

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

TITRE DE MON DOCUMENT

JULES CÆSAR  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE INFORMATIQUE ET GÉNIE LOGICIEL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE PHILOSOPHIÆ DOCTOR  
(GÉNIE INFORMATIQUE)  
AVRIL 2010

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Cette thèse intitulée :

TITRE DE MON DOCUMENT

présentée par : CÆSAR Jules

en vue de l'obtention du diplôme de : Philosophiæ Doctor

a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

M. NOM Prénom, Doct., président

Mme NOM Prénom, Ph. D., membre et directrice de recherche

M. NOM Prénom, Ph. D., membre

## DÉDICACE

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

## REMERCIEMENTS

Texte.

## 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 French.

## TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE . . . . .	iii
REMERCIEMENTS . . . . .	iv
RÉSUMÉ . . . . .	v
ABSTRACT . . . . .	vi
TABLE DES MATIÈRES . . . . .	vii
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	ix
LISTE DES FIGURES . . . . .	x
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS . . . . .	xi
LISTE DES ANNEXES . . . . .	xii
CHAPITRE 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 . . . . .	2
1.3 Objectifs de recherche . . . . .	3
1.4 Plan du mémoire . . . . .	3
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE . . . . .	6
CHAPITRE 3 PREMIER THÈME . . . . .	7
CHAPITRE 4 SECOND THÈME . . . . .	8
CHAPITRE 5 TROISIÈME THÈME AVEC UN TITRE TRÈS LONG QUI S'ÉTEND SUR DEUX LIGNES . . . . .	9
CHAPITRE 6 CONCLUSION . . . . .	11

6.1 Synthèse des travaux . . . . .	11
6.2 Limitations de la solution proposée . . . . .	11
6.3 Améliorations futures . . . . .	11
RÉFÉRENCES . . . . .	12
ANNEXES . . . . .	15



**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.1	Plages de valeurs pour le champ DSCP . . . . .	3
Tableau 1.2	Constantes et variables du modèle analytique . . . . .	4

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1.1	L'en-tête IPv6 . . . . .	3
Figure 1.2	Délai moyen en fonction du taux d'utilisation d'un lien . . . . .	5

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

IETF Internet Engineering Task Force  
OSI Open Systems Interconnection

**LISTE DES ANNEXES**

Annexe A	DÉMO . . . . .	15
Annexe B	ENCORE UNE ANNEXE . . . . .	16
Annexe C	UNE DERNIÈRE ANNEXE . . . . .	17

## CHAPITRE 1 INTRODUCTION

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

Texte souligné, **surligné**, gras.

Texte entre “guillemets”.

Police monospace.

Un mot courant en réseautique mobile : nœud<sup>1</sup>.

L’objet RSVP SENDER\_TEMPLATE.

Nom d’un auteur : Postel.

Une architecture 32 bits.

### 1.1 Définitions et concepts de base

1<sup>re</sup> utilisation d’un acronyme : Internet Engineering Task Force (IETF).

2<sup>e</sup> 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 (voir Tanenbaum, 2002, sect. 5.4) 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 (voir Zhang et al., 2005). ou des citations entre parenthèses (Nichols et al., 2010; Abondo, 2005; Tseng et al., 2003).

---

1. Note de bas de page.

## 1.2 Éléments de la problématique

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

<b>Ver :</b>	<b>4 bits</b> Version du protocole. La version actuelle est 1.
<b>Flags :</b>	<b>4 bits</b> Aucun Flag n'est défini. L'émetteur doit ( <b>MUST</b> ) mettre le champ à zéro et le récepteur doit ( <b>MUST</b> ) ignorer ce champ.
<b>Msg Type :</b>	<b>8 bits</b> Type de message
<b>Checksum :</b>	<b>16 bits</b> 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.
<b>TTL :</b>	<b>8 bits</b> Valeur originelle du champ TTL utilisée pour transmettre ce message.
<b>Reserved :</b>	<b>8 bits</b> Réservé pour usage futur. L'émetteur doit ( <b>MUST</b> ) mettre le champ à zéro et le récepteur doit ( <b>MUST</b> ) ignorer ce champ.
<b>Length :</b>	<b>16 bits</b> 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.

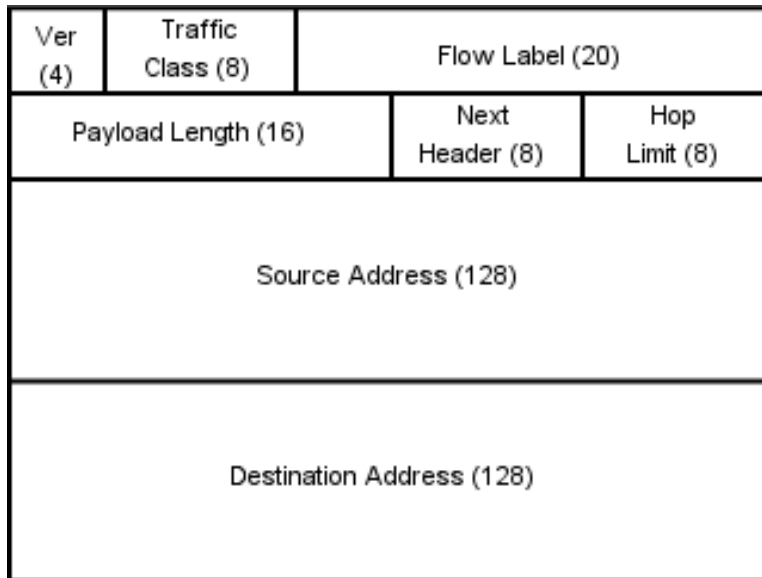


Figure 1.1 L'en-tête IPv6

Tableau 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 :

$$P_b = \frac{\rho^C}{C!} \frac{1}{\sum_{x=0}^C \frac{\rho^x}{x!}} \quad (1.1)$$

Une autre équation :

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

Tableau 1.2 Constantes et variables du modèle analytique

Symbole	Description
$\lambda$	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
$\rho$	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
$\Delta T$	Délai de transmission

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

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

**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 :

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

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 :

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



Une courbe :

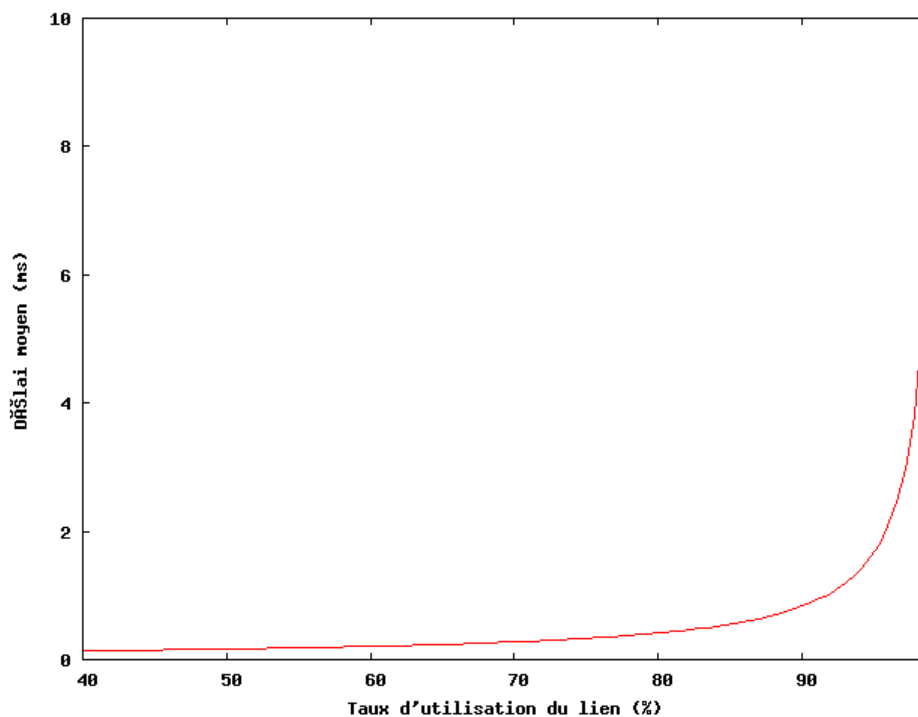


Figure 1.2 Délai moyen en fonction du taux d'utilisation d'un lien

This paragraph is formatted by  $\text{\LaTeX}$  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 (voir Goldberg, 1991).

De même, les calculs effectués sur une carte graphique (GPU) peuvent introduire des erreurs d'approximation (Benz et al., 2012; D'Silva et al., 2012; Dabrowski et al., 2011; De Dinechin et al., 2011; de Figueiredo and Stolfi, 2004; Filliâtre and Marché, 2007; Fousse et al., 2007; Goubault, 2001; Goubault et al., 2008; Harder and Khoury, 2005; Higham, 2002; Tanenbaum, 2002; Whitehead and Fit-Florea, 2011; Johansson et al., 2013; Nichols et al., 2010; NVIDIA, 2012; Benz et al., 2012; Bao and Zhang, 2013).

## CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Texte.

## CHAPITRE 3 PREMIER THÈME

Texte.

**CHAPITRE 4 SECOND THÈME**

Texte.

## CHAPITRE 5 TROISIÈME THÈME AVEC UN TITRE TRÈS LONG QUI S'ÉTEND SUR DEUX LIGNES

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 beatæ 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 tristisque 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 beatæ 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.

## CHAPITRE 6 CONCLUSION

Texte.

### 6.1 Synthèse des travaux

Texte.

### 6.2 Limitations de la solution proposée

### 6.3 Améliorations futures

Texte.

## RÉFÉRENCES

- C. Abondo, “Gestion de la Qualité de Service dans les systèmes mobiles de prochaine génération”, Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Juin 2005.
- T. Bao et X. Zhang, “On-the-fly detection of instability problems in floating-point program execution”, *SIGPLAN Not.*, vol. 48, no. 10, pp. 817–832, Oct. 2013. DOI : 10.1145/2544173.2509526. En ligne : <http://doi.acm.org/10.1145/2544173.2509526>
- F. Benz, A. Hildebrandt, et S. Hack, “A dynamic program analysis to find floating-point accuracy problems”, dans *ACM SIGPLAN Notices*, vol. 47, Juin 2012, pp. 453 – 462.
- A. Dabrowski, P. Pawowski, M. Stankiewicz, et F. Misiorek, “Quasi-maximum accuracy floating-point computations with GPGPU for applications in digital signal processing”, dans *SPA 2011 - Signal Processing : Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications - Conference Proceedings*, Poznan, Poland, 2011, pp. 144 – 148.
- F. De Dinechin, C. Lauter, et G. Melquiond, “Certifying the floating-point implementation of an elementary function using Gappa”, *IEEE Transactions on Computers*, vol. 60, no. 2, pp. 242 – 253, 2011. DOI : 10.1109/TC.2010.128
- L. de Figueiredo et J. Stolfi, “Affine arithmetic : Concepts and applications”, *Numerical Algorithms*, vol. 37, no. 1-4, pp. 147–158, 2004. DOI : 10.1023/B:NUMA.0000049462.70970.b6
- V. D’Silva, L. Haller, D. Kroening, et M. Tautschnig, “Numeric bounds analysis with conflict-driven learning”, dans *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*, série Lecture Notes in Computer Science, C. Flanagan et B. König, édés. Springer Berlin Heidelberg, 2012, vol. 7214, pp. 48–63. DOI : 10.1007/978-3-642-28756-5\_5
- J.-C. Filliâtre et C. Marché, “The Why/Krakatoa/Caduceus platform for deductive program verification”, dans *Computer Aided Verification*, série Lecture Notes in Computer Science, W. Damm et H. Hermanns, édés. Springer Berlin Heidelberg, 2007, vol. 4590, pp. 173–177. DOI : 10.1007/978-3-540-73368-3\_21
- L. Fousse, G. Hanrot, V. Lefèvre, P. Pélicier, et P. Zimmermann, “MPFR : A multiple-precision binary floating-point library with correct rounding”, *ACM Transactions on Mathematical Software*, vol. 33, no. 2, pp. 1–14, Juin 2007. DOI : 10.1145/1236463.1236468



D. Goldberg, “What every computer scientist should know about floating-point arithmetic”, *Computing Surveys*, vol. 23, no. 1, pp. 5–48, Mars 1991. En ligne : [http://docs.oracle.com/cd/E19957-01/806-3568/ncg\\_goldberg.html](http://docs.oracle.com/cd/E19957-01/806-3568/ncg_goldberg.html)

E. Goubault, “Static analysis of the precision of floating-point operations”, dans *Static Analysis. 8th International Symposium, SAS 2001. Proceedings*, Berlin, Germany, 2001, pp. 234 – 59.

E. Goubault, S. Putot, P. Baufreton, et J. Gassino, “Static analysis of the accuracy in control systems : Principles and experiments”, dans *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 4916 LNCS, Berlin, Germany, 2008, pp. 3 – 20. DOI : 10.1007/978-3-540-79707-4\_3

D. W. Harder et R. Khoury, *Numerical Analysis for Engineering*, University of Waterloo, 200 University Avenue West, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1, 2005. En ligne : <https://ece.uwaterloo.ca/~dwharder/NumericalAnalysis/>

N. J. Higham, *Accuracy and Stability of Numerical Algorithms*. SIAM, 2002.

F. Johansson *et al.*, *mpmath : a Python library for arbitrary-precision floating-point arithmetic (version 0.18)*, Déc. 2013. En ligne : <http://mpmath.org/>

E. Nichols, L. J. McDaid, et N. H. Siddique, “Case study on a self-organizing spiking neural network for robot navigation”, *International Journal of Neural Systems*, vol. 20, no. 6, pp. 501–508, 2010.

NVIDIA, *CUDA C Programming Guide*, 5e éd., NVIDIA, 2012. En ligne : <http://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/index.html>

J. Postel, *RFC791 : Internet Protocol*, IETF, Sep. 1981.

A. Tanenbaum, *Computer Networks (fourth edition)*. Prentice-Hall International, Inc., 2002.

C. Tseng, G. Lee, R. Liu, et T. Wang, “HMRSVP : a Hierarchical Mobile RSVP Protocol”, *Wireless Networks*, vol. 9, no. 2, pp. 95–102, Mars 2003.

N. Whitehead et A. Fit-Florea, “Precision & performance : Floating point and IEEE 754 compliance for NVIDIA GPUs”, 2011. En ligne : <https://developer.nvidia.com/sites/default/files/akamai/cuda/files/NVIDIA-CUDA-Floating-Point.pdf>

L. Zhang, S. Pierre, et L. Marchand, “Optimization of Handover Performance for FMIPv6”, dans *Intelligence in Communication Systems*, 2005, pp. 169–178.

## ANNEXE 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  $\text{\LaTeX}$  afin que ce dernier ajuste correctement l'espacement entre le point final de la phrase et le début de la phrase suivante.

## ANNEXE B    ENCORE UNE ANNEXE

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

**ANNEXE C    UNE DERNIÈRE ANNEXE**

Texte de l'annexe C.