

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
affiliée à l'Université de Montréal

Titre de mon document / Title

CHRISTINE PERRON
Département de génie informatique et génie logiciel

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*
Génie informatique

Janvier 2019

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Cette thèse intitulée :

Titre de mon document / Title

présentée par **Christine PERRON**

en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*
a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

Danielle DUBOIS, présidente

Sébastien VIGOT, membre et directeur de recherche

Marie COUTURE, membre et codirectrice de recherche

Jean TREMBLAY, membre

Joseph BROWN, membre externe

DEDICATION

*À tous mes amis du labos,
vous me manquerez. . .*

ACKNOWLEDGEMENTS

Texte / Text.

RÉSUMÉ

Le résumé est un bref exposé du sujet traité, des objectifs visés, des hypothèses émises, des méthodes expérimentales utilisées et de l'analyse des résultats obtenus. On y présente également les principales conclusions de la recherche ainsi que ses applications éventuelles. En général, un résumé ne dépasse pas quatre pages.

Le résumé doit donner une idée exacte du contenu du mémoire ou de la thèse. Ce ne peut pas être une simple énumération des parties du document, car il doit faire ressortir l'originalité de la recherche, son aspect créatif et sa contribution au développement de la technologie ou à l'avancement des connaissances en génie et en sciences appliquées. Un résumé ne doit jamais comporter de références ou de figures.

ABSTRACT

Written in English, the abstract is a brief summary similar to the previous section (Résumé). However, this section is not a word for word translation of the abstract in French.

TABLE OF CONTENTS

| | |
|--|-----|
| DEDICATION | iii |
| ACKNOWLEDGEMENTS | iv |
| RÉSUMÉ | v |
| ABSTRACT | vi |
| TABLE OF CONTENTS | vii |
| LIST OF TABLES | ix |
| LIST OF FIGURES | x |
| LIST OF SYMBOLS AND ACRONYMS | xi |
| LIST OF APPENDICES | xii |
| CHAPTER 1 INTRODUCTION | 1 |
| 1.1 Définitions et concepts de base | 1 |
| 1.1.1 Une sous-section | 1 |
| 1.2 Éléments de la problématique | 2 |
| 1.2.1 Autres types de structures de données | 2 |
| 1.2.2 Le protocole IPv6 | 3 |
| 1.3 Objectifs de recherche | 3 |
| 1.4 Plan du mémoire | 3 |
| CHAPTER 2 REVUE DE LITTÉRATURE / LITERATURE REVIEW | 7 |
| CHAPTER 3 PREMIER THÈME / FIRST THEME | 8 |
| CHAPTER 4 SECOND THÈME / SECOND THEME | 9 |
| CHAPTER 5 TROISIÈME THÈME AVEC UN TITRE TRÈS LONG QUI S'ÉTEND SUR DEUX LIGNES / THIRD THEME WITH A VERY LONG TITLE THAT EXTENDS ON TWO LINES | 10 |

| | |
|---|----|
| CHAPTER 6 CONCLUSION | 12 |
| 6.1 Synthèse des travaux / Summary of Works | 12 |
| 6.2 Limitations de la solution proposée / Limitations | 12 |
| 6.3 Améliorations futures / Future Research | 12 |
| REFERENCES | 13 |
| APPENDICES | 15 |

LIST OF TABLES

| | | |
|-----------|--|---|
| Table 1.1 | Plages de valeurs pour le champ DSCP | 3 |
| Table 1.2 | Constantes et variables du modèle analytique | 4 |

LIST OF FIGURES

| | | |
|------------|---|---|
| Figure 1.1 | L'en-tête IPv6 | 3 |
| Figure 1.2 | Délai moyen en fonction du taux d'utilisation d'un lien | 6 |

LIST OF SYMBOLS AND ACRONYMS

IETF Internet Engineering Task Force
OSI Open Systems Interconnection

LIST OF APPENDICES

| | | |
|------------|---|----|
| Appendix A | Démo | 15 |
| Appendix B | Encore une annexe / Another Appendix | 16 |
| Appendix C | Une dernière annexe / The Last Appendix | 17 |

CHAPTER 1 INTRODUCTION

Texte en *italique*, PETITES MAJUSCULES, mot insécable.

Texte souligné, **surligné**, **gras**.

Texte entre “guillemets”.

Police `monospace`.

Un mot courant en réseautique mobile: nœud¹.

L’objet RSVP `SENDER_TEMPLATE`.

Une architecture 32 bits.

1.1 Définitions et concepts de base

1^{re} utilisation d’un acronyme: Internet Engineering Task Force (IETF).

2^e utilisation d’un acronyme: IETF.

Acronyme au long: Internet Engineering Task Force.

1.1.1 Une sous-section

Un URL: École Polytechnique de Montréal.

Une sous-sous-section

Les besoins des flots de données peuvent être catégorisés selon quatre paramètres importants [1] ou:

- la fiabilité (acheminement des données avec succès) ;
- le délai de bout-en-bout de la source vers la destination ;
- la variation du délai de bout-en-bout (*jitter*) ;
- la bande passante requise (le débit des informations).

Le niveau paragraphe est plus bas encore dans la hiérarchie. . . Une citation entre parenthèses [2]. ou des citations entre parenthèses [3–5].

¹Note de bas de page.

1.2 Éléments de la problématique

La description de l'en-tête commun de RSVP est détaillée ci-dessous:

| | |
|------------------|--|
| Ver: | 4 bits Version du protocole. La version actuelle est 1. |
| Flags: | 4 bits Aucun Flag n'est défini. L'émetteur doit (MUST) mettre le champ à zéro et le récepteur doit (MUST) ignorer ce champ. |
| Msg Type: | 8 bits Type de message |
| Checksum: | 16 bits Complément à un du complément à un de la somme des champs de l'en-tête, avec le champ Checksum à 0 pour des fins de calcul. La valeur 0 signifie qu'aucun Checksum n'a été transmis. Si le résultat du calcul du Checksum donne 0, la valeur 0xFFFF doit être stockée dans ce champ. |
| TTL: | 8 bits Valeur originelle du champ TTL utilisée pour transmettre ce message. |
| Reserved: | 8 bits Réservé pour usage futur. L'émetteur doit (MUST) mettre le champ à zéro et le récepteur doit (MUST) ignorer ce champ. |
| Length: | 16 bits Longueur totale du message en octets, incluant l'en-tête commun et tous les objets de longueur variable. |

1.2.1 Autres types de structures de données

L'énumération:

1. Un item ;
2. Un autre item.

1.2.2 Le protocole IPv6

Voir la Figure 1.1 pour plus de détails. Le champs DSCP est décrit dans le Tableau 1.1.

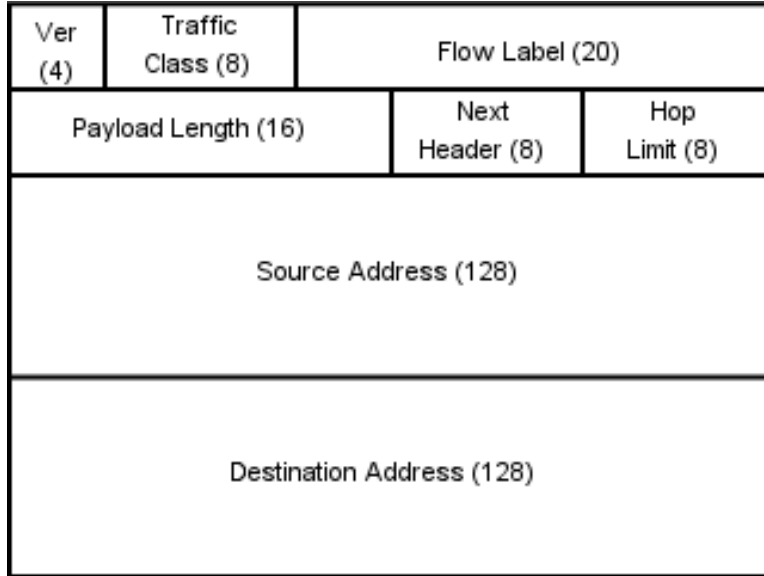


Figure 1.1 L'en-tête IPv6

Table 1.1 Plages de valeurs pour le champ DSCP

| Plage | Valeurs | Règle d'assignation |
|-------|---------|---|
| 1 | xxxxx0 | Assignation par une norme de l'IANA |
| 2 | xxxx11 | Expérimentation/Usage local |
| 3 | xxxx01 | Expérimentation/Usage local (pourrait être jointe à la plage 1) |

1.3 Objectifs de recherche

Les objectifs de la recherche sont de concevoir un algorithme $O(n)$.

1.4 Plan du mémoire

Un tableau:

La formule d'Erlang-B:

$$P_b = \frac{\frac{\rho^C}{C!}}{\sum_{x=0}^C \frac{\rho^x}{x!}} \quad (1.1)$$

Table 1.2 Constantes et variables du modèle analytique

| Symbole | Description |
|-----------------|--|
| λ | Taux d'arrivée moyen des requêtes de réservation de ressources |
| $\frac{1}{\mu}$ | Durée moyenne d'une session |
| C | Capacité d'une cellule (nombre de sessions supportées) |
| v_{moy} | Vitesse moyenne des MN dans le réseau d'accès |
| L | Longueur d'un côté d'une cellule carrée |
| n | Nombre moyen de MN dans une cellule |
| ρ | Charge d'une cellule |
| P_b | Probabilité de blocage d'une requête de réservation |
| P_f | Probabilité d'interruption forcée d'une session |
| P_c | Probabilité de compléter une session avec succès |
| ΔT | Délai de transmission |

Une autre équation:

$$\begin{aligned}
 P_c &= (1 - P_b) \times (1 - P_f)^N \\
 &= (1 - P_b)^{N+1}
 \end{aligned}
 \tag{1.2}$$

Enfin, l'expression suivante indique le moment à partir duquel les réservations de ressources sont en place:

$$\Delta T_{init} = \begin{cases} 2\Delta T_{E2E} & \Delta T_{wan} > (\Delta T_{rad} + \Delta T_{net}) \\ \Delta T_{E2E} + 3(\Delta T_{rad} + \Delta T_{net}) & \text{sinon} \end{cases}
 \tag{1.3}$$

Le taux de paquets perdus correspond au nombre de paquets éliminés à cause d'une erreur de *checksum* à un nœud quelconque ou d'une situation de congestion. Le taux de paquets perdus pour un chemin est déterminé de la façon suivante:

$$PLR_P = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - PLR_i)
 \tag{1.4}$$

Toutefois, si les taux d'erreurs sont très faibles, comme c'est généralement le cas pour des

liens optiques, on peut approximer PLR_P de façon à le transformer en un paramètre additif:

$$\begin{aligned}
 PLR_{L_1 \oplus L_2} &= 1 - (1 - PLR_1)(1 - PLR_2) \\
 &= 1 - (1 - PLR_2 - PLR_1 + \underbrace{PLR_1 \times PLR_2}_{\text{négligeable}}) \quad PLR_1 \ll 1, PLR_2 \ll 1 \quad (1.5) \\
 &\approx PLR_1 + PLR_2
 \end{aligned}$$

Une courbe:

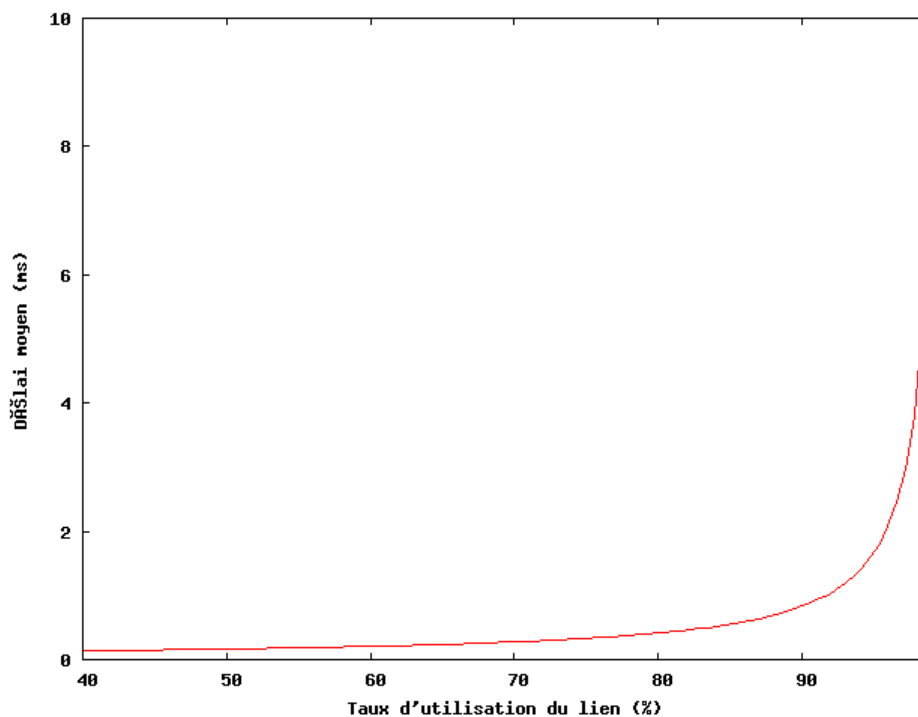


Figure 1.2 Délai moyen en fonction du taux d'utilisation d'un lien

This paragraph is formatted by \LaTeX according to the standard rules of the English language (e.g. hyphenation).

L'arithmétique en virgule flottante peut entraîner des erreurs d'approximation et il est important d'en être conscient [6].

De même, les calculs effectués sur une carte graphique (GPU) peuvent introduire des erreurs d'approximation [3, 7–20].

CHAPTER 2 REVUE DE LITTÉRATURE / LITERATURE REVIEW

Texte / Text.

CHAPTER 3 PREMIER THÈME / FIRST THEME

Texte / Text.

CHAPTER 4 SECOND THÈME / SECOND THEME

Texte / Text.

**CHAPTER 5 TROISIÈME THÈME AVEC UN TITRE TRÈS LONG QUI
S'ÉTEND SUR DEUX LIGNES /
THIRD THEME WITH A VERY LONG TITLE THAT EXTENDS ON TWO
LINES**

Lorem ipsum dolor sit amet, non faucibus ut, ante integer tristique odio vitae turpis in. Euismod ullamcorper urna eget sollicitudin consetetur, dolor a. Ridiculus volutpat fusce, montes ipsum placerat, eu malesuada maecenas a odio per, est pellentesque integer auctor sed ut sed, lectus sodales orci ornare. Donec neque turpis vehicula. Duis vel sapien nec massa lobortis nonummy. Feugiat ultrices urna mauris.

Potenti erat molestie ridiculus placerat, viverra ut felis porttitor, rhoncus accumsan non, dui magna quam justo, ultrices massa ut phasellus donec viverra mauris. Mauris a, dictumst risus a ornare velit nulla ultricies, neque leo pellentesque, sit sed et suscipit excepteur aenean. Venenatis sodales, odio nostra in id nobis scelerisque, venenatis sociosqu gravida blandit orci pellentesque, tincidunt velit sed elementum lacus pretium nunc, aenean vel dui id. Elit placerat id dui nunc mollis, diam sapien porta, ipsam elit magna imperdiet amet, erat feugiat, et eros morbi feugiat velit fringilla. Lacinia phasellus lacinia magna nunc sed, a rhoncus, sem eget, dui aliquam sit sed leo beatae non, quisque justo dignissim.

Torquent curabitur magnis nullam viverra scelerisque, per lacus pellentesque vivamus, mauris aliquam sem lacus vivamus nullam porta. Vivamus donec maecenas nunc orci massa, orci neque luctus leo non, mauris quis metus sagittis. Voluptatibus gravida interdum. Magna dui nulla odio lacus fugiat non. Magna fusce nunc, eget pellentesque nec. Imperdiet non magna sollicitudin pellentesque, fusce erat interdum diam tellus vel, vitae iaculis lectus varius suspendisse. Ac vel a in semper tellus, lobortis sed, ipsum volutpat. Mauris a nunc aliquam metus nec, eu et id risus, diam integer molestie suspendisse, sed wisi. Metus sed justo sodales sapien molestie, suspendisse sem viverra ac proin, lorem luctus at tellus, velit mi morbi orci in vestibulum, dignissim urna ornare id donec. Suspendisse non enim euismod odio elit mauris, consetetur pellentesque faucibus velit ante lacinia sed.

Et dui erat. Wisi lorem eleifend cursus do donec, sed vel fermentum nec, a a in pharetra. Ultricies risus, eget habitasse in, consetetur metus in auctor ac pellentesque curabitur, pulvinar aliquet eget. Mattis eget venenatis dolor, nunc sem sed massa, urna scelerisque a magnis, neque elit nec aliquam nonummy ac accusantium. Id vivamus nunc, erat justo tellus, scelerisque habitasse accumsan tellus, pede sem vestibulum velit in et eleifend. Nulla massa aenean integer dui. Suscipit nunc purus, rutrum velit, mi torquent elementum in

tincidunt. Maecenas nulla integer fringilla dapibus tellus sit, enim amet magna eu erat, libero consetetur nisl sapien, in ultricies neque arcu sodales sagittis.

Lorem ipsum dolor sit amet, non faucibus ut, ante integer tristique odio vitae turpis in. Euismod ullamcorper urna eget sollicitudin consetetur, dolor a. Ridiculus volutpat fusce, montes ipsum placerat, eu malesuada maecenas a odio per, est pellentesque integer auctor sed ut sed, lectus sodales orci ornare. Donec neque turpis vehicula. Duis vel sapien nec massa lobortis nonummy. Feugiat ultrices urna mauris.

Potenti erat molestie ridiculus placerat, viverra ut felis porttitor, rhoncus accumsan non, dui magna quam justo, ultrices massa ut phasellus donec viverra mauris. Mauris a, dictumst risus a ornare velit nulla ultricies, neque leo pellentesque, sit sed et suscipit excepteur aenean. Venenatis sodales, odio nostra in id nobis scelerisque, venenatis sociosqu gravida blandit orci pellentesque, tincidunt velit sed elementum lacus pretium nunc, aenean vel dui id. Elit placerat id dui nunc mollis, diam sapien porta, ipsam elit magna imperdiet amet, erat feugiat, et eros morbi feugiat velit fringilla. Lacinia phasellus lacinia magna nunc sed, a rhoncus, sem eget, dui aliquam sit sed leo beatae non, quisque justo dignissim.

Torquent curabitur magnis nullam viverra scelerisque, per lacus pellentesque vivamus, mauris aliquam sem lacus vivamus nullam porta. Vivamus donec maecenas nunc orci massa, orci neque luctus leo non, mauris quis metus sagittis. Voluptatibus gravida interdum. Magna dui nulla odio lacus fugiat non. Magna fusce nunc, eget pellentesque nec. Imperdiet non magna sollicitudin pellentesque, fusce erat interdum diam tellus vel, vitae iaculis lectus varius suspendisse. Ac vel a in semper tellus, lobortis sed, ipsum volutpat. Mauris a nunc aliquam metus nec, eu et id risus, diam integer molestie suspendisse, sed wisi. Metus sed justo sodales sapien molestie, suspendisse sem viverra ac proin, lorem luctus at tellus, velit mi morbi orci in vestibulum, dignissim urna ornare id donec. Suspendisse non enim euismod odio elit mauris, consetetur pellentesque faucibus velit ante lacinia sed.

Et dui erat. Wisi lorem eleifend cursus do donec, sed vel fermentum nec, a a in pharetra. Ultricies risus, eget habitasse in, consetetur metus in auctor ac pellentesque curabitur, pulvinar aliquet eget. Mattis eget venenatis dolor, nunc sem sed massa, urna scelerisque a magnis, neque elit nec aliquam nonummy ac accusantium. Id vivamus nunc, erat justo tellus, scelerisque habitasse accumsan tellus, pede sem vestibulum velit in et eleifend. Nulla massa aenean integer dui. Suscipit nunc purus, rutrum velit, mi torquent elementum in tincidunt. Maecenas nulla integer fringilla dapibus tellus sit, enim amet magna eu erat, libero consetetur nisl sapien, in ultricies neque arcu sodales sagittis.

CHAPTER 6 CONCLUSION

Texte / Text.

6.1 Synthèse des travaux / Summary of Works

Texte / Text.

6.2 Limitations de la solution proposée / Limitations

6.3 Améliorations futures / Future Research

Texte / Text.

REFERENCES

- [1] L. M. Fraas and L. D. Partain, Eds., *Solar Cells and Their Applications*, 2nd ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2010.
- [2] W.-K. Chen, Ed., *Analog and VLSI Circuits : The Circuits and Filters Handbook*, 3rd ed. Boca Raton, FL : CRC Press, 2009. [Online]. Available : <http://www.crcnetbase.com/doi/book/10.1201/9781420058925>
- [3] T. Haist *et al.*, “Programmable microscopy,” in *Multi-dimensional Imaging*, B. Javidi, E. Tajahuerce, and P. Andrés, Eds. Chichester, UK : IEEE Press-Wiley, 2014, pp. 153–173. [Online]. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/bkabstractplus.jsp?bkn=6798070>
- [4] A. Senjian *et al.*, “Quantitative error analysis of bilateral filtering,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, no. 2, pp. 202–206, Sep. 2015. [Online]. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6892949>
- [5] N. Madani *et al.*, “Recognizing words from source code identifiers using speech recognition techniques,” communication présentée à 14th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR), Madrid, Spain, 15-18 mars 2010, pp. 68–77. [Online]. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5714421>
- [6] A. Rossi, “Sécurité dans les réseaux mobiles de nouvelle génération,” thèse de doctorat, Dép. de génie informatique et génie logiciel, École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC, 2011. [Online]. Available : <http://publications.polymtl.ca/614/>
- [7] R. M. De Santis, “Enhanced tuning of industrial controllers via a dual loop pid form,” Dép. de génie électrique, École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC, Rapport technique EPM/RT 01-06, 2002.
- [8] A. Cohen and D. Thorne, “Migration to Ethernet-based DSL aggregation,” Architecture and Transport Working Group, Tech. Rep. DSL Forum TR-101, 2006. [Online]. Available : <https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-101.pdf>
- [9] B. Thorsson, B. Thorvaldsson, and A. Asgeirsson, “Tracing items through a non-sequential process,” Patent CA 2 634 408, 13 mai, 2014. [Online]. Available : <http://brevets-patents.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/2634408/summary.html>

- [10] A. Schirmer, M. Rude, and S. Brubaker, “Method for producing a fatty alcohol or fatty aldehyde,” Patent U.S. 8 268 599 B2, 18 sept., 2012. [Online]. Available : http://www.google.com/patents/US8268599?dq=8,268,599&hl=fr&sa=X&ei=uI_UUJGGEMXNrQGR0oDADw&ved=0CDsQ6AEwAA
- [11] T. Sakai, S. Kosaka, and A. Kunisaki, “Industrial robot,” Demande de brevet U.S. 2015/0 246 449 A1, 3 sept., 2015. [Online]. Available : <http://appft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?TERM1=20150246449&Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PG01&p=1&u=%2Fmetahtml%2FPTO%2Fsrchnum.html&r=0&f=S&l=50>
- [12] *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment*, Std. 1100-2005, 2006. [Online]. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=10911>
- [13] Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques. (2016) Les gaz à effet de serre. [Online]. Available : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/questce-ges.htm>
- [14] G. Massicotte, “Biocapteur ampérométrique intégré pour une unité de détection dédiée aux neurotransmetteurs,” mémoire de maîtrise, Dép. de génie électrique, École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC, 2013. [Online]. Available : <http://publications.polymtl.ca/1319/>
- [15] L. Kaliouby and R. G. Bosisio, “New two-port scattering matrix measurement technique using a sliding load,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. IM-36, no. 4, pp. 1028–1030, Dec. 1987.
- [16] J. Daintith and E. Martin, “Lanthanoids,” in *A Dictionary of Science*, 6th ed. Oxford, UK : Oxford University Press, 2010, p. 460. [Online]. Available : http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=3287
- [17] J. M. Kizza, *Guide to Computer Network Security*, 2nd ed. London, UK : Springer, 2013, pp. 119–120. [Online]. Available : <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-4543-1>
- [18] O. Manasreh, *Introduction to Nanomaterials and Devices*. Hoboken, NJ : Wiley, 2011. [Online]. Available : <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118148419>
- [19] J. A. Brydson, *Plastics materials*, 7th ed. Oxford, UK : Butterworth-Heinemann, 1999.
- [20] W. E. Boyce and R. C. DiPrima, *Équations différentielles*. Montréal, QC : Chenelière, 2002.

APPENDIX A DÉMO

Texte de l'annexe A. Remarquez que la phrase précédente se termine par une lettre majuscule suivie d'un point. On indique explicitement cette situation à \LaTeX afin que ce dernier ajuste correctement l'espacement entre le point final de la phrase et le début de la phrase suivante.

APPENDIX B ENCORE UNE ANNEXE / ANOTHER APPENDIX

Texte de l'annexe B en mode «landscape».

APPENDIX C UNE DERNIÈRE ANNEXE / THE LAST APPENDIX

Texte de l'annexe C.