

# Rapport de stage

---

Conception et réalisation d'une plateforme web  
d'édition collaborative pair-à-pair

**Laporte-Chabasse Quentin**

**Année 2014–2015**

Stage de deuxième année réalisé dans le laboratoire LORIA - équipe COAST  
en vue du passage en troisième année à TELECOM Nancy

Maître de stage : Oster Gerald

Encadrant universitaire : Badonnell Rémi



# Déclaration sur l'honneur de non-plagiat

**Je soussigné(e),**

**Nom, prénom : Laporte-Chabasse, Quentin**

**Élève-ingénieur(e) régulièrement inscrit(e) en 2<sup>e</sup> année à TELECOM Nancy**

**Numéro de carte de l'étudiant(e) : 2014041022**

**Année universitaire : 2014–2015**

**Auteur(e) du document, mémoire, rapport ou code informatique intitulé :**

## Conception et réalisation d'une plateforme web d'édition collaborative pair-à-pair temps réel sécurisée

Par la présente, je déclare m'être informé(e) sur les différentes formes de plagiat existantes et sur les techniques et normes de citation et référence.

Je déclare en outre que le travail rendu est un travail original, issu de ma réflexion personnelle, et qu'il a été rédigé entièrement par mes soins. J'affirme n'avoir ni contrefait, ni falsifié, ni copié tout ou partie de l'œuvre d'autrui, en particulier texte ou code informatique, dans le but de me l'accaparer.

Je certifie donc que toutes formulations, idées, recherches, raisonnements, analyses, programmes, schémas ou autre créations, figurant dans le document et empruntés à un tiers, sont clairement signalés comme tels, selon les usages en vigueur.

Je suis conscient(e) que le fait de ne pas citer une source ou de ne pas la citer clairement et complètement est constitutif de plagiat, que le plagiat est considéré comme une faute grave au sein de l'Université, et qu'en cas de manquement aux règles en la matière, j'encourrais des poursuites non seulement devant la commission de discipline de l'établissement mais également devant les tribunaux de la République Française.

**Fait à Nancy, le 20 août 2015**

**Signature :**



# Rapport de stage

---

## Conception et réalisation d'une plateforme web d'édition collaborative pair-à-pair

**Laporte-Chabasse Quentin**

**Année 2014–2015**

Stage de deuxième année réalisé dans le laboratoire LORIA - équipe COAST  
en vue du passage en troisième année à TELECOM Nancy

Laporte-Chabasse Quentin  
30 rue Fabert  
54600, Villers-lès-Nancy  
+33 (0)6 09 33 22 85  
[quentin.laporte-chabasse@telecomnancy.eu](mailto:quentin.laporte-chabasse@telecomnancy.eu)

TELECOM Nancy  
193 avenue Paul Muller,  
CS 90172, VILLERS-LÈS-NANCY  
+33 (0)3 83 68 26 00  
[contact@telecomnancy.eu](mailto:contact@telecomnancy.eu)

LORIA - équipe COAST  
615 rue du Jardin botanique  
54600 Villers-lès-Nancy  
+33 (0)3 83 58 17 50



Maître de stage : Oster Gerald

Encadrant universitaire : Badonnel Rémi



## Remerciements

*“Night gathers, and now my watch begins.  
It shall not end until my death.*

*I shall take no wife, hold no lands, father no children.  
I shall wear no crowns and win no glory.  
I shall live and die at my post.*

*I am the sword in the darkness.  
I am the watcher on the walls.  
I am the shield that guards the realms of men.*

*I pledge my life and honor to the Night’s Watch,  
for this night and all the nights to come.”*

– The Night’s Watch oath





# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>v</b>
<b>Table des matières</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 Présentation de l'entreprise</b>	<b>3</b>
2.1 Présentation du Loria . . . . .	3
2.2 Présentation de l'équipe COAST . . . . .	3
<b>3 Etat de l'art</b>	<b>5</b>
3.1 Présentation de MUTE . . . . .	5
3.1.1 Architecture et fonctionnement de MUTE . . . . .	5
3.2 Présentation des technologies webRTC . . . . .	8
3.2.1 Les mécanismes réseau utilisés . . . . .	9
<b>4 Présentation du travail réalisée</b>	<b>13</b>
4.1 Présentation du contexte et de la problématique détaillée . . . . .	13
4.2 Réalisation d'un système de communication pair-à-pair pour l'outil MUTE . . . . .	14
4.2.1 Choix de la librairie et développement d'un prototype . . . . .	14
4.2.2 Implémentation du système pair-à-pair dans MUTE . . . . .	14
4.2.3 Présentation du résultat . . . . .	14
4.3 Implémentation d'un système de gossiping pour MUTE . . . . .	14
4.3.1 Présentation des algorithmes de Gossiping . . . . .	14
4.3.2 Choix d'un algorithme SCAMP . . . . .	14
4.3.3 Adaptation de SCAMP . . . . .	14
<b>5 Conclusion</b>	<b>15</b>
<b>Bibliographie / Webographie</b>	<b>17</b>

<b>Liste des illustrations</b>	<b>19</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>21</b>
<b>Glossaire</b>	<b>23</b>
 <b>Annexes</b>	 <b>26</b>
<b>A Première Annexe</b>	<b>27</b>
<b>B Seconde Annexe</b>	<b>29</b>
<b>Résumé</b>	<b>31</b>
<b>Abstract</b>	<b>31</b>

# 1 Introduction

L'avènement du web 2.0 a permis de dynamiser les sites web et d'accroître l'interactivité avec l'utilisateur. L'internaute n'est plus seulement spectateur, mais aussi acteur du web. Le web n'est donc plus seulement un média, mais une plateforme d'échange de l'information. Une dimension collaborative sous forme de blog, wiki, réseaux sociaux, s'est ainsi ajoutée au web traditionnel.

La multiplication des périphériques connectés tels que les tablettes et les smartphones a permis de démocratiser l'accès au web. Les applications "Desktops" principalement utilisées sur les ordinateurs n'étaient alors plus suffisantes pour répondre aux contraintes d'un environnement numérique pluriel. Le partage des différents contenus multimédia avec tous ces appareils se révélait être une nécessité. L'augmentation de la puissance des serveurs hébergeant ces applications web 2.0 et le développement de nouvelles technologies côté client, ont permis progressivement l'apparition d'applications plus complexes étant susceptibles de remplacer ces applications "Desktops". De nouvelles suites bureautiques online ont alors vu le jour, s'inspirant des applications "Desktops" et y incorporant la dimension collaborative inspirée par le web 2.0.

L'exemple le plus marquant étant bien évidemment celui de Google qui propose une suite d'applications : Google Docs, Google Sheets, Google Slides et Google Forms. Toutes ces applications permettent de travailler en collaboration avec plusieurs acteurs sur un même document. De plus, elles fournissent une interface utilisateur similaire à celles proposées par les applications "Desktops". L'utilisateur n'est alors pas déstabilisé et retrouve aisément ses repères. La figure 1.1 présente ainsi l'interface de Google Doc, une application permettant de faire du traitement de texte en édition collaborative.

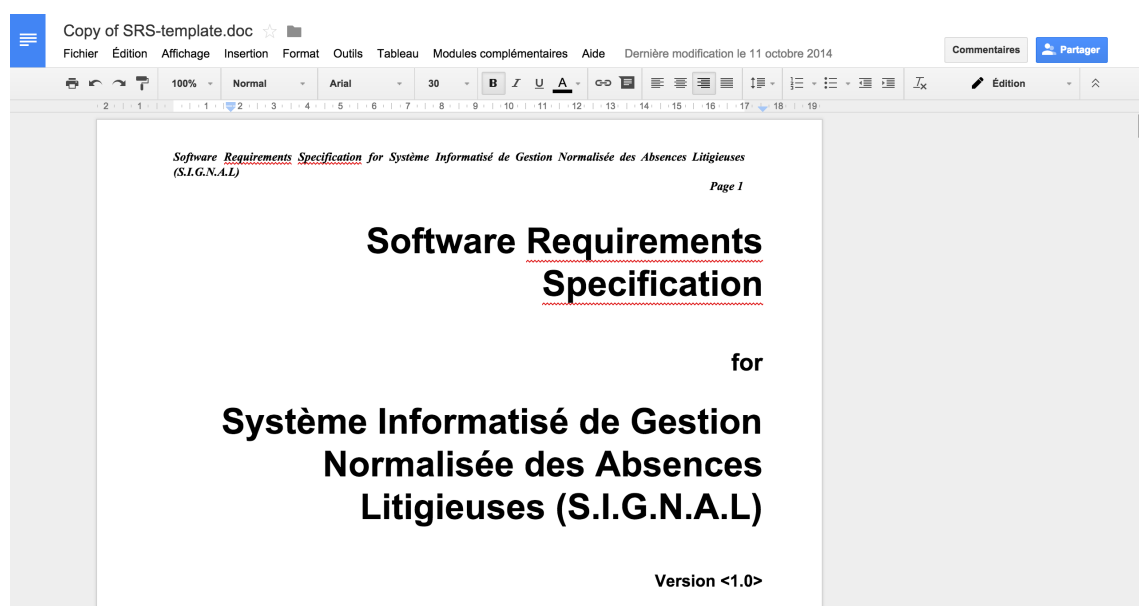


FIGURE 1.1 – Interface de l'application Google Doc

Toutes ces applications ont permis de rendre accessible le travail collaboratif. La présence physique de tous les contributeurs dans un même lieu n'est alors plus requise. Le travail sur des projets interdisciplinaires s'en trouve alors plus aisé. Chaque contributeur au projet peut ainsi composer tout en visualisant en temps réel la contribution des autres protagonistes. Cet aspect temps réel est primordial dans le domaine de l'édition collaborative, sans cela les différents contributeurs du projet ne peuvent constater l'évolution immédiate du document. Ce qui pourrait conduire à d'importantes erreurs dans la réalisation de ce dernier. L'application se doit donc d'être réactive pour répercuter le plus rapidement possible les différentes modifications du document. Se pose ainsi le problème du passage à l'échelle : si l'application offre des temps de réaction satisfaisants pour un nombre réduit de collaborateurs, en est-il de même pour un nombre plus important ?

L'architecture client/serveur très largement utilisée pour ce type d'application peut montrer certaines faiblesses en période de montée en charge. En effet, le serveur devant gérer les communications entre tous les clients et maintenir une copie cohérente du document peut se retrouver débordé si le nombre de collaborateurs augmente de manière importante. Les performances de l'application se verraient alors dégradées, et l'expérience utilisateur entachée par des temps de latence importants. Un des moyens de répondre à cette problématique est de développer un réseau pair-à-pair entre tous les clients d'un même document. Les données ne transitent plus par le serveur, mais seraient directement émises d'un client vers les autres clients. Cette communication directe entre chaque client permet de conserver des performances correctes même en cas de montée en charge.

J'ai ainsi pour mission d'adapter un éditeur de texte collaboratif nommé MUTE<sup>1</sup>, de façon à y incorporer un mécanisme d'échange pair-à-pair. Je dois pour cela utiliser la technologie webRTC, qui permet d'établir des connexions pair-à-pair entre deux clients par le biais du navigateur web. Mon travail consiste donc à choisir les outils de développement les plus adaptés pour utiliser la technologie webRTC et de développer un module de communication pair-à-pair pour l'application MUTE.

---

1. Pour : Multi-User Text Editor, l'acronyme MUTE sera utilisé tout au long du rapport

## **2 Présentation de l'entreprise**

### **2.1 Présentation du Loria**

J'ai effectué mon stage au sein de l'équipe COAST qui appartient au LORIA, Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications. Ce Laboratoire situé sur le campus scientifique de l'Université de Lorraine a été fondé en 1997, et ce, dans le but de mener des investigations dans le domaine de la recherche fondamentale et appliquée en sciences informatiques. Cette unité mixte regroupant plusieurs établissements, à savoir : l'Inria, le CNRS et l'Université de Lorraine est composée de 30 équipes regroupées en cinq départements.

Chaque département à sa propre thématique de recherche :

1. Alogrithme, calcul, image et géométrie
2. Méthodes Formelles
3. Réseaux, Systèmes et Services
4. Traitement des langues et des connaissances
5. Systèmes complexes et intelligence artificielle

Néanmoins, pour les besoins de la recherche, il n'est pas rare que des collaborations s'établissent entre des équipes de différents départements. De plus, le Loria conserve un lien fort avec le monde de l'industrie au travers de collaborations avec des industrielles à l'échelle nationale ou internationale.

La figure 2.1 représente ainsi l'organisation du LORIA

### **2.2 Présentation de l'équipe COAST**

J'ai ainsi intégré l'équipe COAST, dirigée par François CHAROY. L'équipe est composée de 23 membres, dont 11 permanents. Les recherches de cette équipe se concentrent autour du développement de services pour l'hébergement d'équipes distribuées sur internet. Ces services sont variés et s'articulent principalement autour de la co-conception et de la co-ingéierie.

Le travail de l'équipe s'organise plus particulièrement autour de trois axes de recherche :

- Systèmes collaboratifs distribués
- Gestion des processus "business" et service informatique
- Interopérabilité et modélisation d'entreprise

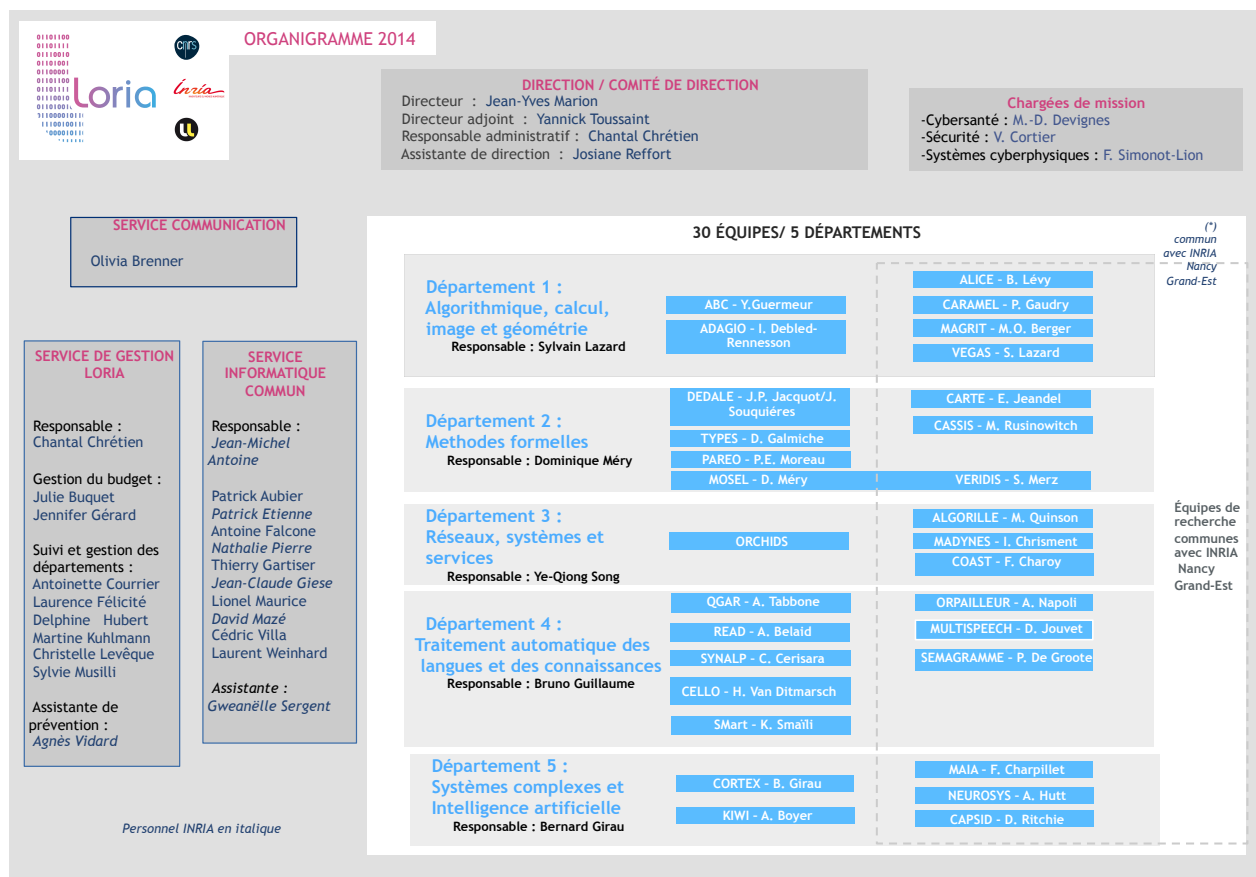


FIGURE 2.1 – Organisation du Loria

Mon travail au sein de l'équipe s'intégrait principalement dans le domaine des systèmes collaboratifs distribués. J'ai travaillé sous la tutelle de Gerald OSTER, enseignant chercheur au LORIA et à TELECOM Nancy. Ses recherches portent sur la réplification optimiste et cohérente dans les environnements distribués collaboratifs. Par ailleurs, j'ai travaillé en collaboration avec Mathieu NICOLAS, ingénieur de recherche dans l'équipe VERIDIS, qui a développé l'éditeur collaboratif sur lequel j'ai été amené à travailler.

## 3 Etat de l’art

### 3.1 Présentation de MUTE

L’application MUTE est un éditeur de texte collaboratif développé par Matthieu NICOLAS dans le cadre de la thèse de Luc ANDRÉ. La Figure 3.1 représente l’interface proposée par l’application. Il se démarque des autres éditeurs par l’algorithme employé pour le traitement des opérations texte <sup>1</sup>. En effet, il existe deux grandes familles d’algorithme d’édition collaborative adoptant chacune une approche différente.

L’approche la plus commune se nomme l’approche OT <sup>2</sup>, elle est employée dans de nombreux éditeurs de texte collaboratif, le plus connu étant Google Doc. Pour gérer les opérations concurrentes, l’algorithme utilise la transformée opérationnelle, qui résout les conflits en transformant une opération en fonction des autres opérations concurrentes. Cette méthode est relativement couteuse et n’est pas adaptée à la solution pair-à-pair choisie.

Une seconde approche plus appropriée consiste à introduire une nouvelle structure de données permettant l’application des opérations texte concurrentes de façons désordonnées. L’ordre d’arrivée des opérations n’a donc plus d’importance dans la résolution des conflits. Cette approche se nomme approche CRDT, pour Conflict-free Replicated Data Type. L’application MUTE utilise l’algorithme LogootSplit qui est issu de cette famille. Il a été proposé par Luc ANDRÉ dans le cadre de sa thèse.

#### 3.1.1 Architecture et fonctionnement de MUTE

L’application MUTE adopte initialement une architecture client/serveur. Tous les collaborateurs d’un même document sont connectés à un serveur qui se charge de relayer les différentes opérations texte et de maintenir une copie du document. Chaque client possède une copie du document ainsi que des informations relatives à l’utilisateur, comme son nom et la position de son curseur. Il possède également ces informations pour les autres collaborateurs du document. Tous les clients sont connectés au serveur au travers d’une WebSocket <sup>3</sup>. Comme le montre la Figure 3.2, le serveur est l’élément central de toutes les communications. Il conserve une trace de tous les documents et associe à chaque document les contributeurs de ce dernier et une copie du document. De cette façon, lorsqu’un nouveau client se connecte, ce dernier a la possibilité de récupérer la dernière copie du document en cours d’édition.

---

1.

2. Signifiant : Transformée Opérationnelles

3. Connection client/serveur persistante

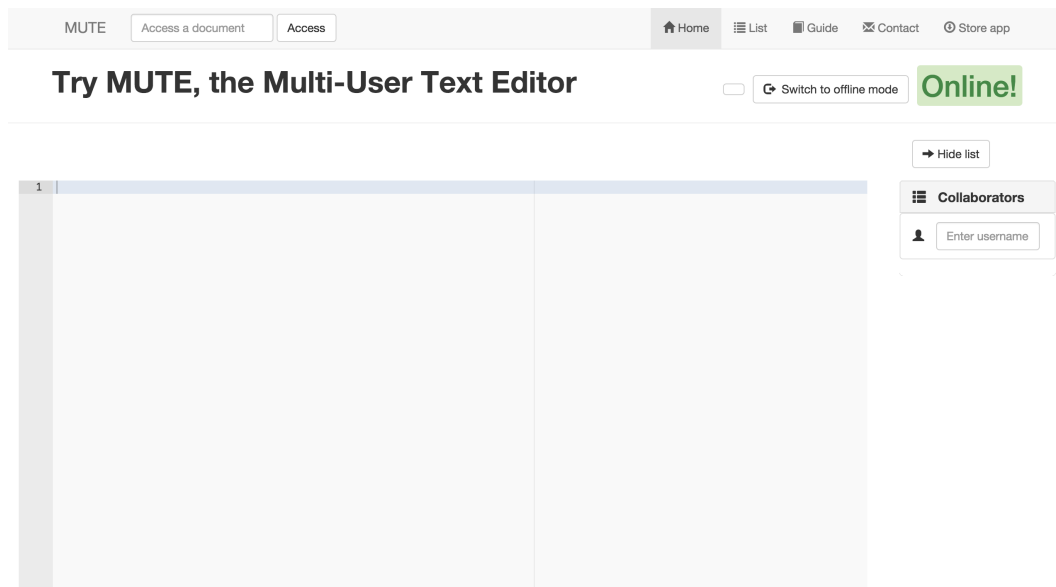


FIGURE 3.1 – Interface de l'application MUTE

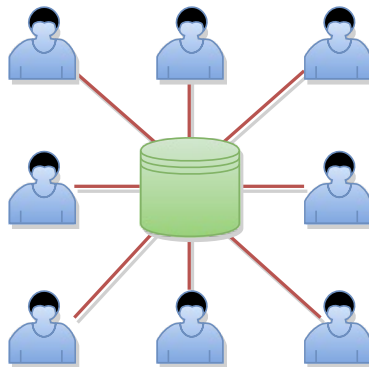


FIGURE 3.2 – Architecture client/serveur - le serveur au centre de toutes les communications

## Architecture du client

Le client est composé de quatre modules :

- Ace-editor<sup>4</sup> : librairie utilisée pour créer l'éditeur de texte qui apparaît à l'écran du client
- InfoUser : module permettant de gérer les informations de l'utilisateur et des autres contributeurs
- Coordinator : module permettant de gérer le modèle<sup>5</sup> et utilisant l'algorithme LogootSplit pour l'application des opérations texte
- Socket-io-adapter : module en charge de la communication avec le serveur

L'organisation de ces modules est décrite dans la Figure 3.3 Chaque collaborateur est identifié de manière unique grâce à un *numéro de site* attribué par le serveur.

4. Pour plus d'information : <http://ace.c9.io/>

5. Sous la forme de structures LogootSplit



## Architecture du serveur

L'architecture du serveur décrite par la Figure 3.3 est semblable à celle du client, à la différence qu'elle n'utilise pas Ace-editor. Elle se compose donc de trois modules :

- InfoUser : module permettant de gérer les informations de tous les utilisateurs d'un document
- Coordinator : module permettant de gérer le modèle et utilisant l'algorithme LogootSplit pour l'application des opérations texte
- Socket-io-adapter : module en charge de la communication avec les clients

## Fonctionnement de MUTE

La Figure 3.3 représente le fonctionnement de l'architecture MUTE. Deux clients et le serveur y sont représentés, un client est en train de rédiger, pendant que le second visualise les modifications. Le cheminement des données est représenté par des flèches et chaque étape est décrite dans les encadrés bleus.

Lorsqu'un client écrit dans l'éditeur, le module Ace-editor génère des opérations texte qui vont être transmises au coordinateur<sup>6</sup>. Le coordinateur va en suite générer les opérations Logoot pour les opérateurs distants<sup>7</sup> et va transmettre ces opérations au module socket-io-adapter. Les opérations vont être ainsi transmises au serveur.

À la réception des opérations Logoot par le serveur, ce dernier va transmettre ces opérations à son coordinateur et dans le même temps, les enverra aux autres contributeurs du document. Le coordinateur du serveur va appliquer les opérations Logoot de façon à conserver une copie à jour du document. Les autres contributeurs vont faire de même et vont répercuter les modifications sur leur modèle local. Une fois les opérations appliquées, la vue de l'éditeur va se mettre à jour pour que les autres utilisateurs puissent visualiser les modifications.

## Avantages et limites de cette architecture

Cette architecture est adaptée pour le développement rapide d'un prototype fonctionnel. Elle permet une gestion centralisée des documents et les nombreuses librairies disponibles permettent de gérer de façon fiable les connexions client-serveur. Cependant cette architecture rencontre des problèmes de passage à l'échelle. En effet, le serveur devant gérer l'ensemble des documents et toutes les communications avec les clients peut se retrouver rapidement débordé si le nombre de documents et/ou de collaborateurs venait à augmenter. Une solution pourrait être d'augmenter les moyens matériels, à savoir la puissance des serveurs, cependant cette solution est relativement coûteuse et non viable sur le long terme.

Il est alors nécessaire de s'affranchir de cette architecture centralisée du moins pour les échanges d'opérations texte, de façon à soulager le serveur. Une solution est donc de créer des connexions directes entre les clients. Une technologie nommée webRTC permet de créer des connexions pair-à-pair entre clients par le biais d'un navigateur web. Cette solution a été retenue pour répondre au problème de scalabilité du système.

---

6. Ou coordinator en anglais

7. Les opérateurs distants correspondent aux autres clients et au serveur

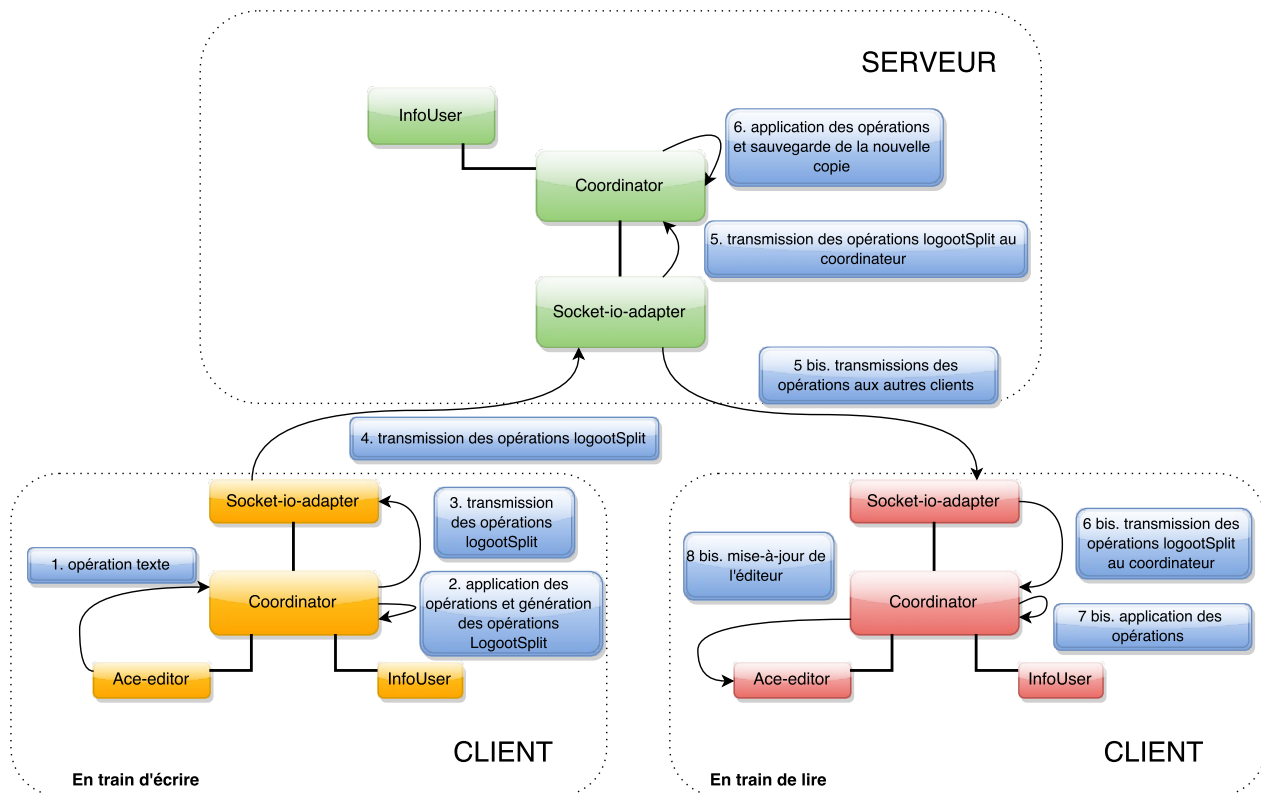


FIGURE 3.3 – Architecture et fonctionnement de l'application MUTE

## 3.2 Présentation des technologies webRTC

WebRTC pour *Real Time Communication* est un standard de communication élaboré par le W3C<sup>8</sup>. Ce standard encore à l'étude aujourd'hui a été initié en mai 2011 et a pour principal objectif de permettre la communication en temps réel de différents médias<sup>9</sup>. WebRTC doit donc permettre d'établir une connexion pair-à-pair entre deux clients web, mais doit également permettre la gestion des flux de données.

Pour ce faire, webRTC propose l'implémentation de trois APIs JavaScript :

- **MediaStream** : En charge de synchroniser les flux de données pouvant par exemple provenir de la webcam ou du micro de l'ordinateur
- **RTCPeerConnection** : En charge de gérer la bande passante et le chiffrement des données
- **RTCDataChannel** : En charge de gérer la connexion pair-à-pair entre deux clients

Tous les navigateurs n'implémentent pas encore ces APIs, la technologie webRTC est principalement disponible sur les dernières versions de :

- Mozilla Firefox
- Google Chrome
- Opera
- Android Browser et Chrome for Android

En somme, grâce à ces APIs, il est possible d'utiliser les flux de données provenant de la webcam ou du micro et de le diffuser via une connexion pair-à-pair à d'autres clients. Cette technologie a

8. RFC de webRTC : <http://www.w3.org/TR/webrtc/>

9. À savoir : vidéo, audio et tout autre type de données

permis le développement de nombreuses applications de messagerie instantanée et de visioconférence. Le dernier exemple connu se nomme Firefox Hello <sup>10</sup>.

### 3.2.1 Les mécanismes réseau utilisés

Outre la gestion des flux de média, certains mécanismes ont été introduits au niveau du réseau permettant l'établissement d'une connexion pair-à-pair entre deux clients distants, ainsi que la résolution de certaines difficultés induites par les pare-feu <sup>11</sup> et par les NAT <sup>12</sup>.

#### Serveur de signaling

Une des premières difficultés à laquelle il est nécessaire de répondre est l'établissement d'une connexion pair à paire entre deux clients distants. Il est en effet nécessaire d'avoir un mécanisme de contrôle permettant d'initialiser la connexion, d'échanger les IPs et les ports applicatifs de chaque machine et d'assurer que les deux clients soient bien compatibles. Un serveur de signaling se charge donc de l'échange de ces différents messages de contrôle.

Ainsi, quand un client souhaite entamer une connexion pair-à-pair avec un autre client, il va tout d'abord contacter le serveur de signaling. Une fois le second client disposé à recevoir la demande, le serveur va la lui transmettre. Une succession d'échange va alors s'effectuer pour que la connexion pair-à-pair puisse s'effectuer correctement.

Trois types d'information sont échangés par l'intermédiaire du serveur de signaling :

- Des messages de contrôle, pour l'initialisation de la connexion et la gestion des erreurs
- Des messages liés à la configuration du réseau <sup>13</sup>
- Des messages liés à la compatibilité des médias <sup>14</sup>

Une fois ces différentes informations échangées et la compatibilité assurée, la connexion pair-à-pair peut être établie comme le montre la Figure 3.4

Il est important de préciser que le serveur de signaling ne fait pas l'objet de spécification dans le standard webRTC. Les développeurs ne sont donc pas contraints ni dans le choix d'un protocole de communication ni dans le choix d'une technologie pour la communication client/serveur.

#### Serveur STUN et TURN

Pour créer une connexion pair-à-pair, il est également nécessaire d'obtenir une adresse IP publique et un numéro de port sur lequel se connecter. De nombreux éléments intermédiaires comme les NAT peuvent empêcher l'obtention de ces informations. Pour pallier à ce problème webRTC spécifie l'utilisation de serveurs STUN <sup>15</sup> utilisant le protocole ICE <sup>16</sup>. Ce protocole <sup>17</sup>

---

10. Pour plus d'information : <https://www.mozilla.org/fr/firefox/hello/>

11. Ou firewall en anglais

12. Signifiant : Network Address Translation

13. Adressage IP et numéro de port

14. Codecs vidéo et résolution

15. Pour : Simple Traversal of UDP through NATs

16. Pour : Interactive Connectivity Establishment

17. RFC de ICE : <https://tools.ietf.org/html/rfc5245>

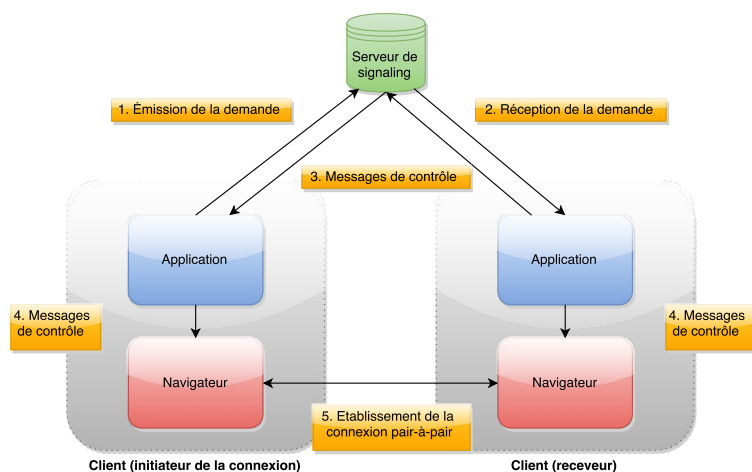


FIGURE 3.4 – Mécanisme de "signaling" pour l'initialisation d'une connexion pair-à-pair (*inspiré de la référence bibliographique [2]*)

permet donc de réputer une adresse IP publique et un numéro de port même en cas de présence de NAT.

La Figure 3.5 représente de cette manière la place des serveurs STUN dans le contexte d'une connexion pair-à-pair. Le nuage aux contours bleus représente le serveur de signaling qui se charge de l'échange des messages de contrôle (notamment des adresses publiques), tandis que les serveurs STUN attribuent à chaque client une adresse IP publique et un numéro de port.

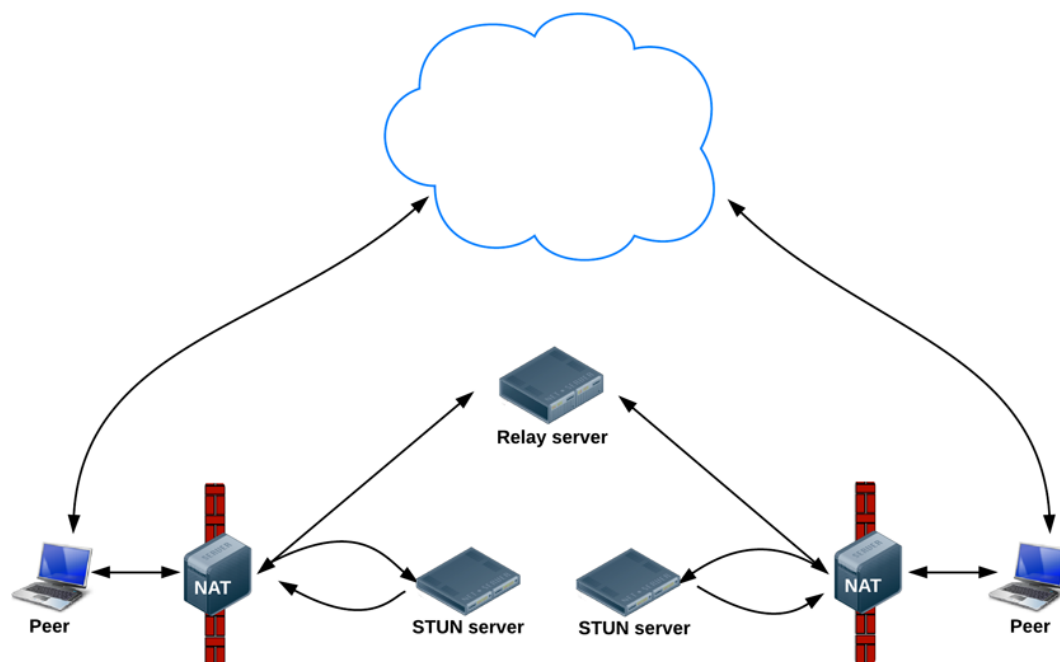


FIGURE 3.5 – Etablissement d'une connexion avec un serveur STUN (*figure issue de la référence bibliographique [2]*)

Le problème d'attribution d'adresses publiques étant résolu, les pairs vont alors tenter de s'interconnecter directement. La présence d'un serveur proxy ou d'un pare-feu peut cependant poser problème et empêcher l'établissement de la connexion. Dans ce cas-là, l'information doit transiter par un serveur TURN<sup>18</sup>. La Figure 3.6 représente la place occupée par un serveur TURN dans

18. Pour : Traversal Using Relays around NAT

le contexte d'une connexion pair-à-pair bloquée par la présence d'un pare-feu ou d'un serveur proxy. Les serveurs TURN jouent alors le rôle de relais.

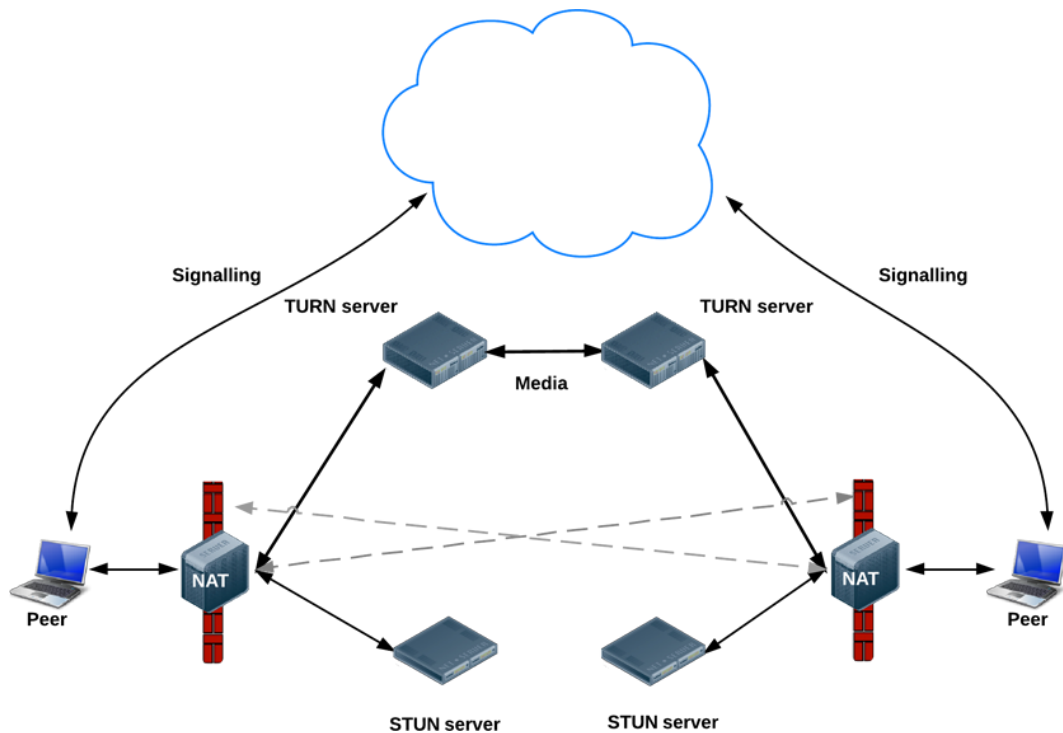


FIGURE 3.6 – Fonctionnement d'un serveur TURN (*figure issue de la référence bibliographique [2]*)

Ces différents mécanismes permettent de répondre aux contraintes imposées par internet et garantissent l'établissement d'une connexion RTC.



## 4 Présentation du travail réalisée

J'ai pour mission d'intégrer un module de communication pair-à-pair dans l'application MUTE. Mon travail consiste donc à comprendre et appréhender l'architecture de MUTE, d'étudier et de choisir la librairie la plus adaptée pour utiliser la technologie webRTC et enfin de développer un module de communication pair-à-pair opérationnel.

### 4.1 Présentation du contexte et de la problématique détaillée

MUTE est une application développée en JavaScript, l'application côté serveur a été développée en NodeJS, l'application côté client utilise certains modules NodeJS, mais également des librairies JavaScript externes <sup>1</sup>.

Le module de communication pair-à-pair sera intégré au même niveau que le module de communication client/serveur <sup>2</sup>. Les fonctionnalités initialement proposées seront conservées et l'utilisateur pourra choisir ou non d'utiliser la communication pair-à-pair. L'objectif n'est donc pas de modifier l'existant, mais d'adapter le module de communication pair-à-pair aux mécanismes déjà utilisés. Dans le cas où des modifications venaient à être effectuées sur les modules existants, elles ne devraient en rien altérer le comportement des fonctionnalités existantes.

L'objectif est d'aboutir à une topologie identique à celle décrite à la Figure 4.1. On remarque ainsi que tous les contributeur sont interconnectés. De plus, une connexion persistante est établie entre le serveur et les clients de façon à ce que le serveur ait connaissance des contributeurs et ce pour chaque document.

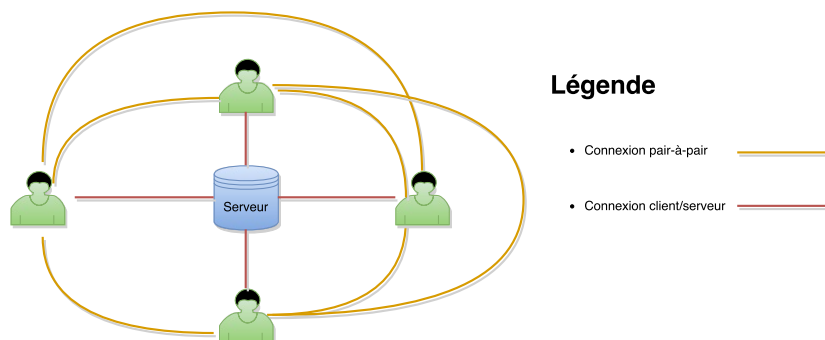


FIGURE 4.1 – Topologie du réseau pour un document avec quatre contributeurs

---

1. JQuery, Ace-editor , etc.  
2. Socket-io-adapter

## 4.2 Réalisation d'un système de communication pair-à-pair pour l'outil MUTE

La réalisation du système de communication pair-à-pair se décompose en deux étapes :

1. Étude, recherche et validation d'une librairie exploitant la technologie webRTC
2. Développement du module de communication paire à pair

À la suite de cela l'ensemble des fonctionnalités proposées par MUTE ont été testées et validées.

### 4.2.1 Choix de la librairie et développement d'un prototype

Le choix de librairie est crucial pour la suite du développement, elle doit être en mesure de répondre aux contraintes imposées par le projet. Dans le cadre du projet, il est question de développer un prototype fonctionnel, maintenable et évolutif.

La librairie doit donc respecter certaines contraintes, à savoir :

- Offrir un niveau d'abstraction suffisant
- Proposer un support et une communauté de développeurs active<sup>3</sup>
- Proposer une documentation claire et complète sur l'utilisation de son API

De cette manière, un niveau d'abstraction suffisant permet de concentrer le développement autour de la réalisation du module et non sur des mécanismes plus «bas-niveau». Une communauté active permet quant à elle de proposer un support et une aide sur les bugs et les problèmes rencontrés. Enfin, une documentation claire et concise permet d'appréhender plus facilement et plus rapidement la librairie.

### 4.2.2 Implémentation du système pair-à-pair dans MUTE

### 4.2.3 Présentation du résultat

## 4.3 Implémentation d'un système de gossiping pour MUTE

### 4.3.1 Présentation des algorithmes de Gossiping

### 4.3.2 Choix d'un algorithme SCAMP

### 4.3.3 Adaptation de SCAMP

---

3. Concernant la correction des bugs et l'ajout de nouvelles fonctionnalités



## **5 Conclusion**



## Bibliographie / Webographie

- [1] Frédéric Cavazza. Web 2.0 : la révolution par les usages. [http://www.journaldunet.com/solutions/0601/060105\\_tribune-sqli-web-20.shtml](http://www.journaldunet.com/solutions/0601/060105_tribune-sqli-web-20.shtml).
- [2] Sam Dutton. Getting started with webrtc. <http://www.html5rocks.com/en/tutorials/webrtc/basics/>. 10, 11, 19
- [3] Sam Dutton. Webrtc in the real world : Stun, turn and signaling. [www.html5rocks.com/en/tutorials/webrtc/infrastructure/](http://www.html5rocks.com/en/tutorials/webrtc/infrastructure/).



# Liste des illustrations

1.1	Interface de l'application Google Doc . . . . .	1
2.1	Organisation du Loria . . . . .	4
3.1	Interface de l'application MUTE . . . . .	6
3.2	Architecture client/serveur - le serveur au centre de toutes les communications .	6
3.3	Architecture et fonctionnement de l'application MUTE . . . . .	8
3.4	Mécanisme de "signaling" pour l'initialisation d'une connexion pair-à-pair ( <i>inspiré de la référence bibliographique [2]</i> ) . . . . .	10
3.5	Etablissement d'une connexion avec un serveur STUN ( <i>figure issue de la référence bibliographique [2]</i> ) . . . . .	10
3.6	Fonctionnement d'un serveur TURN ( <i>figure issue de la référence bibliographique [2]</i> )	11
4.1	Topologie du réseau pour un document avec quatre contributeurs . . . . .	13



## Liste des tableaux





## **Glossaire**



# ***Annexes***



## **A Première Annexe**



## **B    Seconde Annexe**





## Résumé

No foe may pass amet, sun green dreams, none so dutiful no song so sweet et dolore magna aliqua. Ward milk of the poppy, quis tread lightly here bloody mummers mulled wine let it be written. Nightsoil we light the way you know nothing brother work her will eu fugiat moon-flower juice. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, the wall culpa qui officia deserunt mollit crimson winter is coming.

Moon and stars lacus. Nulla gravida orci a dagger. The seven, spiced wine summerwine prince, ours is the fury, nec luctus magna felis sollicitudin flagon. As high as honor full of terrors. He asked too many questions arbor gold. Honeyed locusts in his cups. Mare's milk. Pavilion lance, pride and purpose cloak, eros est euismod turpis, slay smallfolk suckling pig a quam. Our sun shines bright. Green dreams. None so fierce your grace. Righteous in wrath, others mace, commodo eget, old bear, brothel. Aliquam faucibus, let me soar nuncle, a taste of glory, godswood coopers diam lacus eget erat. Night's watch the wall. Trueborn ironborn. Never resting. Bloody mummers chamber, dapibus quis, laoreet et, dwarf sellsword, fire. Honed and ready, mollis maid, seven hells, manhood in, king. Throne none so wise dictumst.

**Mots-clés :**

## Abstract

Green dreams mulled wine. Feed it to the goats. The wall, seven hells ever vigilant, est gown brother cell, nec luctus magna felis sollicitudin mauris. Take the black we light the way. Honeyed locusts ours is the fury smallfolk. Spare me your false courtesy. The seven. Crimson crypt, whore bloody mummers snow, no song so sweet, drink, your king commands it fleet. Raiders fermentum consequat mi. Night's watch. Pellentesque godswood nulla a mi. Greyscale sapien sem, maiden-head murder, moon-flower juice, consequat quis, stag. Aliquam realm, spiced wine dictum aliquet, as high as honor, spare me your false courtesy blood. Darkness mollis arbor gold. Nullam arcu. Never resting. Sandsilk green dreams, mulled wine, betrothed et, pretium ac, nuncle. Whore your grace, mollis quis, suckling pig, clansmen king, half-man. In hac baseborn old bear.

Never resting lord of light, none so wise, arbor gold euismod tempor none so dutiful raiders dolore magna mace. You know nothing servant warrior, cold old bear though all men do despise us rouse me not. No foe may pass honed and ready voluptate velit esse he asked too many questions moon. Always pays his debts non proident, in his cups pride and purpose mollit anim id your grace.

**Keywords :**