTHAUD	
EV GUIGUET	
ASP DANTES	
PM MERIAN	
MT LEBRIS	
SM HELIES	
QM HOUTEVILLE	
QM GRAVIERQ	

1 – GENERALITES

- Appareillage Brest : le Mardi 13 Mai 2014 09h30B.
- Distance à parcourir : 266 nq par le Four.
- Passage de l'écluse de St Malo : le Jeudi 15 Mai 2014 à 08h45B.
- Accostage Saint Malo : le Jeudi 15 Mai 2014 à 09h30B.

2 – COMMANDEMENT ET CONTROLE OPERATIONNEL

Le bâtiment sera placé durant toute la période considérée sous le commandement opérationnel du CEMA.
Le bâtiment sera placé sous le contrôle opérationnel de CECLANT.
Changement de contrôleur opérationnel zone raz Blanchard.

3 – ACTIVITES

Transit vers St Malo

Entraînement individuel suivant le SOE.

Travaux et activités hydrographiques dont relevage d'un marégraphe secteur la Hague et mouillage d'un marégraphe au grand Légon.

4 – CHANGEMENT D'HEURE

Pas de changement d'heure. Transit en heure BRAVO.

5 – TRANSMISSIONS

5.1 – Veille des fréquences VHF :

- Can. 16 : Fréquence d'appel et de détresse.
- Can. 74 : Base navale Brest.
- Can 08 : Brest approches.
- Can 06 : Entrée /Sortie sous marins
- Can 10 : St Mathieu.
- Can 13 : Ouessant trafic
- Can 10 : Ile de Batz.
- Can 10 : Bréhat.
- Can 10 : St Cast.
- Can 12 : St Malo.
- Can 10 : La Hague

Pilotage St Malo**•Contacts Pilotage :**

TF +33 (0)2 99 81 61 66 (HO)

Fax +33 (0)2 99 81 61 26

Mél pilotes.sm@wanadoo.fr

Fréquences Can. 12 de PM – 3 h 30 à PM + 1 h 30

Indicatif d'appel Pilotes Saint-Malo

•La zone de pilotage est limitée :

— à l'E, par la longitude du Mont Dol (1° 46,00' N) jusqu'à la latitude de la Basse Grune (48° 45,10' N)

— à l'W, par la ligne joignant le Cap, d'Erquy (48° 38,70' N — 2° 29,20' W) au phare du Grand Léjon (48° 44,90' N — 2° 39,90' W).

•Procédure

a) Le pilotage est obligatoire dans la zone décrite précédemment pour les navires de LHT Supérieure à 45 m et pour tous ceux qui transportent des substances dangereuses.

b) Les navires doivent communiquer leur HPA et leur tirant d'eau 6 h à l'avance, confirmer leur HPA 2 h avant l'arrivée et signaler sans tarder toute modification supérieure à 1 h.

c) Au départ, le navire doit avertir 2 h avant l'appareillage, pour un changement de poste, 1 h Avant le mouvement. Pour un mouvement prévu entre 2000 et 0800, l'information doit être fournie avant 1800.

d) Le pilote embarque à environ 1 M au N de la bouée d'atterrissage, en 48° 42,40' N — 2° 07,30' W.

•Nota Cette station fournit également des pilotes pour Le Guildo, Dinard, la Rance, Cancale et Port Barrier.

Port**•Contacts Capitainerie :**

TF +33 (0)2 99 20 25 00

Fax +33 (0)2 99 40 25 07

Web www.saint-malo.cci.fr/fr/prestations/ports/

Vigie :

TF +33 (0)2 99 20 25 01

Fax +33 (0)2 99 40 25 87

Mél Vigie.Capitainerie.DDE-Ille-et-Vilaine@developpement-durable.gouv.fr

Fréquences Can. 16, 12 H/24

•Procédure Les navires transportant des hydrocarbures ou des substances dangereuses doivent signaler au port leur entrée dans le chenal d'approche et assurer une veille permanente sur Can. 12.

Corsen — CROSS

Zone de responsabilité du Mont Saint-Michel à la Pointe de Penmarch

TF +33 (0)29 88 93 131

Fax +33 (0)29 88 96 575

TLX +42 940086 CROCO

Mél. corsen.mrcc@developpement-durable.gouv.fr

corsen@mrccfr.eu

Indicatif d'appel CROSS Corsen

CROSS Gris Nez

Gris Nez MRCC

TF +33 (0)3 21 87 21 87

Fax +33 (0)3 21 87 78 55

TLX +42 130680

Inmarsar-C (AOR-E) 422799256

AFTN LFINZPZX

Mél gris-nez@mrccfr.eu

• **Radiotéléphonie VHF Canaux Veille**

Détresse et sécurité H 24 (Can. 16) pour toutes les stations

Batz	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Bréhat	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Brignogan	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Carteret	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Corsen	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
La Chèvre	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
La Hague	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Le Raz	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Penmarch	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Ploumanac'h	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Portzic	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Saint-Cast	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Saint-Quay	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Saint-Mathieu	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79
Stiff	10 – 13* - 15 – 16* - 67 – 68 – 73 – 79

5.2 — Veille des liaisons

- VSAT (service INTRAMAR, téléphonie, internet et messagerie ACP)
- TRAM par vacation (PC Télécom)
- Liaisons HF Navire/Terre (PC Télécom)
- Liaison UHF Détresse aéro (Passerelle)
- Liaison HF Licom Brest (Passerelle)

5.3 — Messages à envoyer :

- AVIDEP : Emis par le Borda au départ de Brest.
(Adresses conformes à l'ORDMOUV)
- POSIT : Emis aux heures synoptiques : 00H00Z, 06H00Z, 12H00Z, 18H00Z
(Adresses conformes à l'ORDMOUV)
- ARRAVI : Emis par le Borda à l'arrivée à St Malo.
(Adresses conformes à l'ORDMOUV)
- SHIP : Toutes les 06H00Z

6 – INFORMATIONS NAUTIQUES

L'information nautique sera exploitée quotidiennement par l'équipe passerelle.

Les messages concernant directement notre zone de navigation seront à l'affichage en passerelle et communiqués lors du briefing activité.

6.1 — SMDSM

Navigation en zones ASN A1.

6.2 — Stations différentielles

DGPS réglé en recherche automatique (Ref :IP mer)

NOM	PORTEE NQ	FREQUENCE (KHZ)	NUMERO	VITESSE (BITS/S)
Pont de Buis	108	308.5	462	100

6.3 — Stations NAVTEX

NOM	EMETTEUR INTERNATIONAL	EMETTEUR NATIONAL
CORSEN	A	E

NAVIGATION

TYPE DE NAVIGATION

Nous effectuerons une navigation « côtière » et de type « loxodromique ».

CARTES ET DOCUMENTS

Cartes : Brest-St Malo

NUMERO	TITRE	SYST. GEO	ECHELLE	CHEMISE
7399	Port de Brest	WGS 84	1 / 7 500	66
7398	Rade de Brest (partie ouest)	WGS 84	1 / 10 000	66
7401	Accès a la Rade de Brest	WGS 84	1 / 22 500	66
7122	De la pointe de St Mathieu au Phare du Four - Chenal du Four	WGS 84	1 / 25 000	66
7149	Goulet de Brest à Portsall	WGS 84	1 / 49 100	66
7150	De Portsall à l'anse de Kernic	WGS 84	1 / 50 000	64
7094	Du Phare du Four à l'île Vierge — Port de l'aber- Wrac'h	WGS 84	1 / 25 000	64
7151	De l'anse de Kernic à l'île Grande	WGS 84	1 / 48 700	64
7152	De l'île Grande à l'île de Bréhat	WGS 84	1 / 48 700	64
7153	De l'île de Bréhat au plateau des roches Douvres	WGS 84	1 / 48 600	64
7154	De l'île de Bréhat au Cap Fréhel — Baie de Saint- Brieuc	WGS 84	1 / 48 800	64
7155	De Cap Fréhel à la Pointe du Grouin — Approches de St Malo	WGS 84	1 / 48 800	64
7232	Du nez de Jobourg à la pointe de Nacqueville	WGS 84	1/20 000	60
7130	Abords de St Malo — De l'île des Hébihens à la pointe de la Varde	WGS 84	1 / 15 000	64
7158	Du cap de Carteret au cap de la Hague	WGS 84	1/50 000	62
7160	De Jersey à Guernesey	WGS 84	1/50 000	62
7161	Des Iles Chausey à Jersey — Plateau des Minquiers	WGS 84	1/48500	62

Documents

- Instructions nautiques « C2A » : De la frontière belge à la pointe de Penmarc'h
- Livre des Feux « LA » : Atlantique Nord-Est (de l'Irlande au détroit de Gibraltar) — Manche — Mer du Nord (partie Sud)
- Radiosignaux disponibles dans le coffre de la passerelle sur CDROM:

Ouvrage n°91 : Radionavigation maritime
 Ouvrage n°92.1 : Radiocommunication maritime (Europe — Groenland — Méditerranée)
 Ouvrage n°92.4 : Radiocommunication maritime (SMDSM)
 Ouvrage n°93 : Radiocommunications pour la surveillance du trafic et le pilotage
 Ouvrage n°96.1 : Stations radiométéorologiques

- Annuaire des marées « Port de France 2014 tome 1 »
- Logiciel SHOMAR

NAVIGATION

En situation normale, le système de positionnement de référence est le GPS et le système de visualisation de référence est SENIN.

EPHEMERIDES***Levers et couchers de soleil à Brest :***

	LEVER	COUCHER
Mardi 13 Mai 2014	06H40B	21H48B

Levers et couchers de soleil à St Malo :

	LEVER	COUCHER
Mardi 15 Mai 2014	06H38B	21H51B

MAREES***Brest :***

Marnage moyen durant la période : 5 m

Toutes heures BRAVO

	Mardi 13 Mai 2014		
	HEURE	HAUTEUR	COEF
PM	04H44	6.50	79
BM	11H05	1.60	
PM	17H06	6.70	84
BM	23H24	1.45	

St Malo :

Marnage moyen durant l'arrivée : 10.5 m

Toutes heures BRAVO

	Jeudi 15 Mai 2014		
	HEURE	HAUTEUR	COEF
BM	02H52	1.70	
PM	08H15	11.95	94
BM	15H15	1.65	
PM	20H35	12,20	96

E Exemple d'une fiche de préparation de quart

UNE fiche de préparation de quart est une fiche permettant à l'équipage en passerelle de synthétiser toutes les informations nécessaires à la navigation pendant un quart. On y retrouve les informations nécessaires concernant la météo, les marées, les cartes marines à utiliser, les extraits indispensables des *Instructions nautiques* (IN), etc.

Ici sont présentées une fiche de quart vierge (cf. figure E.1) ainsi qu'une fiche de quart remplie dans le cadre d'un exercice appliquée par des élèves de l'École Navale.

La fiche de préparation de quart		
FICHE DE PREPARATION AU QUART (F1)	NOM:	BATIMENT:
- à remplir pendant les heures précédant le quart - à présenter à l'officier de quart en prenant la F1	DATE:	QUART:
EN EMBARQUANT, CONSULTEZ SYSTEMATIQUEMENT LA CHEMISE PASSERELLE DU BATIMENT	ZONE:	
INTENTIONS DU COMMANDANT	MAREES: PORT:	COEFFICIENTS: PORT:
PREVISIONS METEO		
CARTES à UTILISER - NUMEROS et TITRES (SH4...)	COURANTS:	
	POINTS INTERESSES	DIRECTIONS et FORCES

CT MARINE NATIONALE 2005.

Retour →

Figure E.1 — Recto d'une fiche de préparation de quart vierge

La fiche de préparation de quart	
EXTRAITS des INSTRUCTIONS NAUTIQUES	CONSULTATION DU LIVRE DES FEUX
PAGES CONSULTÉES :	Caractéristiques des feux principaux : (de nuit)
Principaux amers et balisage. Renseignements importants:	DIVERS: (exercices prévus – heures de phénomènes astro – extrait de documents divers – schéma de chenalage, etc...)
AVIS AUX NAVIGATEURS concernant la zone	

Figure E.2 — Verso d'une fiche de préparation de quart vierge

Contacter sémaphore CROSS CORSEN canal 10 ?
 St Naulien la vigie 149nd ↔ 9,9 m

FICHE DE PRÉPARATION AU QUART (F1)		NOM: GEORGE	BÂTIMENT: Y.211
- à remplir pendant les heures précédant le quart - à présenter à l'officier de quart en prenant la F1		DATE: 19 mars 2014	QUART: 12 ^h 30 - 14 ^h 30
EN EMBARQUANT, CONSULTEZ SYSTÉMATIQUEMENT LA CHEMISE-PASSERELLE DU BÂTIMENT		ZONE: CHENAL Au Four.	
INTENTIONS DU COMMANDANT: 1 manœuvre GE en fonction Fonctionnement sur 2 lignes d'axe vitesse transit: 12 nds Pied de Piste: 800 m		MARÉES: COEFFICIENTS: 93/92 PORT: BREST 6 ^h 27 7.00 12 ^h 45 1.25 18 ^h 48 6.95 H min: 1.25 m PORT: IOS = 4.62 - 1.25 = 3.37 m distance d'arrêt à 12nd = 120 yds Souda = 5 PDS = 7 m POG = 8 m en Navres sinen 10 m	
PRÉVISIONS MÉTÉO: mer 1 vent W-SW 12nds bonne visibilité / médiocre localement		COURANTS (calculés pour différents points de la route selon le P.M.) POINTS INTÉRESSÉS DIRECTIONS et FORCES: • 12h30 • 13h30 • 14h30	
CARTES À UTILISER - NUMÉROS et TITRES (SH4...) 7129			

Figure E.3 — Recto d'une fiche de préparation de quart remplie

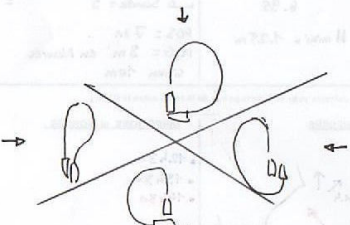
EXTRAITS des INSTRUCTIONS NAUTIQUES	CONSULTATION DU LIVRE DES FEUX Y.211
<p><u>PAGES CONSULTÉES :</u></p> <p>Principaux amers et balisages. Renseignements importants :</p> 	<p>Caractéristiques des feux principaux : (de nuit)</p> <p>DIVERS : (Exercices prévus - heures de phénomènes astro - extraits de documents divers - schéma de chenalage, etc...)</p> <p>Ex. Homme à la mer → marche l'homme à la mer + diff manœuvre</p> <p>Av de barre → commande locale 5 klaxon réduction d'allure</p> <p>Av total bloc → 2^e GE</p> <p>Av Prop → an manille si être contact sémaphore DIST ENV pour remorquage</p> <p>- site ancrage - zone de tir - calage</p> <p>- accident - trafic trop dense</p> <p>- or mit - interdiction par le sémaphore.</p>
<p><u>AVIS AUX NAVIGATEURS concernant la zone</u></p>	

Figure E.4 — Verso d'une fiche de préparation de quart remplie

F « En Pologne, c'est-à-dire nulle part » (A. Jarry)

Nous avons reproduit dans cette annexe une analyse chorématique d'une zone polonaise (cf. figure F.1) proposée par Brunet dans [29, pages 4–6] :

« *Le zonage est-ouest* vient surtout de la poussée germanique et de ses contre-coups du côté de la Lituanie et de la Russie : il est de dimension historique. Le fief polonais traditionnel, ou Grande Pologne, est centré sur Gniezno et Poznan, la vieille capitale, et s'est trouvé une autre base à Cracovie. Un temps, les Polonais ont avancé à l'Ouest, au delà même de l'Elbe. Puis la poussée des Chevaliers Teutoniques les ont fait refluer vers l'est. Varsovie, moins exposée, est devenue capitale. Puis ce fut la domination des vastes espaces marchands et paysans entre Baltique et Mer Noire, loin vers l'est, avec la Lituanie. Réveil russe, pressions prussiennes et autrichiennes ont eu raison de cette grande Pologne, dès lors tantôt dépecée, tantôt refoulée vers l'est, tantôt repoussée vers l'ouest – mais conservant Varsovie et Cracovie comme pivots, finalement un peu excentrés maintenant.

Le zonage nord-sur est triple : les sources du gradient sont au nord les glaciations ternaires, au sud les Carpates et les monts de Bohême, et sur l'ensemble la latitude. Celle-ci donne un peu plus de soleil au Midi, de froid et de brume au Nord. Les glaciations ont fait se succéder, tout en avant, au sud, les dépôts de loess qui font la fertilité de la Silésie, de la Petite Pologne et du plateau de Lublin ; l'espace central des stationnements successifs du front de la calotte glaciaire, qui ont laissé de larges chenaux (pradoliny) et des collines morainiques, espaces de circulation assez bien drainés ; puis au nord les terrains dégagés plus tardivement, mal drainés, argileux, aux lacs innombrables et aux forêts étendues ; la Baltique enfin, mer peu profonde et médiocre régulatrice du climat, qui confirme ce zo-

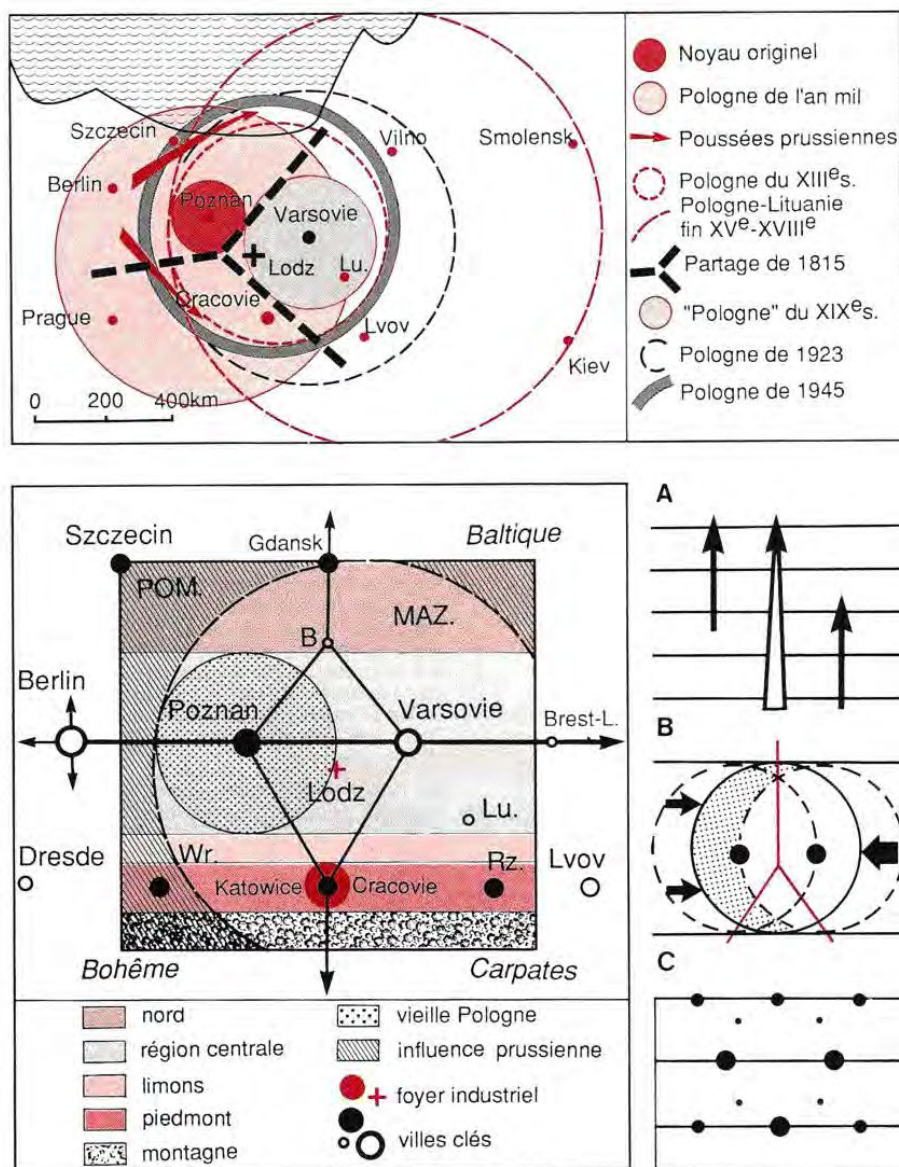


Figure F.1 — Carte de la Pologne (source : [29])

nage au lieu de l'atténuer, avec une côte sableuse avare en bons sites portuaires. La tectonique des secondes fait se succéder du sud au nord une vraie montagne, avec ses pâturages et ses bois ; un piedmont bien dégagé, riche en ressources minières et en eaux thermales ; une bordure de bas plateaux crayeux bien drainés. Au total, un ensemble qui explique déjà largement les rubans successifs de paysages et de villes, du sud au nord : la montagne et son tourisme (sports d'hiver,

cure et thermalisme); le couloir industriel de Wrocław à Katowice, Cracovie et Rzeszow ; les bonnes terres agricoles ; l'espace de communication central, où sont les capitales ; le nord boisé et lacustre des collines de Poméranie et de Mazurie ; le littoral. Ainsi se mettent en place tous les éléments de l'organisation du territoire : la position des grandes villes, en un réseau "christallérien" et hiérarchique, modulé par l'existence de trois grands *lieux* parallèles de villes majeures (piedmont, axe central, littoral) et la dualité historiques des plus centrales – et même Lodz, création industrielle du XIX^e siècle, ville artificielle du textile, souvent présentée comme une sorte d'aberration dans les manuels, mais créée comme un défi aux limites mêmes du territoire encore considéré comme "polonais" côté russe, près du point de jonction des domaines prussien, autrichien et russe ; les "bonnes" et moins bonnes régions agricoles, les espaces industriels du piedmont – développés sous tutelle prussienne et autrichienne ; et ainsi de suite.

On retrouve ici une série de chorèmes fondamentaux. Ils s'organisent pour dessiner *une* carte-modèle de la Pologne entière, ou pour aider à l'interprétation de *toutes* les cartes thématiques d'un atlas de Pologne. Aucun, cela va de soi, n'exprime ni une nécessité, ni un déterminisme : tout au plus des déterminations. Tous expriment des *situations*, qui se combinent en une organisation du territoire produite par des sociétés identifiées, avec leurs propres structures et leurs propres mouvements. Le territoire et son organisation ont varié dans le temps – et même, en l'occurrence, plusieurs fois disparu officiellement ; la carte de la Pologne d'aujourd'hui en est l'héritière, mais elle évolue en même temps que la Pologne d'aujourd'hui réadapte sans cesse ses structures d'organisation spatiale.

Le même genre de modélisation peut être fait pour tout espace cartographiable, qu'il s'agisse de la répartition d'un phénomène, ou de l'organisation territoriale d'un pays tout entier. »

Annexe

G

Structure hiérarchique type des *Instructions nautiques*

Chapitre 0 Introduction

- 0.1 Avant-propos
- 0.2 Corrections
- 0.3 Avis importants

Chapitre 1 Renseignements généraux

1.1 Géographie

- 1.1.1 Limites de l'ouvrage
- 1.1.X Géographie physique
- 1.1.X Description des sous-ensembles

1.2 Météorologie

- 1.2.1 Généralités
- 1.2.2 Pression atmosphérique
- 1.2.3 Perturbations
- 1.2.4 Vents
- 1.2.5 Houle. Etat de la mer
- 1.2.6 Température. Humidité. Nébulosité. Visibilité
- 1.2.7 Précipitations
- 1.2.8 Tableaux climatiques (éventuellement)

1.3 Océanographie

1.3.1 Limites des mers. Bathymétrie. Nature des fonds

1.3.2 Courants généraux

1.3.3 Marées. Courants de marée. Variation du niveau de la mer

1.3.4 Température. Salinité. Densité de surface

1.3.5 Phénomènes particuliers

1.3.6 Glaces (éventuellement)

Généralités

Zone de dérive des icebergs

Limites saisonnières de la banquise

Signalisation des glaces

1.4 Navigation

1.4.1 Avertissements météorologiques et de navigation

1.4.2 Aides radioélectriques à la navigation

1.4.3 Anomalies magnétiques (s'il y a lieu)

1.4.4 Dangers au large

1.4.5 Obstructions

1.4.6 Balisage

Signalisation maritime

Balisage côtier

1.4.7 Routes (si Chapitre 2 : report de ce § au Chap 2)

Présentation générale.

Réglementation (éventuellement)

Caractéristiques nautiques. Îles, bancs, dangers au large

Distances

Zones d'atterrissage

Navigation

Instructions. Mesures d'organisation du trafic (éventuellement)

1.4.8 Activités humaines

Ports principaux et secondaires

Trafic maritime

Pêche

1.4.9 Ports d'entrée. Pilotage

Port d'entrée

Stations de pilotage

Demande de pilote

1.4.10 Organisation du sauvetage maritime

CROSS - CCSM (MRCC)

Moyens de sauvetage

Sémaphores et vigies

Signaux - Sécurité

1.5 Zones

1.5.1 Généralités

1.5.2 Avertissements

1.5.3 Zones dangereuses

1.5.4 Zones de pêche. Cultures marines

1.5.5 Parcs et réserves naturelles. Sites archéologiques (éventuellement)

1.5.6 Zones de navigation réglementée, zones d'exercices

1.6 Règlements

1.6.1 Réglementation internationale

1.6.2 Réglementation communautaire ou bilatérale

1.6.3 Réglementation nationale

1.7 Pays

1.7.1 Pays I

Eaux territoriales

Zone contiguë

Zone économique

Zone de protection écologique, parcs marins (éventuellement)

Organisation administrative et militaire - Action de l'état en mer (éventuellement)

Date de la fête nationale.

Organisation et réglementation maritime (IN hors Côtes de France)

Représentation française

Activités portuaires

Monnaies

Temps légal et heure en service

Communications

Divers.

1.7.X Pays X

Chapitre 2 Routes directes (si non intégrées au chapitre 1)

2.1 Généralités

Aides à la navigation

Pilotage hauturier

2.2 Routes et distances

Caractéristiques nautiques. Îles, bancs, dangers au large

2.3 Instructions. Mesures d'organisation du trafic (éventuellement)

Chapitre X X Descriptifs des côtes

X.1 Généralités

X.1.1 Environnement

X.1.2 Atterrissage

X.1.3 Météorologie

X.1.4 Station de signaux

X.1.5 Station de sauvetage

X.1.6 Zones

Réserves et parcs marins

Aquaculture (zones actives ou/et zones désaffectées) - pêche

Réglementées

Câbles

Emissaires de rejet

X.2 De la Pointe P jusqu'au Cap Z (Sous-chapitre descriptif)

X.2.1 De la Pointe P jusqu'au port de Q

X.2.2 Port de Q

X.2.3 Entre le Port de Q et le Cap W

X.2.4 Port de R

X.2.5 Port de S

X.2.6 Entre le Port de S et le Cap Z

X.X.X Port de...

X.X.X.1 Généralités

X.X.X.2 Atterrissage

X.X.X.3 Mouillages

X.X.X.4 Pilotage

X.X.X.5 Chenalage

X.X.X.6 Accès

X.X.X.7 Règlementation

X.X.X.8 Données portuaires

Tableau commun quelque soit la catégorie du port.

Les cellules retenues sont à l'appréciation du rédacteur

Tableau

Caractéristiques nautiques

Météorologie locale

Marée et courants

Balisage

Sémaphore

Station de signaux

STM

Station de sauvetage

Installations portuaires (et/ou) Terminaux spécifiques

Navires autorisés

Remorquage

Infrastructures

Outillage

Réparations

Ravitaillement

Dératisation

Organisation

Administration

Accueil des navires

Sûreté portuaire

Services

Communications

Ville

X.X.X.9 Rivière en amont (éventuellement)

Annexes

I Bassins de radoub et cales de halages

II Stations de signaux et stations de sauvetage (IN hors Côtes de France)

III Principaux ports, mouillages et terminaux

IV Vocabulaires de termes maritimes et géographiques

V Réglementations particulières

VI Index des cartes françaises mentionnées dans l'ouvrage

VII Index des cartes étrangères mentionnées dans l'ouvrage

VIII Couverture des cartes électroniques (ENC) mentionnées dans l'ouvrage

H

Tableau de données portuaires

Caractéristiques nautiques	
Météorologie locale	Passé exposée à la houle de NW. Entrée difficile par fort vent de NW, délicate par vent d'ENE lorsque la houle est formée.
Sémaphore	Cap Béar (vigie) [42°30,93' N – 3°08,20' E].
Station de sauvetage	Port de Cerbère (42°26,46' N – 3°10,10' E). - Port-Vendres (42°31,33'N – 3°06,94' E).
Installations portuaires	
Navires admis	Bateaux de pêche et de plaisance – L maximale 15 m (une place 18 m).
Infrastructures	Le port comprend un seul bassin. 370 places, amarrage sur pontons et pendilles. Eau et électricité aux appointements. Sanitaires et douches, connexion internet, (bureau du port). Aire de carénage, conteneur huiles usées, déchetterie. Cale de mise à l'eau (payante).
Outillage	Élévateur 10 t (concessionnaire indépendant)
Réparations	Schiphandler.
Ravitaillement	Carburant à 2 Km du port (station service). Ressources d'une petite ville.
Contrôle sanitaire	Voir §1.6.6.
Organisation	
Administration	Port géré par la mairie de Banyuls-sur-Mer. Bureau du port (terre-plein Est) : tél. : 04.68.88.30.32. - tél. astreinte : 06.73.98.93.82 - télécopie, : 04.68.88.17.46. Veille VHF 9 - horaires : Juillet-Août : 7h-20h - hors saison : 8h-12h – 14h-17h.
Accueil des navires	Bateaux de passage : postes d'amarrage attribués par bureau du port suivant disponibilités après appel sur VHF 9.
Services	Délégation à la Mer et au Littoral : à Port-Vendres - tél. : 04.68.98.34.80. - télécopie : 04.68.82.47.90. Douanes : à Port-Vendres - tél. : 04.68.82.03.77. - télécopie : 04.68.98.00.18. Hôpital à Perpignan : tél. : 04.68.61.66.33. (33 km). Médecins et pharmacies en ville.
Communications	Liaisons routières fréquentes avec Perpignan,(40 Km). Gare SNCF. Aéroport Perpignan-Rivesaltes (37 Km).
Ville	Banyuls compte 4 720 habitants (2012). Station balnéaire très fréquentée, nombreux hôtels. Département des Pyrénées-Orientales (66).

Table H.1 — 2.2.3.5.A. – Port de Banyuls-sur-Mer (42°28,89' N – 3°08,05' E) (tableau issu du volume D2.1 des IN)

Annexe

I Les énoncés du *System Usability Scale*

- (1) I think that I would like to use this system frequently.
- (2) I found the system unnecessarily complex.
- (3) I thought the system was easy to use.
- (4) I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.
- (5) I found the various functions in this system were well integrated.
- (6) I thought there was too much inconsistency in this system.
- (7) I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.
- (8) I found the system very cumbersome to use.
- (9) I felt very confident using the system.
- (10) I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.

Glossaire

arrondir contourner à bonne distance.

ASCII-art création d'images utilisant seulement les caractères de l'encodage ASCII.

brassage hauteur de l'eau indiquée par la sonde.

carte conceptuelle représentation graphique d'un domaine de la connaissance tel que perçu par un ou plusieurs individus.

chemin un chemin dans un digraphe est une suite de sommets reliés les uns aux autres par des arcs.

chenal partie d'un cours d'eau, d'un port, etc., où se situe la voie navigable principale empruntée par les navires de grandes dimensions. Également route habituelle des navires à l'entrée ou à la sortie d'un port .

complémentation fait de fournir un complément pour former un syntagme.

connaissance information enrichie et mise en contexte permettant interprétation, prédiction, etc.

degré le degré d'un sommet est la taille de son voisinage. Le degré d'un graphe est le degré maximum de tous ses sommets.

descendant les descendants d'un sommet sont les sommets qui sont le fils, ou le fils du fils, etc., d'un sommet donné.

données faits objectifs qui relatent un événement (résultats directs d'une mesure).

déixis la déixis est l'ensemble des éléments langagiers au moyen desquels le discours s'ancre dans la réalité des participants de l'événement énonciatif (exemples : pronoms personnels tels que *je, tu, nous, vous*, adjectifs et pronoms démonstratifs, etc.) .

échelle de Likert échelle d'évaluation en 5 (ou 7) degrés utilisée dans les questionnaires et qui permet de nuancer le degré d'accord ou de désaccord avec un énoncé.

embouquer s'engager dans une passe, un chenal ou une mer étroite.

extension en logique et en linguistique, l'extension d'un concept est l'ensemble des objets du monde auquel le concept correspond. Le mathématicien allemand Gottlob Frege dénote l'intension et l'extension par les mots *Sinn* et *Bedeutung* que l'on traduit habituellement par « sens » et « dénotation ».

fermeture la fermeture d'un graphe G à n sommets est le graphe obtenu à partir de G en ajoutant progressivement des arêtes entre les sommets non adjacents dont la somme des degrés est au moins égale à n , jusqu'à ce que ceci ne puisse plus être fait.

foncteur dans GF, un foncteur est un module incomplet définissant une grammaire concrète et ouvrant une ou plusieurs interfaces.

homomorphisme application d'un ensemble dans lui-même $(f(x \circ y) = f(x) \circ f(y))$.

information données auxquelles on a donné une sémantique, voire une interprétation.

instance dans GF, une instance est un module contenant les définitions des types.

intension en logique et en linguistique, l'intension d'un concept est l'ensemble des caractéristiques qui le définissent, *Voir* extension.

interface dans GF, une interface est un module contenant les déclarations des types.

laisse de basse mer *laisse de haute mer* ou simp. *laisse* : feston de goémon et autres épaves marquant la limite de la marée haute ; par analogie, *laisse de basse mer*, ligne des eaux sur la côte à basse mer, bien que celle-ci ne laisse évidemment qu'un dépôt tout momentané. L'intervalle entre la laisse de plus haute mer (marée de 120) qui est le trait côtier des cartes marines, et celle des plus basses mers, qui est, sur ces cartes, la ligne du zéro, est le *plain*, ou *zone intercotidale*, ou *zone de balancement des marées*, marquée sur les cartes par du pointillé si les fonds sont de sable, de petits traits s'ils sont de vase, des courbes s'ils sont de roche ; on la nomme souvent et à tort *laisse de marée* [127, p. 516].

linéarisation opération consistant à faciliter la réception d'un énoncé en plaçant les mots dans un certain ordre (linguistique topologique).

n-gramme sous-séquence de n éléments construite à partir d'une séquence donnée.

onomasiologie étude sémantique qui consiste à partir du concept pour rechercher les signes linguistiques qui lui correspondent.

onomasiologique qui relève de l'onomasiologie, *Voir* onomasiologie.

opération dans GF, une opération est une fonction possédant un nom, un type et une définition correspondant à une λ -abstraction.

prédication fait de fournir un prédicat à un syntagme nominal sujet.

proxémie étude du positionnement (des mots, des locuteurs) dans l'espace.

proxémique qui relève de la proxémie, *Voir* proxémie.

sous-graphe graphe contenu dans un autre graphe.

sous-graphe induit un sous graphe $G' = (V', E')$ d'un graphe $G = (V, E)$ est un sous-graphe induit si E' est formé de tous les arcs/arêtes de G ayant leurs extrémités dans S' .

subsomption la relation de subsomption est une relation d'inclusion entre des concepts ; par exemple le concept d'« embarcation » *subsume* celui de « chaloupe ».

superstructures constructions au-dessus du pont supérieur d'un navire.

sémasiologie science des significations, partant du mot pour en étudier le sens.

sémasiologique qui relève de la sémasiologie, *Voir* sémasiologie.

tokénisation segmentation d'une chaîne de caractère en sous-chaînes.

widget composant d'une interface graphique, utilitaire.

Index

- attribut, 48, 49, 62, 65–67, 72, 87–89, 91, 93, 99, 110, 119, 120, 123, 127, 129, 184, 189, 190
attribut sémantique, 116, 117, 122
- base de connaissances, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 37, 58, 59, 66, 67, 73, 74, 81, 82, 85–88, 91, 94, 97, 99, 105, 117, 120–122, 125, 132, 147, 169, 170, 175, 176, 184, 193
- chorématique, 98, 100, 102, 103
chorème, 100, 102, 103
classification, 25, 33, 59, 60, 68, 69, 98, 103, 104, 142, 143, 146, 147, 171
complémentarité, 11, 94, 130, 147, 188
- ECDIS, 43–47, 127, 167
ENC, 46, 48–50, 87, 93, 94, 105, 106, 117, 118, 125, 127, 129, 139, 141, 168, 189, 192
- géomatique, 38, 54
grammaire, 13, 30, 50, 75, 79, 102, 103, 122, 152, 169
grammaire abstraite, 155–157, 160–162, 164
grammaire concrète, 155–157, 160, 161, 164, 165
grammaire contextuelle, 107
grammaire formelle, 110
grammaire générale, 107
grammaire GF, 155, 156
grammaire hybride, 151
grammaire multilingue, 152, 155
grammaire multimodale, 155
grammaire non-contextuelle, 89, 107, 110, 147, 152, 153
grammaire régulière, 107
grammaire SR-RCC8, 111, 112, 117, 118
grammaire Symbol-Relation, 106, 110–112, 116, 129, 147
grammaire textuelle, 129
grammaire visuelle, 129
Grammatical Framework, 152
GF, 152, 154–157, 160–162, 164–166, 186
graphe conceptuel, 58, 59, 61–65, 67, 70, 73
- hybridité, 193
- INAUT, 91–95, 98, 117, 121, 125, 127, 129–132, 134, 136, 139, 142, 146–148, 151, 155, 156, 161, 164–166, 168, 169, 171, 175, 176, 178–182, 184–186, 189, 191, 193

- langage contrôlé, 1, 8, 13, 15, 18, 23–25, 27–30, 33, 54, 57, 58, 74, 75, 77–83, 85, 88–91, 94, 97, 105, 117, 130, 143, 146, 147, 152, 172, 173, 176, 178, 182, 186, 215
 langage contrôlé hybride, 18, 80, 98, 105, 117, 122, 123, 127, 147, 148, 161
 langage contrôlé visuel, 97, 98, 100, 105, 166, 186
 langage hybride, 129, 147
 langage visuel, 98–100, 103, 106, 117
 linéarisation, 154, 155, 157, 162, 164–166
 LitINAUT, 93
 logique, 9, 24, 100, 144
 logique de description, 10, 58–60, 64, 65, 74, 75
 logique du premier ordre, 32, 60, 99, 105, 118–120, 144–146
 logique du second-ordre, 144
 logique topologique, 111, 112, 123, 147
 modalité, 9, 79, 80
 modalité textuelle, 9, 190
 modalité visuelle, 9
 mode, 11, 135, 155, 188
 mode textuel, 141
 mode visuel, 141
 multimodalité, 9, 18, 57, 80
 ontologie, 32, 59, 61, 64–68, 70, 74, 76, 131
 RCC8, 40, 42, 54, 99, 111, 129, 147, 162, 163, 166
 relation, 40, 42, 51, 54, 62–70, 72, 87, 88, 93, 107–110, 112–114, 117, 123, 127, 129, 135–137, 144, 145, 147, 174, 175
 relation complexe, 87–89, 184
 relation de subsomption, 59, 65
 relation graphique, 130
 relation méréotopologique, 41, 53
 relation rhétorique, 36
 relation simple, 87–90
 relation spatiale, 42, 54
 relation topologique, 40, 50, 109
 relation visuelle, 130
 RNC, 48–50, 168
 système d'information géographique, 38
 SIG, 38, 40, 42, 43, 46, 54, 168
 textes compagnons, 5, 14, 37, 54, 80, 82, 93, 97, 105, 106, 123
 tokénisation, 183
 vocabulaire contrôlé, 28, 29

Les langages contrôlés sont des langages artificiellement définis utilisant un sous-ensemble du vocabulaire, des formes morphologiques, des constructions syntaxiques d'une langue naturelle tout en éliminant la polysémie. En quelque sorte, ils constituent le pont entre les langages formels et les langues naturelles. De ce fait, ils remplissent la fonction de communication du médium texte tout en étant rigoureux et analysables par la machine sans ambiguïté. En particulier, ils peuvent être utilisés pour faciliter l'alimentation de bases de connaissances, dans le cadre d'une interface homme-machine.

Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) publie depuis 1971 les Instructions nautiques, des recueils de renseignements généraux, nautiques et réglementaires, destinés aux navigateurs. Ces ouvrages complètent les cartes marines. Elles sont obligatoires à bord des navires de commerce et de pêche. D'autre part, l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) a publié des normes spécifiant l'échange de données liées à la navigation et notamment un modèle universel de données hydrographiques (norme S-100, janvier 2010).

Cette thèse se propose d'étudier l'utilisation d'un langage contrôlé pour représenter des connaissances contenues dans les Instructions nautiques, dans le but de servir de pivot entre la rédaction du texte par l'opérateur dédié, la production de l'ouvrage imprimé ou en ligne, et l'interaction avec des bases de connaissances et des outils d'aide à la navigation. En particulier on étudiera l'interaction entre le langage contrôlé des Instructions nautiques et les cartes électroniques correspondantes. Plus généralement, cette thèse se pose la question de l'évolution d'un langage contrôlé et des ontologies sous-jacentes dans le cadre d'une application comme les Instructions nautiques, qui ont la particularité d'avoir des aspects rigides (données numériques, cartes électroniques, législation) et des aspects nécessitant une certaine flexibilité (rédaction du texte par des opérateurs humains, imprévisibilité du type de connaissance à inclure par l'évolution des usages et des besoins des navigateurs). De manière similaire aux ontologies dynamiques que l'on rencontre dans certains domaines de connaissance, on définit ici un langage contrôlé dynamique.

Le langage contrôlé décrit dans cette thèse constitue une contribution intéressante pour la communauté concernée puisqu'il touche au domaine maritime, domaine encore inexploité dans l'étude des langages contrôlés, mais aussi parce qu'il présente un aspect hybride, prenant en compte les multiples modes (textuel et visuel) présents dans le corpus constitué par les Instructions nautiques et les documents qu'elles accompagnent. Bien que créé pour le domaine de la navigation maritime, les mécanismes du langage contrôlé présentés dans cette thèse ont le potentiel pour être adaptés à d'autres domaines utilisant des corpus multimodaux. Enfin, les perspectives d'évolution pour un langage contrôlé hybride sont importantes puisqu'elles peuvent exploiter les différents avantages des modes en présence (par exemple, une exploitation de l'aspect visuel pour une extension 3D).

Mots clef : Traitement automatique du langage naturel, Langages contrôlés, Langage contrôlé hybride, Système d'information géographique, Géomatique, Instructions nautiques, Bases de connaissances (systèmes experts), Electronic Navigational Charts, Intelligence artificielle.

¹ L'expression de langue « naturelle » est un anglicisme, l'anglais n'ayant pas, contrairement au français deux termes distincts pour « langue » et « langage ».

Controlled Natural Languages (CNL) are artificial languages that use a subset of the vocabulary, morphological forms and syntactical constructions of a natural language while eliminating its polysemy. In a way, they constitute the bridge between formal languages and natural languages. Therefore, they perform the communicative function of the textual mode while being precise and computable by the machine without any ambiguity. In particular, they can be used to facilitate the population or update of knowledge bases within the framework of a human-machine interface.

Since 1971, the French Marine Hydrographic and Oceanographic Service (SHOM) issues the French Coast Pilot Books Instructions nautiques, collections of general, nautical and statutory information, intended for use by sailors. These publications aim to supplement charts, in the sense that they provide the mariner with supplemental information not in the chart. They are mandatory for fishing and commercial ships. On the other hand, the International Hydrographic Organization (IHO) issued standards providing information about navigational data exchange. Among these standards, one of a particular interest is the universal model of hydrographic data (S-100 standard, January, 2010).

This thesis analyses the use of a CNL to represent knowledge contained in the Instructions nautiques. This CNL purpose is to act as a pivot between the writing of the text by the dedicated operator, the production of the printed or online publication, and the interaction with knowledge bases and navigational aid tools. We will focus especially on the interaction between the Instructions nautiques Controlled Natural Language and the corresponding Electronic Navigational Charts (ENC).

More generally, this thesis asks the question of the evolution of a CNL and the underlying ontologies involved in the Instructions nautiques project. Instructions nautiques have the particularity of combining both strictness (numerical data, electronic charts, legislation) and a certain amount of flexibility (text writing by human operators, unpredictability of the knowledge to be included due to the evolution of sailors' practices and needs). We define in this thesis a dynamic CNL in the same way that dynamic ontologies are defined in particular domains.

The language described in this thesis is intended as an interesting contribution for the community involved in CNL. Indeed, it addresses the creation of a CNL for the unexploited domain of maritime navigation, but its hybrid aspects as well through the exploration of the multiple modalities (textual and visual) coexisting in a corpus comprising ENC and their companion texts.

The mechanisms of the CNL presented in this thesis, although developed for the domain of the maritime navigation, have the potential to be adapted to other domains using multimodal corpora. Finally, the benefits in the future of a controlled hybrid language are undeniable: the use of the different modalities in their full potential can be used in many different applications (for example, the exploitation of the visual modality for a 3D extension).

Keywords: Natural language processing, Controlled natural language, Controlled hybrid language, Knowledge base, Geographic information systems, Maritime navigation, Electronic Navigational Charts, Instructions nautiques, Coast pilot books, Artificial intelligence.