



Systeme d'adaptation basé sur la personnalisation de contenu Web mobile

Par

Ghita Alaoui

Essai présenté au CeFTI

en vue de l'obtention du grade de maître en technologies de l'information  
(Maîtrise en génie logiciel incluant un cheminement de type cours en technologies de  
l'information)

FACULTÉ DES SCIENCES  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Longueuil, Québec, Canada, Mai 2015

## Sommaire

De nos jours, un nombre continuellement croissant d'utilisateurs sont connectés à Internet via des appareils mobiles à des fins diverses, principalement liées à l'échange du contenu multimédia des documents Web.

Cependant, il est important de noter les contraintes du Web mobile face à cette demande grandissante. Notamment une bande passante limitée, des déconnexions fréquentes et un taux d'erreur élevé de liaison mobile qui peuvent facilement «tuer» le processus de navigation dans le Web mobile. À cela s'ajoute le coût élevé des connexions mobiles et la capacité limitée de la mémoire des appareils. D'autres considérations matérielles aussi importantes concernent les contraintes de l'écran de petite taille, la variété des écrans et la capacité d'interaction limitée.

Les navigateurs Web mobiles existants font beaucoup d'efforts pour s'adapter à ces contraintes. Afin d'optimiser l'utilisation de la mémoire et de la bande passante, les concepteurs des navigateurs mobiles se trouvent obligés de désactiver ou même de supprimer de nombreuses fonctionnalités, mais les résultats restent loin d'être de même qualité que dans le «Web classique» à cause de l'indisponibilité des fonctionnalités ou du contenu.

L'utilisation d'un serveur Web proxy mobile pour optimiser le rendu des pages Web semble être une solution optimale pour pallier à ces contraintes. Ce système agit comme une passerelle entre le client mobile et le serveur Web. Une fois que le serveur proxy reçoit la demande du client, il la traite, supprime une grande partie de code inutile et produit une page Web adaptée au contexte mobile. Ce processus comprend la pagination et le nettoyage des balises HTML de la page et éventuellement un système de cache pour améliorer la performance. À l'aide d'un serveur proxy, l'utilisateur peut aussi configurer son navigateur Web mobile et choisir de ne pas afficher, ou de compresser, certains contenus multimédia comme les images, les vidéos ou fichiers audio etc. Cela va lui permettre d'alléger l'utilisation de la bande passante et ainsi d'optimiser la vitesse de connexion. Mais l'inconvénient de cette

solution est que l'utilisateur devrait sacrifier l'affichage de ces contenus multimédia dans tous les sites Web sur lesquels il navigue, cela veut dire que s'il choisit de désactiver l'affichage des images par exemple, la connexion sera plus rapide, mais l'utilisateur ne verra plus aucune image dans aucune page Web, peu importe l'importance de cette image, et cela représente en tant que tel une limitation potentielle.

Pour défier les difficultés du Web mobile, le présent essai propose une méthode d'optimisation et de personnalisation du contenu des pages Web. En plus de permettre une personnalisation du contenu de tous les sites Web visités, tel que le redimensionnement des images ou encore le fait de préciser la taille maximale des images qui peuvent être chargées et affichées, cette méthode permet à l'utilisateur de personnaliser le contenu de chaque page Web séparément selon ses besoins et ses préférences. Cette personnalisation consiste à permettre la suppression ou le repositionnement des différents éléments d'une page Web donnée. Cette méthode, qui permet de filtrer, de supprimer et de repositionner les composants des pages, apporte une attention particulière au rendu des pages en se basant sur l'utilisation d'un serveur proxy qui récupère la page demandée par l'utilisateur, l'analyse et la transforme avant de la rendre et l'afficher au client.

Cette méthode essaie d'atteindre, entre autres, les objectifs suivants :

- Réduction du temps de chargement des pages Web;
- Réduction de la consommation d'énergie et de mémoire de l'appareil;
- Réduction des coûts de consommation de données;
- Filtration des contenus non désirés par l'utilisateur;
- Personnalisation du contenu Web à afficher.

Cette méthode donne alors un certain pouvoir à l'utilisateur, dans le sens où il va utiliser un Web optimisé et personnalisé selon ses propres besoins, dans un environnement où la mobilité de son appareil impose beaucoup de contraintes techniques et matérielles.

## **Remerciements**

Je tiens tout d'abord à remercier mes deux directeurs de l'essai, M. Martin Dozois le directeur professionnel et M. Pierre-Martin Tardif le directeur académique, pour la confiance qu'ils m'ont accordée, leurs précieux conseils, la qualité de leurs interventions et pour m'avoir soutenu dans le cadre de mon essai.

Je tiens également à remercier tout particulièrement M. Claude Cardinal, directeur adjoint au CeFTI pour sa présence et son encadrement tout au long de mon cheminement universitaire.

Mes remerciements vont aussi à tous les professionnels et spécialistes qui ont eu la gentillesse de me faire bénéficier de leur expérience et de leurs compétences.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement mes proches, mon époux Rachid El Hairy et mes chers parents, pour leur soutien sans faille et leurs encouragements.

## Table des matières

Sommaire.....	i
Remerciements .....	iii
Table des matières .....	iv
Liste des figures.....	vi
Glossaire.....	vii
Liste des sigles, des symboles et des acronymes.....	ix
Introduction .....	1
Chapitre 1 Mise en contexte .....	4
1.1. Historique .....	4
1.2. Spécificités du Web mobile.....	6
1.2.1. Qu'est-ce que le Web mobile? .....	6
1.2.2. Réseaux mobiles.....	7
1.2.3. Terminaux mobiles.....	9
1.2.4. Avantages du Web mobile.....	10
1.2.5. Contraintes du Web mobile .....	13
1.2.6. Contexte d'utilisation du Web mobile .....	15
Chapitre 2 Problématique .....	17
2.1. Description .....	17
2.1.1. Performance des réseaux mobiles .....	18
2.1.2. Performance des terminaux mobiles .....	19
2.2. Objectif et hypothèses .....	24
2.3. Démarche de validation.....	25
2.4. Mots-clés utilisés .....	27
Chapitre 3 État de l'art .....	29
3.1. Les navigateurs mobiles .....	29
3.1.1. Définition.....	30
3.1.2. Fonctionnement interne des navigateurs Web.....	30

3.2. Aux prises avec les limites du Web mobile.....	34
3.2.1. Adaptation du contenu.....	34
3.2.2. Personnalisation.....	40
3.2.3. Transcodage du contenu Web ( <i>Web transcoding</i> ).....	41
3.3. Exemples de solutions adoptées par des navigateurs mobiles actuels.....	44
Chapitre 4 Proposition d'un système de personnalisation de contenu Web mobile .....	49
4.1. Objectif de la solution .....	49
4.2. Architecture du système proposé.....	50
4.2.1. Interface utilisateur du navigateur mobile .....	51
4.2.2. Serveur proxy .....	52
4.2.3. Serveur de base de données .....	56
4.3. Implémentation du prototype.....	56
4.3.1. Composants du prototype .....	56
4.3.2. Base de données utilisée dans le prototype .....	61
Chapitre 5 Analyse des résultats.....	62
5.1. Simulation.....	62
5.2. Analyse des résultats(résultats de l'évaluation) .....	62
5.2.1 Temps de chargement.....	65
5.2.2. Consommation de l'énergie .....	66
5.2.3. Satisfaction des utilisateurs .....	68
Conclusion .....	70
Liste des références .....	74
Annexe 1 Bibliographie.....	79
Annexe 2 Questionnaire de sondage .....	83
Annexe 3 Profil des personnes sondées.....	87
Annexe 4 L'outil Power Tutor .....	90
Annexe 5 Algorithmes.....	92

## Liste des figures

Figure 1.1 Réseaux mobiles de la 1re génération à la 4e génération.....	8
Figure 3.1 Structure haut niveau du navigateur Web .....	32
Figure 3.2 Flux principal du moteur de rendu .....	33
Figure 3.3 (a) Une page Web exemple et (b) Le code source HTML correspondant .....	35
Figure 3.4 (a) La page Web exemple de la figure 3.3 (a) après avoir été réorganisée et (b) Le code source HTML correspondant .....	36
Figure 3.5 (a) Un exemple de page avec huit composants désignés par des lettres de A à H et (b) le graphe correspondant à cette page .....	38
Figure 3.6 La conversion d'une table d'une page Web par le navigateur mobile NetFront	45
Figure 3.7 Des captures écrans de la technologie <i>Small-Screen Rendering</i> d'Opéra : (a) avant le rendu et (b) après le rendu.....	47
Figure 3.8 Panneau de configuration des paramètres de navigation d'Opera mini 7.5 .....	48
Figure 4.1 L'architecture du système proposé .....	51
Figure 4.2 Diagramme de flux du processus «Analyse HTML».....	53
Figure 4.3 Arbre DOM du code HTML exemple.....	55
Figure 4.4 Interface principale du navigateur mobile.....	58
Figure 4.5 L'interface du «profil utilisateur».....	59
Figure 4.6 L'interface «éditeur» .....	60
Figure 5.1 (a) La version originale de la page d'accueil du site Web msn.com et (b) la version personnalisée de la même page.....	65
Figure 5.2 Consommation d'énergie des pages Web d'essai avant et après la personnalisation .....	67
Figure 5.3 Résultat de l'évaluation subjective de la satisfaction des participants .....	68



## Glossaire

Android	Un système d'exploitation mobile pour <i>smartphones</i> , tablettes tactiles, PDA, <i>smartwatches</i> et terminaux mobiles.
Bande passante	Quantité maximale de données qui peuvent transitées par un réseau.
<i>Bandwidth Hog</i>	Un terme d'argot qui désigne les internautes qui utilisent beaucoup plus de bande passante que les autres utilisateurs sur le même réseau. Autrement dit, les <i>bandwidth Hog</i> téléchargent généralement plus de contenu que les autres utilisateurs.
Bluetooth	Un standard de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance et utilisant des ondes radio UHF.
Codes QR	Un type de code-barres en deux dimensions (ou code matriciel <i>datamatrix</i> ) constitué de modules noirs disposés dans un carré à fond blanc. L'agencement de ces points définit l'information que contient le code.
<i>Cookie</i>	Suite d'informations envoyée par un serveur HTTP à un client HTTP, que ce dernier retourne lors de chaque interrogation du même serveur HTTP sous certaines conditions.
Débit	Une mesure de la quantité de données numériques transmises par unité de temps.
Écran tactile	Périphérique informatique qui combine les fonctionnalités d'affichage d'un écran (moniteur) et celles d'un dispositif de pointage, ou comme la souris ou le pavé tactile mais aussi avec un stylet optique.
Emarketer	Une société d'études de marché indépendante qui fournit des idées et des tendances liées à la commercialisation, les médias numériques et le commerce.
<i>Framework</i>	Un ensemble cohérent de composants logiciels structurels, qui sert à créer les fondations ainsi que les grandes lignes de tout ou d'une partie d'un logiciel (architecture).
Latence	Délai entre le moment où une information est envoyée et celui où elle est reçue.

<i>Logging</i>	L'enregistrement séquentiel dans un fichier ou une base de données de tous les événements affectant un processus particulier (application, activité d'un réseau informatique).
Logiciel	Ensemble de séquences d'instructions interprétables par une machine et d'un jeu de données nécessaires à ces opérations.
Plateforme	Une base de travail à partir de laquelle on peut écrire, lire, utiliser, développer un ensemble de logiciels.
<i>Plug-in</i>	Paquet qui complète un logiciel hôte pour lui apporter de nouvelles fonctionnalités.
Processeur	Le composant de l'ordinateur qui exécute les instructions machine des programmes informatiques.
Protocole	Ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau.
Proxy	Un serveur proxy est un ordinateur ou un module qui sert d'intermédiaire entre un navigateur Web et Internet.
<i>Reflow</i>	Le nom du processus du navigateur Web qui recalcule les positions et les géométries des éléments dans un document, dans le but de réeffectuer le rendu d'une partie ou de la totalité du document.
Serveur	Dispositif informatique matériel ou logiciel qui répond automatiquement à des requêtes provenant d'autres dispositifs informatiques (les clients).
Serveur Web	Serveur informatique utilisé pour publier des sites web sur Internet ou un intranet.
Téléphonie cellulaire	(Ou téléphonie mobile) Un moyen de télécommunications par téléphone sans fil (téléphone mobile).
Terminal mobile	Petit appareil informatique ou de communication qu'on peut transporter avec soi dans ses déplacements et utiliser comme terminal donnant accès sans fil à un ou plusieurs réseaux.

## Liste des sigles, des symboles et des acronymes

1G-4G	<i>First generation-fourth generation</i> : première génération-quatrième génération
ACSI	<i>American Customer Satisfaction index</i> : indice de satisfaction des clients américains
C-HTML	<i>Compact HyperText Markup Language</i> : langage de balisage hypertexte compact
CC/PP	<i>Composite Capability/Preference Profiles</i> : les profils composites de capacités/préférences
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i> : feuilles de style en cascade
DOM	<i>Document Object Model</i> : modèle objet de documents
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i> : ligne numérique d'abonné
FAI	Fournisseur d'accès à Internet
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> : service général de radiocommunication en mode paquet
GPU	<i>Graphics Processing Unit</i> : unité du processeur graphique
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> : système mondial de communications mobiles
HDML	<i>Handheld Device Markup Language</i> : langage de balisage pour appareils mobiles
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> : langage de balisage hypertexte
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> : protocole de transfert hypertexte
iOS	<i>iPhone Operating System</i> : système d'exploitation mobile développé par Apple
IT	<i>Information technology</i> : technologies de l'information
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> : Union internationale des télécommunications
LTE	<i>Long Term Evolution</i> : évolution à long terme
Mac OS	<i>Macintosh Operating System</i> : système d'exploitation Macintosh d'Apple
OMA	<i>Open Mobile Alliance</i>

PDF	<i>Portable Document Format</i> : format de document portable
QR	<i>Quick Response</i> : réponse rapide
RAM	<i>Random Access Memory</i> : mémoire à accès non séquentiel
RDF	<i>Resource Description Framework</i> : cadre de description des ressources
SIM	<i>Subscriber Identity Module</i> : module d'identité de l'abonné
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i> : graphique vectoriel adaptable
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> : protocole de contrôle de transmissions/protocole d'Internet
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i> : identifiant uniforme de ressource
URL	<i>Uniform Resource Locator</i> : localisateur uniforme de ressource
VTP	<i>Versatile Transcoding Proxy</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i> : consortium de la toile d'araignée mondiale
WAP	<i>Wireless Access Protocol</i> : protocole d'accès sans fil
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i> : fidélité sans fil
WML	<i>Wireless Markup Language</i>
WTP	<i>Wireless Transaction Protocol</i> : protocole de transactions sans fil
XHTML	<i>Extensible HyperText Markup Language</i> : langage de balisage hypertexte extensible
XHTML-MP	<i>Extensible HyperText Markup Language Mobile Profile</i> : langage de balisage hypertexte extensible profile mobile
XML	<i>Extensible Markup Language</i> : langage de balisage extensible

## Introduction

«L'usage d'Internet via le mobile dépassera celui du fixe d'ici 2014» a été le grand titre résumant la prédiction audacieuse faite en 2008 par Mary Meeker, analyste chez *Kleiner Perkins Caufield Byers* (KPCB), un cabinet qui examine les tendances technologiques annuellement. Cette prédiction est devenue aujourd'hui réalité. Selon StatCounter [34], l'usage d'Internet via le mobile a déjà dépassé celui du fixe dans plusieurs pays dont l'Inde, l'Afrique du sud, l'Arabie saoudite et d'autres pays d'Afrique comme le Kenya et l'Éthiopie. Et toutes les indications, selon la même firme, laissent supposer que cette tendance devrait se poursuivre. En effet, depuis quelques années déjà, le Web mobile a envahi notre quotidien, depuis le salon jusqu'au bureau en passant par la rue ou le magasin dans lequel nous faisons nos achats. Aujourd'hui, nous utilisons nos gadgets portables non seulement pour communiquer ou acheter des biens en ligne, mais aussi pour réserver des billets, transférer des fonds, ou pour suivre en temps réel la marche de nos affaires.

Mais si le Web mobile offre d'immenses opportunités d'usages pour les utilisateurs, ces derniers veulent accéder aux contenus Web avec leurs appareils mobiles de la même manière que via les ordinateurs de bureau. Toutefois, en raison des différences de ressources entre les ordinateurs de bureau et les appareils mobiles tels que le matériel, les logiciels et le réseau, il est difficile de fournir le même contenu Web conçu pour ordinateurs de bureau aux appareils mobiles.

En effet, malgré que les technologies mobiles n'aient jamais cessé d'évoluer pour offrir continuellement une meilleure performance matérielle et logicielle, les navigateurs mobiles sont toujours soumis à de fortes contraintes de mémoire, de processeur, de vie de batterie et de débit du réseau. De plus, les coûts de chargement des pages peuvent s'élever considérablement selon l'opérateur de télécommunications, le type de contrat et l'endroit depuis lequel l'utilisateur accède au Web (itinérance). Ceci oblige à envisager l'utilisation du Web d'une façon nouvelle, même lorsque les performances des appareils mobiles sont, plus ou moins,

comparables à celle d'un ordinateur de bureau. L'enjeu du Web mobile, dans cette perspective, est de fournir des méthodes et des outils permettant d'adapter le contenu du Web à cet environnement en tenant compte de ses caractéristiques, de ses capacités et de celles des réseaux.

L'adaptation de contenu du Web mobile semble être une solution efficace et intéressante à cette problématique. Elle consiste en la transformation et la personnalisation du contenu afin qu'il soit compatible avec les préférences de l'utilisateur et les contraintes du contexte d'exploitation. Elle est devenue, d'ailleurs, une préoccupation majeure depuis l'avènement du Web mobile [25]. Ainsi, elle a fait l'objet d'importantes études et recherches, et plusieurs techniques ont été développées ([1][7][24][26][31][32][33]). La plupart de ces techniques utilisent des méthodes heuristiques qui analysent le code des pages Web afin d'y appliquer certaines instructions standards dans le but d'optimiser le contenu pour les appareils mobiles. L'inconvénient majeur de ces méthodes est qu'elles «imposent» une adaptation standard sur tous les contenus sans tenir compte non seulement de la spécificité des préférences de chaque utilisateur mais aussi de la spécificité de chaque contenu des pages Web.

En partant du principe : chaque utilisateur est différent et chaque contenu Web est différent, cet essai propose un système de personnalisation du contenu du Web consulté à partir d'un navigateur Web mobile, dans le but d'adapter ces contenus aux préférences spécifiques de chaque utilisateur envers chaque contenu. Les idées à la base du système proposé sont :

- ❖ d'une part, de placer le moteur décisionnel (chargé de filtrer, de transformer et de planifier la personnalisation à mettre en œuvre) sur un proxy (mandataire) situé entre le client (l'utilisateur) et le serveur Web;
- ❖ d'autre part, d'offrir à l'utilisateur des interfaces graphiques lui permettant d'interagir avec le système, que ce soit pour effectuer les modifications désirées sur le contenu des pages Web ou encore pour consulter des pages Web personnalisées;
- ❖ enfin, d'implémenter une base de données qui servira à enregistrer les modifications effectuées par les utilisateurs sur le contenu des pages Web, ces même modifications

qui vont être consultées par le proxy afin de les appliquer sur le contenu provenant du serveur Web avant de le présenter finalement au client dans sa forme personnalisée.

Le présent essai est organisé comme suit : dans le chapitre 1, un peu d'histoire sur les origines du Web mobile est d'abord présenté, ensuite le contexte dans lequel il se situe est sommairement expliqué. Le chapitre 2 décrit la principale problématique rencontrée, les hypothèses à démontrer, ainsi que la démarche de leur validation. Le chapitre 3 résume les travaux de recherche dans ce domaine. Dans le chapitre 4, un système de personnalisation du contenu du Web mobile est proposé avant de décrire par la suite l'implémentation du prototype. Le chapitre 5 est consacré à l'analyse des résultats expérimentaux. Finalement, une conclusion qui résume les thèmes et identifie quelques orientations futures de la recherche est également offerte.

# Chapitre 1

## Mise en contexte

### 1.1. Historique

Depuis les dernières décennies, l'Internet a connu un essor incroyable. Aujourd'hui, on recense plus de 2.7 milliards de personnes connectées à Internet, selon l'*ITU (International Telecommunication Union* , fin 2013). Traditionnellement, l'accès au Web se fait depuis un ordinateur fixe (ordinateur relié à Internet par câble, ligne téléphonique fixe ou fibre optique). Cette technique bien que performante, a pour contrainte de ne pas être mobile. C'est face à ce besoin de mobilité et grâce au développement parallèle du monde de la téléphonie mobile, qu'est née le Web mobile.

L'histoire du Web mobile remonte au milieu des années 1990 lorsque les plus grands fabricants de téléphones mobiles et opérateurs mobiles se regroupent pour mettre en place un lot de technologies permettant à un utilisateur de terminal mobile d'accéder à des services sur Internet. Cet ensemble de technologies fut dénommé WAP, acronyme de *Wireless Access Protocol* (protocole d'accès sans fil), et standardisé via une organisation créée pour l'occasion en 1997: le WAP Forum. Le principal objectif de cette organisation était de réunir les diverses technologies utilisées et les remplacer par un protocole standardisé. L'importance de ceci était d'éviter, dans un marché devenant trop fragmenté, que chaque fabricant développe sa propre technologie spécialisée. En outre, il permettrait d'éviter le problème de l'incompatibilité entre les utilisateurs.

La version 1.0 du protocole WAP a été publiée en Mai 1998 (une version qui n'a jamais existé sur le marché et qui a été rapidement remplacée par WAP 1.1). Pendant la première moitié de la décennie 2000, les technologies WAP furent déployées sur la majorité des téléphones distribués.



Le WAP était incompatible avec le Web, dans la mesure où il utilisait un langage de balise (WML, *Wireless Markup Language* qui est une version XML conçue pour les appareils mobiles) différent de HTML, et un protocole (WTP, *Wireless Transaction Protocol*) distinct du protocole du Web HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). Cette incompatibilité de formats et de protocoles n'est pas sans coût puisqu'il n'était pas possible d'accéder au contenu des pages Web existantes depuis un «navigateur WAP» d'un téléphone mobile et, de façon similaire, un navigateur Web n'était pas en mesure de lire un «site WAP» (à l'exception du navigateur Opera). Finalement, et malgré un démarrage flamboyant et motivé, l'utilisation du WAP n'a pas réellement décollé.

En juin 2002, le WAP forum fut intégré à un organisme de standardisation qui développe des standards ouverts pour l'industrie des téléphones mobiles appelé OMA (*Open Mobile Alliance*), et les technologies WAP migrèrent vers les technologies Web traditionnelles: le WAP 2.0.

Le WAP 2.0 est la dernière version entérinée par l'OMA en 2002. Les premiers téléphones mobiles WAP 2.0 sont apparus en 2002, et presque tous les appareils sur le marché actuellement sont compatibles WAP 2.0 (à quelques exceptions près au cours des dernières années). Cette version est plus proche des standards du Web traditionnel que la version précédente et permet la communication HTTP entre l'appareil mobile et le serveur. La passerelle du WAP agit à titre d'un Proxy dans le réseau de l'opérateur. En effet, le WAP 2.0 marque l'abandon de WML au profit de XHTML. Étonnamment, après la sortie de cette nouvelle version, l'usage du mot «WAP» a été abandonné et l'expression «Web mobile» a commencé à être utilisée. Donc, si on parle aujourd'hui d'un «site WAP», cela veut dire qu'on se réfère plutôt à un site WAP 1.1. De nombreux sites ont continué à utiliser le sous domaine WAP pour les sites Web mobiles, tandis que d'autres commencèrent à utiliser la nouvelle norme pour la publication de sites Web mobiles, le sous domaine m («M» pour mobile). Par exemple, aujourd'hui, on peut accéder au site Web mobile de Google en utilisant l'url : <http://m.google.com>.

## **Le Web mobile aujourd'hui en chiffre**

Le Web mobile progresse très rapidement, c'est ce que confirment les dernières statistiques (janvier 2014) des analystes de la firme eMarketer, l'un des leaders mondiaux de l'analyse des statistiques et des tendances, entre autres, de l'évolution des technologies mobiles. En effet, eMarketer estime que 73,4 % des utilisateurs d'Internet en 2013 y ont accédé à partir d'un appareil mobile. Ce chiffre devrait passer à 79,1 % en 2014 et atteindre 90,1 % en 2017. Cela ne veut pas dire qu'ils utiliseront tous exclusivement un appareil mobile pour accéder au Web (mais beaucoup seront mobiles uniquement). Aussi, cela ne signifie pas qu'ils sont tous de grands utilisateurs (eMarketer compte toute personne qui utilise un navigateur mobile ou une application mobile pour accéder au Web au moins une fois par mois).

En 2013, 44,1 % des utilisateurs de téléphonie mobile vont utiliser le Web mobile au moins une fois par mois. En 2014, cette proportion passera à 48,9 %, soit près de la moitié des utilisateurs de téléphones mobiles, et atteindra 57,8 % en 2017.

Mettons cela en chiffres plutôt que des pourcentages : il y a 6,84 milliards d'abonnés mobiles dans le monde, selon l'*ITU (International Telecommunications Union)* (Février 2013). Cela signifie qu'il y avait dans le monde 3 milliards d'utilisateurs de mobile sur le Web en 2013, et qu'il y en aura beaucoup plus en 2014. Notons que, le nombre d'abonnés mobiles se réfère au nombre de cartes SIM utilisées, et non pas au nombre de personnes utilisant un appareil mobile; certaines personnes ont deux comptes mobiles en fonction simultanément, pouvant être sur deux téléphones mobiles différents ou sur le même téléphone (double SIM). Selon un rapport réalisé par *Nielsen research* en 2013 sur les consommateurs des services mobiles, plus de la moitié des abonnés mobiles en Russie (51 %) possèdent deux appareils mobiles ou plus.

### **1.2. Spécificités du Web mobile**

#### **1.2.1. Qu'est ce que le Web mobile?**

Le Web mobile n'est pas un Web différent du Web conventionnellement accessible via un ordinateur de bureau ou portable. En effet, le Web mobile, aussi communément appelé le Web sans fil ou Internet mobile, est tout simplement un terme donné à Internet lorsqu'on y accède à partir d'un appareil mobile comme un téléphone intelligent ou une tablette. C'est essentiellement la même Internet mais qui offre une expérience du Web différente, du fait de considérations à la fois matérielles et contextuelles.

Le Web mobile s'installe donc en complément de l'Internet fixe, afin de couvrir le domaine du mobile. En effet, lorsqu'un utilisateur accède au site Web de Google en utilisant un appareil mobile, il n'accède pas à la même version de Google que celle rendue en tapant Google.com dans le navigateur d'un ordinateur portable, car le navigateur Web mobile détectera que l'utilisateur navigue depuis un appareil mobile, et donnera, par conséquent, la priorité aux sites Web adaptés au mobile pour rendre ses résultats. Mais cela ne signifie pas que les autres sites ne seront pas traités aussi par un navigateur Web mobile.

Alors s'il n'y a qu'un seul Web, il convient, néanmoins, de préciser que le monde du Web mobile a ses propres spécificités qui seront explorées dans la suite de ce chapitre.

### **1.2.2. Réseaux mobiles**

Les réseaux mobiles ont connu un développement important depuis l'introduction des premiers réseaux cellulaires automatiques dans les années 1980. Le terme «Internet mobile» est apparu autour de 2000, lorsque la technologie GPRS a été déployée sur les réseaux GSM. Actuellement, l'Internet mobile offre des vitesses inégalées et une utilisation plus efficace de la capacité du réseau.

Le tableau ci-dessous présente un bref historique retraçant l'évolution des technologies et des réseaux de téléphonie mobile de la première à la quatrième génération (4G):

<b>1G</b>		<b>Année</b> 1991 <b>Standard</b> AMPS, TACS <b>Débit</b> - <b>Usages</b> -
<b>2G</b>		<b>Année</b> 1991 <b>Standard</b> GSM, GPRS, EDGE <b>Débit</b>  <b>&lt; 80-100 kbit/s</b> <b>Usages</b> SMS, MMS
<b>3G</b>		<b>Année</b> 2001 <b>Standard</b> UMTS/HSPA <b>Débit</b>  <b>&gt; 2Mbit/s</b> <b>Usages</b> SMS, MMS, Internet, TV mobile, vidéo
<b>4G</b>		<b>Année</b> 2010 <b>Standard</b> LTE, LTE Advanced <b>Débit</b>  <b>10 à 100 Mbit</b> <b>Usages</b> SMS, MMS, Internet, vidéo TV mobile, jeux, cloud (1 heure de vidéo HD téléchargée en 6 minutes)

**Figure 1.1 Réseaux mobiles de la 1re génération à la 4e génération**

Source : Adaptation d'une image de la Commission Européenne [23]

Aujourd'hui, les nouvelles générations offrent des bandes passantes de plusieurs mégabits par seconde aux utilisateurs individuels. Cependant, la demande de la bande passante ne cesse d'augmenter en raison de l'augmentation du trafic mobile et de la consommation des applications nécessitant un fort débit telles que la diffusion de vidéos. Ainsi, pour faire face à cette croissance explosive et continue de cette demande, les fabricants et les opérateurs de

réseaux mobiles doivent trouver des moyens pour augmenter en permanence la capacité et la performance de leurs technologies tout en réduisant les coûts.

### **1.2.3. Terminaux mobiles**

Tel que vu précédemment, le Web mobile est, par définition, le Web utilisé depuis un terminal mobile, par contre, tout terminal mobile ne peut accéder au Web. En effet, il existe plusieurs catégories de terminaux mobiles. Mais pour les fins de ce document, un terminal mobile a au moins les caractéristiques suivantes :

- **Portable:** être en mesure d'être transporté partout sans difficulté et sans avoir recours à une prise électrique.
- **Personnel:** Un terminal mobile est censé appartenir à une seule personne. Il n'est pas courant, par exemple, qu'un même téléphone intelligent soit partagé entre plusieurs personnes. Les informations et les paramètres qui s'y retrouvent, notamment, sont personnels à la personne à qui appartient l'appareil.
- **Facile à utiliser:** Un terminal mobile doit être rapide et facile à utiliser, contrairement à l'ordinateur, par exemple, qui prend du temps pour charger le système d'exploitation lors du démarrage. Aussi, l'utilisateur devrait être assis pour pouvoir utiliser un ordinateur, alors qu'un terminal mobile peut être utilisé en position debout ou en mouvement.
- **Connecté:** Un terminal mobile doit être capable de se connecter à Internet lorsque l'utilisateur en a besoin.

Cette liste de critères n'est ni définitive, ni exhaustive pour déterminer ce qui fait d'un appareil un terminal mobile. Toutes les catégories de terminaux mobiles ne seront pas abordées dans ce document, mais seulement ceux qui peuvent être porteurs de l'expérience du Web mobile. Donc, les principaux terminaux mobiles auxquels cette étude fait référence sont les téléphones intelligents et les tablettes.

**Un téléphone intelligent** ou *smartphone* est un téléphone mobile évolué disposant des fonctions d'un assistant numérique personnel et d'un ordinateur portable. Bien qu'il n'y ait pas de définition standard du terme «*smartphone*» dans l'industrie, un *smartphone*, tel que défini aujourd'hui, devrait disposer d'un système d'exploitation multitâche, d'un navigateur Web complet, d'un lecteur de musique, d'une connexion à Internet sans fil (Wi-Fi) et d'une connexion 3G/4G, en plus de plusieurs des caractéristiques suivantes: la géolocalisation, la boussole, l'appareil photo/vidéo, le *bluetooth*, un écran tactile, l'accéléromètre, le gyroscope, le dictaphone/magnétophone. La technologie des *smartphones* est en constante évolution, ainsi, ce qui constitue un *smartphone* aujourd'hui peut changer la semaine prochaine, le mois prochain, ou l'année prochaine.

**Une tablette** est un appareil ultraplat qui n'entre habituellement pas dans une poche et qui dispose d'un écran tactile avec une taille allant de 7 à 11 pouces. Parfois, elle utilise un système d'exploitation mobile (tel que iOS), et parfois elle utilise une version tactile optimisée d'un système d'exploitation de bureau (tel que Windows pour les tablettes à la place de Windows Phone). Elle permet d'accéder à des contenus multimédias tels que la télévision, la navigation sur le Web, la consultation et l'envoi de courrier électronique, l'agenda, le calendrier et la bureautique simple. Et il est possible d'y installer des applications supplémentaires depuis un magasin d'applications en ligne. Les tablettes peuvent se connecter à un réseau sans fil grâce à la technologie Wi-Fi. De nombreux modèles peuvent aussi se connecter directement à l'Internet via un réseau de téléphonie cellulaire 3G ou 4G.

Pour mieux comprendre ce qui distingue l'expérience utilisateur sur les terminaux mobiles, les avantages et les inconvénients que la plate-forme mobile apporte à l'usage du Web seront étudiés.

#### **1.2.4. Avantages du Web mobile**

En observant les chiffres du développement du Web mobile présentés précédemment, on comprend rapidement qu'il ne s'agit pas juste d'un effet de mode. Loin de là, la pénétration

rapide et spectaculaire de cette technologie prouve qu'il s'agit bien d'une révolution en marche qui augure d'un futur prometteur. En effet, le mobile devient un canal privilégié d'accès à Internet grâce aux nombreux avantages qu'il offre aux utilisateurs. Certains de ces avantages sont :

**Disponibilité :** Le Web mobile permet l'accès à Internet, à tout moment et partout où il y a une couverture de téléphonie cellulaire. Cela permet, entre autres, de rester à jour et d'obtenir de l'information en temps réel.

**Accessibilité :** Le fait que l'Internet mobile fonctionne avec le même signal que le réseau d'un téléphone cellulaire signifie que le service va beaucoup plus loin que celui de la connexion DSL standard dans les maisons. De nombreuses zones rurales ne disposent pas encore de l'accès à Internet haute vitesse à la maison, mais beaucoup de ces mêmes régions disposent d'un service de téléphonie cellulaire fiable. Dans ce cas, l'Internet mobile est le seul moyen d'obtenir une connexion haute vitesse à la maison. Selon un rapport publié en 2013 par InMobi, 50 % de la moyenne des utilisateurs du Web mobile dans le monde utilisent maintenant leur appareil mobile comme moyen principal ou exclusif pour se connecter en ligne.

**Personnalisation :** Les appareils mobiles sont typiquement d'usage personnel, contrairement aux ordinateurs qui peuvent être utilisés par plusieurs personnes. Selon une étude réalisée par Google en fin 2013, 80 % des canadiens ne quittent pas la maison sans leurs téléphones intelligents. Le Web mobile profite de cette caractéristique pour offrir à l'utilisateur une expérience utilisateur personnalisée. En effet, les services du Web mobile peuvent personnaliser l'information pour l'utilisateur en fonction, entre autres, de sa localisation, la tâche réalisée en cours ou son profil.

**Innovations matérielles et logicielles :** Les terminaux mobiles offrent de nombreuses opportunités matérielles et logicielles aux utilisateurs, dans un domaine qui ne cesse d'évoluer. Voici une liste qui n'est pas forcément exhaustive mais permet de mieux comprendre ces opportunités :

- **Écran tactile** : Les terminaux mobiles contiennent des écrans tactiles qui offrent une nouvelle forme d'interaction qui enrichit l'expérience utilisateur. Facile à maîtriser, l'écran tactile offre une véritable aisance dans l'utilisation de l'appareil, et un apprentissage plus rapide.
- **Services de positionnement** : De nombreux téléphones intelligents ont également un GPS (*Global Positioning System*) intégré, qui utilise des satellites pour localiser l'utilisateur et fournir des informations en fonction de son emplacement. Cela signifie que l'information que l'utilisateur obtient en utilisant l'Internet mobile peut être personnalisée et est donc plus utile, comme par exemple, obtenir un itinéraire pour une destination donnée en partant des informations de son positionnement ou encore trouver le restaurant le plus proche.
- **Appareil photo/vidéo** : La majorité des nouveaux terminaux mobiles ont un appareil photo/vidéo. Ce dispositif permet de capturer des photos ou vidéos à tout moment et de les partager presque instantanément via une infrastructure de partage intégrée. Mais au-delà de son usage habituel, la caméra du téléphone mobile offre un moyen naturel de détecter des objets dans les environs immédiats de l'utilisateur. Elle devient un dispositif d'interaction, qui sert de «pont» entre le monde physique et le monde virtuel. Un exemple commercialement réussi est l'utilisation de codes QR attachés à des objets physiques. Les codes QR peuvent être détectés par le téléphone à l'aide de son appareil photo et fournir un lien en fonction du contenu numérique connexe, généralement une URL.
- **Applications mobiles** : Il s'agit d'un logiciel applicatif conçu pour être installé sur les terminaux mobiles et qui combine la polyvalence du Web avec les fonctionnalités de l'écran tactile. L'évolution du nombre de téléchargement d'applications mobiles est impressionnante et témoigne de leur prolifération et de leur popularité qui ne cessent d'augmenter. En 2012, 64 milliards de téléchargements avaient été réalisés. Gartner estime que le nombre passera à 180 milliards en 2015, 225 milliards en 2016 et près de 269 milliards en 2017.



- **Widgets mobiles** : Juxtaposition des mots *window* et *gadget*, ils se rapprochent des applications citées précédemment, comme par exemple les widgets Météo et Bourse de l'iPhone. À la différence des applications «propriétaires» (c'est à dire conçues par ou pour le fabricant et ne fonctionnant que sur ses appareils), certains widgets peuvent être universels et s'installer sur n'importe quel mobile (avec une applet Java par exemple). L'omniprésence croissante des widgets est facile à comprendre; non seulement ils sont faciles à utiliser, mais aussi leur flexibilité maximise l'espace de l'écran, notamment, dans un petit appareil où la gestion de l'interface représente un défi.

### 1.2.5. Contraintes du Web mobile

Bien que l'accès à Internet mobile offre un potentiel important pour plusieurs, il présente de nombreuses limitations qui peuvent nuire à l'expérience utilisateur, et qui peuvent varier d'une plateforme à l'autre. Cependant, les nouveaux appareils et navigateurs mobiles essaient sans cesse de surmonter ces restrictions. Certaines de ces limitations sont les suivantes :

- **Taille de l'écran** : Les écrans des terminaux mobiles sont loin d'être les mieux appropriés pour la navigation Web ou même pour regarder des vidéos en ligne en raison de leur petite taille. En effet, les textes des sites Web apparaissent beaucoup plus petits que lors de la navigation dans les ordinateurs. La fonctionnalité du zoom permet d'agrandir le texte d'un site Web, toutefois elle a l'inconvénient d'avoir à faire défiler la page vers le haut, le bas, la droite ou la gauche pour afficher la totalité du contenu. En outre, taper sur un petit clavier tactile est un exercice lent et il est plus sujet à des erreurs typographiques. Également, le fait que les utilisateurs utilisent leurs doigts pour cliquer sur les liens et les boutons sur l'écran, diminue considérablement la précision des clics; Ceci est également connu comme le "*fat finger problem*" (problème du gros doigt).
- **Batterie** : Selon une étude, établie par ACSI (*American Customer Satisfaction Index*) aux États-Unis en 2013 [11], portant sur la satisfaction de la clientèle pour ce qui est

du service d'Internet mobile, la vie de la batterie des téléphones intelligents est l'aspect le moins satisfaisant auprès des consommateurs avec une note moyenne de 7,2 sur 10. Alors que les composants des nouveaux téléphones intelligents sont en constante évolution: processeurs plus rapides, capacité de stockage plus grande et écrans plus grands, à cela s'ajoute, la bande passante des réseaux mobiles qui est passée de kilobits par seconde à des mégabits par seconde en seulement quelques années. Le développement des batteries n'a pas suivi de près cette évolution rapide du développement de la technologie du matériel. En effet, des processeurs plus rapides et des écrans plus larges consomment plus d'énergie de la batterie; Selon la même étude, la satisfaction de la performance de la batterie des utilisateurs 4G est considéré beaucoup plus faible que celle des utilisateurs de téléphones intelligents 3G.

- **Puissance du processeur** : Un autre défi est la puissance des processeurs des appareils mobiles. Outre le fait que l'usage intensif de ceux-ci a un effet délétère rapide sur la durée de vie de la batterie, ces composants sont moins puissants que ceux disponibles sur les ordinateurs. À la fin d'octobre 2013, Google a présenté son dernier téléphone intelligent : le Nexus 5. En analysant les spécifications techniques de cet appareil, il est impressionnant de voir qu'il a un processeur de 2,26 GHz, semblable à la vitesse de nombreux ordinateurs portables de milieu de gamme. Toutefois, malgré cette impressionnante vitesse annoncée, les processeurs mobiles restent moins puissants que les processeurs d'ordinateurs de bureau ou portables, principalement à cause des deux différences suivantes : premièrement, lorsque les processeurs fonctionnent, ils produisent de la chaleur. Étant donné que les terminaux mobiles sont beaucoup plus petits que les ordinateurs, la chaleur générée par un processeur mobile est souvent amplifiée et peut sérieusement endommager les composants, ou même les faire fondre. Par conséquent, les concepteurs des terminaux mobiles préviennent ce risque en limitant la vitesse à laquelle un processeur mobile peut fonctionner. Cela signifie que si un processeur devient chaud, il va limiter sa vitesse, ce qui équivaut à une baisse de performance. En raison de cette limitation, les processeurs mobiles fonctionnent plus lentement que la vitesse annoncée, qui ne représente en fait que la vitesse

maximale, comparée à la vitesse annoncée des processeurs des ordinateurs qui représente généralement leur vitesse moyenne. Deuxièmement, alors que les ordinateurs ont plus d'espace leur permettant de s'adapter avec les composants les plus avancés, les processeurs mobiles sont limités dans ce qu'ils peuvent faire par les autres composants matériels, comme la RAM et le processeur graphique (GPU).

- **Capacité de la mémoire :** Une autre contrainte importante des terminaux mobiles est la capacité limitée en stockage et surtout en mémoire vive (RAM). Au moment où les ordinateurs portables et de bureau ont tendance à avoir beaucoup de gigaoctets de mémoire, les appareils mobiles eux en ont toujours beaucoup moins malgré l'évolution rapide que connaissent les terminaux mobiles. Quand un problème de mémoire est grand, le navigateur Web devient trop lent ou ne répond pas et se bloque finalement, chose qui peut avoir un impact négatif considérable sur l'expérience utilisateur.
- **Bande passante limitée et latence plus élevée:** Bien que la disponibilité des réseaux mobiles à haut débit continue de croître à travers le monde, il est encore loin d'être omniprésent dans le monde entier. Selon l'UTI, seulement 26.6 % de la population mondiale a une connexion mobile haut débit (3G/4G). Les réseaux cellulaires plus avancés se trouvent normalement dans les zones urbaines plus densément peuplées et sur les grands axes de circulation qui les relient, alors que les autres régions ont encore les réseaux plus lents qui fournissent des données à des vitesses comparables à une connexion Internet par ligne commutée.

Cela étant dit, la technologie mobile, que ce soit les composants matériels ou les réseaux mobiles, progresse à un rythme effréné et il est fort probable que cette évolution continue, pour finalement être en mesure de concurrencer plus efficacement l'environnement du Web classique afin d'offrir une expérience semblable à celle offerte par les traditionnels ordinateurs de bureau ou portables.

#### **1.2.6. Contexte d'utilisation du Web mobile**

Au-delà des contraintes qu'un utilisateur pourrait rencontrer lors de la navigation sur le Web depuis un terminal mobile, le contexte d'utilisation sera lui aussi en général très différent du contexte traditionnel de consultation sur un ordinateur. Pour commencer, il y a différents paramètres physiques impliqués. En effet, les terminaux mobiles sont souvent utilisés dans des lieux publics qui pourraient être bruyants, ou à l'extérieur à la lumière du soleil, ce qui affecte la qualité de l'écran, ou dans les transports publics, ce qui diminue les sensations de vibration. Tous ces paramètres influencent la façon dont les utilisateurs perçoivent et interagissent avec leur appareil mobile. En outre, les personnes en déplacement prêtent une attention réduite à l'interaction avec leur téléphone mobile. Leur attention serait plutôt occupée par leur environnement, laissant peu de temps et de concentration pour accomplir les tâches à faire sur leur téléphone. Aussi, la motricité fine de l'utilisateur peut être limitée dans des conditions mobiles, affectant sa précision d'interagir avec son appareil. En plus des influences physiques et des capacités limitées des utilisateurs, il y a aussi des critères sociaux qui peuvent affecter l'interaction avec les appareils mobiles, tels que être seul ou en présence d'autres personnes, être dans une conférence, dans une salle de cinéma ou encore dans un dîner de famille.

D'autre part, vu que les appareils mobiles sont généralement toujours allumés et prêts à l'emploi, ceci permet d'accéder instantanément à l'Internet à tout moment. Les utilisateurs ont pris l'habitude d'accéder immédiatement à l'information requise, chose qui n'affecte pas seulement leurs attentes envers les sites Web mobiles, mais aussi limite leur patience pour trouver ce qu'ils cherchent. Ce comportement d'immédiateté est remarqué tout particulièrement dans l'impact de l'utilisation des téléphones intelligents sur la façon de magasiner des utilisateurs mobiles. En effet, selon la firme JiWire (T2, 2013), 80 % des utilisateurs de téléphones intelligents utilisent leurs téléphones au moment où ils font des achats en magasin: 59 % parmi eux font la comparaison des produits, 48 % utilisent ou cherchent des coupons, 47 % recherchent des avis sur les produits, 29 % obtiennent des informations additionnelles, 25 % consultent l'avis d'un ami et 23 % achètent en ligne au lieu d'acheter du magasin.

## Chapitre 2

### Problématique

La technologie mobile ne cesse d'évoluer à un rythme effréné. Notamment, en termes de puissance des appareils et de performance des réseaux mobiles. Mais, au delà de cette évolution impressionnante, les différentes caractéristiques matérielles (écran, réseau, processeur) du terminal mobile présentent encore des difficultés et des obstacles à la mise en place d'une expérience utilisateur de navigation Web agréable, tel que évoqué au chapitre précédent. Cela amène à se demander: qu'est ce qui influence la réussite d'une bonne expérience utilisateur de navigation Web mobile? L'étude de cette question est le but du présent chapitre.

#### 2.1. Description

Les internautes mobiles s'attendent à ce que l'expérience de navigation soit comparable à celle qu'ils ont sur leurs ordinateurs de bureau ou portables. Cependant, plusieurs éléments font que l'expérience utilisateur sur les appareils mobiles soit moins bonne. Selon l'étude, intitulée «*What Users Want from Mobile*», réalisée en 2011 par *Compuware Corporation*, le leader de la performance IT, les attentes des utilisateurs mobiles ne sont pas satisfaites [18]. En effet, la majorité d'entre eux s'attend à pouvoir exécuter des transactions rapides et fiables à tout moment, or le retour d'expérience est différent dans la réalité. Les performances mobiles leurs semblent médiocres ou peu fiables. Selon cette étude, les problèmes les plus communs rencontrés par les utilisateurs interrogés lors de la navigation mobile sont comme suit : «temps de chargement long» 38 %, ensuite «pages qui plantent ou affichent une erreur» provoquant l'arrêt du navigateur 18 %, suivi de près par «la mise en forme rend plus difficile la lecture et l'utilisation de la page» 15 %.

Afin de mieux cerner le problème et définir sa provenance, certains éléments qui affectent le bon fonctionnement du navigateur mobile, la vitesse de chargement et la mise en forme du contenu Web sur les appareils mobiles seront analysés dans les paragraphes suivants.

### **2.1.1. Performance des réseaux mobiles**

Alors que le taux de pénétration des technologies mobiles au niveau mondial atteint 94 % en 2014, les ventes d'appareils et donc les abonnements vont encore augmenter d'ici 2020. C'est ce que révèle un rapport d'Ericsson sur l'état de la mobilité au niveau mondial en 2014 qui donne les prévisions des tendances pour les années à venir. En effet, le nombre d'abonnements mobiles devrait passer de 6,8 à 9,2 milliards en 2019, dont 80 % seront des abonnements haut débit, contre seulement 30 % aujourd'hui. Or, on remarque conjointement à cette croissance, une corrélation entre l'extension du réseau LTE et la consommation de contenu Web sur mobile. Le LTE, qui correspond à la 4G, permet le chargement rapide de contenus lourds comme le vidéo, tandis que la quantité de contenu Web disponible en ligne ne cesse d'augmenter. Bref, malgré une amélioration constante de la technologie, les opérateurs peinent à répondre à la demande.

#### **Un monde affamé de bande passante: «*bandwidth hogging*»**

Au regard de l'évolution en quelques années et dernièrement l'augmentation de 65 % en un an de l'utilisation des données cellulaires, les analystes estiment qu'elles devraient prendre dix fois plus d'importance dans les six années à venir, selon un rapport publié par Ericsson en 2014. Cette prévision de hausse semble confirmée par l'augmentation de 60 % du trafic de données cellulaires en un an, entre Q2 2013 et Q2 2014.

Cette consommation massive et continuellement croissante des données mobiles a pour effet de surcharger les réseaux et par conséquent, réduire la vitesse de la bande passante et donc la performance des réseaux mobiles diminue. Il s'agit d'une équation simple : plus le nombre d'octets nécessaires pour afficher une page Web est grand, plus la bande passante consommée

est grande et plus le confort de l'utilisateur lors de la navigation sur son appareil mobile sera dégradé. Face à ce genre de situation, l'utilisateur a comme premier réflexe de rafraîchir la page Web, chose qui ne fait qu'aggraver la congestion des réseaux. Autrement dit, les connexions Internet mobiles ne sont pas conçues pour gérer la taille énorme des sites qui sont créés pour un ordinateur portable ou de bureau.

L'augmentation du trafic des données mobiles représente un défi important pour les opérateurs mobiles qui ne parviennent pas à faire croître et étendre leurs réseaux de manière proportionnelle à l'augmentation simultanée de la consommation globale et individuelle. À l'heure actuelle, les opérateurs gèrent l'augmentation de la demande de débit principalement par des outils dissuasifs : plus on consomme plus on paye.

Bien que l'apparition des forfaits illimités d'Internet mobile ces dernières années semblait être la solution idéale pour les utilisateurs qui veulent avoir accès à Internet sans restriction, presque tous les forfaits illimités n'ont d'illimité que le nom, et les utilisateurs qui dépassent un certain seuil de consommation seront pénalisés, soit par des coûts supplémentaires, soit par un blocage ou une réduction temporaire de leur débit disponible. Cette dernière méthode se nomme «limitation de bande passante» (*bandwidth throttling*) ou «utilisation loyale» (*fair use*). Ce terme désigne une politique mise en place par les opérateurs afin de mieux gérer le trafic de données sur leurs réseaux. Elle consiste à diminuer le débit des utilisateurs qui consomment une quantité très élevée de la bande passante. Concrètement, au-delà d'un certain seuil de données échangées, l'accès à l'Internet est dégradé. Plus précisément, si la quantité de données reçues et envoyées avec le réseau dépasse un palier, généralement compris entre 200 Mo et quelques gigaoctets, la vitesse à laquelle l'utilisateur peut échanger les données supplémentaires est réduite : on parle de bridage du débit. Le débit maximal est rétabli à la date de facturation suivante.

### **2.1.2. Performance des terminaux mobiles**

#### **La contrainte d'énergie**

L'utilisation des appareils mobiles est fortement limitée par la durée de vie de leurs batteries, ces dernières qui sont soumises aux contraintes de taille et de poids du terminal. De plus, l'énergie est l'une des principales ressources qui lorsqu'elle est épuisée, rend toutes les applications de l'appareil mobile inopérantes, y compris le navigateur Web. L'utilisateur peut trouver frustrant si la batterie s'épuise pendant la navigation et pourrait aussi perdre certaines données en cours. Finalement, la question que se pose un utilisateur lorsqu'il exécute une application mobile est : «Combien de temps puis-je utiliser mon téléphone en exécutant cette application ?». L'optimisation de la consommation d'énergie de millions d'applications pour les appareils mobiles est donc d'une importance critique.

Beaucoup de sites populaires fournissent une version mobile optimisée pour écran de petite taille. Par contre, du fait de la méconnaissance de la consommation d'énergie par le navigateur Web mobile, le code et le contenu de nombreux sites ne sont pas optimisés pour l'environnement mobile et obligent le navigateur à utiliser plus de puissance que nécessaire. En particulier, les contenus Web dynamiques comme JavaScript et Flash qui sont largement utilisés dans de nombreux sites malgré que leur exécution soit très consommatrice de temps et d'énergie. Par exemple, simplement en optimisant le code Javascript de la page Wikipédia pour mobile, une économie d'énergie de 29 % peut être réalisée [15]. Bref, la contrainte de l'énergie des appareils mobiles a un impact négatif sur l'expérience utilisateur. Elle est donc devenue l'un des défis importants que l'informatique mobile doit relever afin de supporter efficacement les applications multimédia dans ces appareils mobiles à capacité limitée de la batterie [16] .

## **Le processeur**

L'évolution de la technologie mobile est indéniable et les appareils mobiles se révèlent de plus en plus puissants, notamment en termes de vitesse et de miniaturisation des puces électroniques dont le processeur qui représente le cerveau de l'appareil. En effet les processeurs des terminaux mobiles hauts de gamme disposent aujourd'hui de vitesses



comparables à celles de certains ordinateurs actuels. Toutefois, la vitesse du processeur annoncée en GHz n'est pas le seul facteur responsable de sa performance. L'efficacité énergétique et la production de la chaleur représentent également des obstacles majeurs à la puissance de calcul des processeurs des appareils mobiles, vu que le processeur limite la vitesse à laquelle il peut fonctionner en alternance à cause du surchauffement généré par celui-ci.

Dans le cadre du Web mobile, ces limitations de vitesses se font principalement ressentir lors du chargement de pages trop volumineuses, notamment celles qui utilisent des scripts JavaScript complexes, des vidéo ou des animations Flash et SVG (*Scalable Vector Graphics*).

Pour surmonter ces limitations, certains développeurs mobiles adoptent ce qu'on appelle l'approche du «plus petit dénominateur commun» pour la conception des pages et évitent tout simplement l'utilisation des fonctions qui pourraient être difficile pour la plupart des appareils mobiles. Mais malheureusement, les utilisateurs (en particulier ceux qui ont investi dans des terminaux hauts de gamme) ont des attentes élevées, et les développeurs doivent adapter leurs contenus des pages pour satisfaire la demande des différents utilisateurs.

La principale faiblesse induite par l'usage du processeur sur les terminaux mobile reste, cependant, son impact sur la durée de vie de leurs batteries.

## **La mémoire**

Outre un microprocesseur plus lent, les appareils mobiles ont généralement aussi une capacité en mémoire vive plus limitée que les ordinateurs. Cette limite dépend des appareils : à titre d'exemple dans le haut de gamme, l'iPhone 6, sorti en fin 2014, dispose de 1Go de RAM, Samsung Galaxy S5 place la barre encore plus haut avec 3Go. Au moment où la plupart des ordinateurs actuels disposent de 8Go allant jusqu'à 16Go de RAM. Les terminaux mobiles plus anciens ou de moindre gamme disposent de nettement moins de mémoire.

Lorsqu'un téléphone mobile commence à ralentir, bloquant ainsi l'ouverture ou le bon fonctionnement d'une application, ceci est souvent dû à une saturation de la mémoire. Au fur et à mesure que l'utilisateur télécharge, exécute ou met à jour des applications, le téléphone «se fatigue» et son utilisation devient de moins en moins fluide. Chaque application téléchargée génère des tâches de fond qui ne font que tourner et consommer inutilement de la mémoire vive. Et comme toutes ces applications, le navigateur également nécessite une certaine quantité de mémoire pour s'exécuter efficacement. Chaque page Web affichée est tout d'abord téléchargée en mémoire, puis enregistrée dans des fichiers temporaires sur le disque. Certaines activités associées au rendu des pages Web demandent beaucoup de calculs, par exemple la redistribution (*reflowing*) des pages, la mise en place des tableaux, le traitement de feuilles de style inutilement longues et complexes, ou la manipulation d'un balisage invalide.

Du fait de la capacité de traitement très limitée des appareils mobiles, l'achèvement du rendu des pages peut prendre un temps très visible, notamment les pages ayant des contenus lourds comme les images de poids important et qui nécessitent une grande quantité de mémoire. En plus d'introduire un délai visible, une mémoire saturée peut se traduire également par un affichage incomplet et causer d'autres problèmes comme la fermeture sans prévenir du navigateur, voire même la perte des données en cours.

## **L'écran**

Les différents terminaux mobiles ont en commun de posséder un écran de taille nettement plus petite que les écrans d'ordinateurs, condition à l'heure actuelle à peu près indispensable pour s'assurer de leur portabilité. La conséquence directe de cette caractéristique est bien sûr qu'un site Web conçu pour être consulté confortablement sur un grand écran d'ordinateur sera probablement inadapté à une lecture confortable sur les petits écrans des terminaux mobiles. En effet, les écrans des ordinateurs sont suffisamment larges pour contenir un contenu très riche et complexe sans que cela soit inacceptable par les utilisateurs. Or, ce n'est pas le cas dans le monde mobile. Il n'y a pas de place sur l'écran pour afficher beaucoup de contenu et

l'expérience utilisateur se dégrade très vite sur un terminal aux capacités d'interaction limitées. Il faut alors aller à l'essentiel. C'est la seule façon de gagner la confiance de l'utilisateur.

Une autre conséquence d'un écran plus petit est qu'une bonne partie du contenu de la page sera «en dessous du pli», obligeant les utilisateurs à faire défiler le contenu de la page le plus souvent. En d'autres termes, un petit écran signifie que l'utilisateur peut voir beaucoup moins d'informations à la fois.

Donc, pour résumer, les problèmes suivants sont retenus :

- La consommation massive de données limite la vitesse de chargement des pages dans un réseau mobile;
- Le contenu des sites Web peut accroître la consommation de l'énergie de l'appareil;
- L'impact des contenus trop lourds ou trop volumineux sur le processeur se traduit par des délais supplémentaires de traitements ainsi qu'une consommation accrue de l'énergie;
- Des contenus trop lourds ou trop volumineux peuvent provoquer aussi la saturation de la mémoire et ceci se traduit, notamment, par des délais supplémentaires;
- Les écrans mobiles de petite taille sont inappropriés pour afficher des contenus volumineux.

Les points présentés ci-dessus révèlent que le contenu des pages Web peut avoir un impact considérable sur l'expérience utilisateur de la navigation, et plus précisément, sur le temps de chargement des pages, ainsi que sur la consommation énergétique de l'appareil mobile.

Étant donné que la plupart des pages Web existantes sont conçues principalement pour une navigation sur des ordinateurs ou sont en version mobile mais mal optimisées pour cet environnement, la problématique principale de ce travail de recherche concerne donc l'inadaptation des contenus Web pour être consultés sur les appareils mobiles à capacités limitées. Dans ce contexte, le questionnement principal peut s'exprimer ainsi : Comment adapter le contenu du Web afin de surmonter les limitations de la navigation Web mobile dans

le but d'économiser le temps de chargement et l'énergie de la batterie et ainsi améliorer l'expérience utilisateur des navigateurs mobiles?

## **2.2. Objectif et hypothèses**

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour amener des éléments de réponse à la question de recherche :

Une première hypothèse vise à étudier la possibilité d'adapter le contenu du Web sur les appareils mobiles dans le but de réduire la consommation massive des données mobiles qui provoque la congestion des réseaux impliquant ainsi un temps de chargement de contenu Web plus long. L'hypothèse est faite selon laquelle, si chaque utilisateur réduirait sa consommation individuelle des données mobiles en ne chargeant que le contenu Web qui l'intéresse, ceci va réduire ainsi la consommation massive des données, et par conséquent, améliorer la vitesse de chargement du contenu Web pendant la navigation mobile.

Une seconde hypothèse a pour objectif de répondre à la question : comment peut-on adapter le contenu du Web de manière à diminuer l'impact des capacités matérielles limitées des appareils mobiles sur la performance et le bon fonctionnement des navigateurs mobiles? On fait ici l'hypothèse que, la filtration des contenus provenant du Web, notamment ceux qui sont lourds et volumineux, contribuerait à l'économie de l'utilisation de la mémoire, du processeur et de la batterie des appareils mobiles. Chose qui se traduirait par un accomplissement des tâches de navigation par les utilisateurs dans de meilleurs délais. Le but de cette filtration étant d'enlever tout contenu non désiré par l'utilisateur avant de l'envoyer au client.

Enfin, une troisième hypothèse vise à aborder l'adaptation du contenu Web dans le but de mieux gérer l'espace restreint des petits écrans des appareils mobiles. L'hypothèse faite ici est que la réorganisation des éléments des pages Web selon, par exemple, leur ordre d'importance auprès des utilisateurs du Web mobiles permettrait de diminuer l'inconfort causé par le fait de

parcourir une grande page sur un petit écran et contribuerait ainsi à l'augmentation de la satisfaction des utilisateurs mobiles.

De manière générale, on peut dire que l'adaptation du contenu pour ces appareils à ressources limitées est d'une importance capitale. C'est principalement cet aspect qui sert de fil conducteur à ce travail de recherche. Il s'agit donc de proposer une méthodologie et des outils permettant d'adapter le contenu afin de surmonter ces limitations, qui font partie intégrante du Web mobile, dans le but d'améliorer l'expérience utilisateur sur les appareils mobiles.

### **2.3. Démarche de validation**

Pour évaluer l'efficacité du système présenté dans cet essai, deux approches peuvent être suivies. L'évaluation subjective, et l'évaluation objective.

L'évaluation subjective fait appel à des observateurs qui effectuent un jugement de la qualité de l'expérience utilisateur du système proposé. Une fois que les résultats de l'évaluation sont recueillis, ils sont analysés grâce à des outils statistiques. Le but de cette évaluation est de mesurer la satisfaction des utilisateurs du système.

- **Groupe sondé** : Afin d'augmenter les degrés de validité et de fiabilité de l'évaluation, un groupe représentatif de personnes a été appelé pour remplir les objectifs de cette évaluation. Pour constituer un échantillon représentatif, la population d'intérêt a été tout d'abord déterminé, c'est à dire, le public cible de la solution proposée et des conditions d'éligibilité des participants. Par exemple, l'âge, la fréquence d'utilisation d'Internet mobile ou la non-possession d'un téléphone mobile pourraient être déterminants. Les individus non éligibles sont de facto exclus de l'étude. Ensuite, constituer un échantillon qui représente, dans la mesure du possible, la population d'intérêt de la solution. Cet échantillon composé de dix individus a été choisi selon les données de leurs profils, le but étant d'avoir des participants ayant des profils variés afin de mieux représenter l'utilisateur mobile en général (Voir annexe 3).

- **Pages Web type** : Le choix des pages Web à valider est aussi important que le choix des participants. Cinq pages d'accueil de sites connus et représentatifs du paysage du Web ont été donc choisies. Il s'agit des sites suivants: un site d'informations bien connu (www.cnn.com), un des sites leader en commerce en gros (www.alibaba.com), un site de services de consultation en ligne (www.econsultancy.com), un des sites les plus populaires de suivi de performance d'activités sportives (www.beyondthewhiteboard.com) et enfin un portail bien connu (www.msn.com).
- **Environnement technologique de l'évaluation** : Pour plus de fiabilité de l'évaluation, il est également nécessaire que les essais soient effectués dans les mêmes conditions technologiques, notamment avec le même appareil mobile : le téléphone intelligent Samsung Galaxy S4 utilisant le système d'exploitation Android 4.0 *Ice Cream Sandwich*. Quant à la connexion Internet, la totalité de l'évaluation a été effectuée dans les mêmes conditions d'accès via le réseau sans fil du fournisseur d'accès à Internet Bell et à partir de la même localisation. Dans le but d'obtenir une comparaison fiable des résultats des différents participants, ces derniers ont été invités à effectuer les essais pendant les mêmes jours de la semaine (samedi ou dimanche) et dans la même période de la journée (soir).

L'évaluation objective fournit une mesure quantitative de la qualité. Cette mesure est un écart calculé entre la quantité d'un attribut avant et après l'utilisation de la solution proposée. Deux mesures objectives sont utilisées :

- Temps de chargement: pour évaluer l'impact de l'utilisation de la solution sur le temps de chargement des pages Web, un algorithme pour calculer le temps de chargement de chaque page Web d'essai avec et sans l'application de la solution proposée a été utilisé. La comparaison de ces deux valeurs permettra, en effet, de conclure à l'efficacité de cette solution pour la mesure étudiée. (Voir annexe 5)
- Consommation d'énergie: pour évaluer l'efficacité de la solution pour économiser la consommation d'énergie par le navigateur afin de charger et afficher une page Web, l'outil «PowerTutor» a été utilisé. C'est un système qui permet de mesurer la

consommation énergétique des applications dans la plateforme d'Android. Les valeurs de la quantité d'énergie consommée estimées par cet outil permet de faire la comparaison entre la consommation d'énergie des pages Web d'essai avant et après l'application de la solution et d'évaluer, ainsi, l'impact du système sur la consommation d'énergie (des copies écran de l'outil «PowerTutor» sont en annexe 4).

#### **2.4. Mots-clés utilisés**

La revue de littérature a permis d'approfondir nos connaissances à propos du sujet de l'essai et de mieux le cerner en explorant ce qui a été déjà fait et proposé dans la littérature. En effet, en effectuant des recherches, c'est très intéressant et enrichissant de voir comment le sujet a été déjà abordé et traité de différentes manières. Les mots-clés qui ont guidé ces recherche ont été, tout d'abord, plutôt génériques, pour devenir par la suite de plus en plus spécifiques.

L'étudié de la problématique a permis de conclure qu'il est pertinent de suivre la piste de l'adaptation du contenu du Web mobile, qui est d'ailleurs la clé des hypothèses présentées. Les concepts clés qui ont été explorés sont : adaptation du contenu Web mobile, personnalisation du contenu Web mobile et transcodage du contenu du Web mobile. Dans un premier temps, ces mots-clés ont été utilisés pour effectuer des recherches sur le Web à l'aide du moteur de recherche Google. Ceci a permis de dégager une liste d'intéressants ouvrages, articles de revues scientifiques et études académiques traitants de ces sujets. La consultation de ces écrits a permis de découvrir plusieurs méthodes et techniques pour optimiser le rendu et l'affichage du contenu du Web sur les appareils mobiles. Il était impossible de couvrir toutes ces méthodes et techniques dans cet essai, et donc seulement les plus connues et les plus proches du principe de la solution proposée qui ont été étudiées, notamment: la segmentation de page, le classement des composants, la synthétisation de page, la fouille de l'usage du Web, l'annotation de contenu sémantique, l'analyse de l'arbre du *Document Object Model* (DOM) et le serveur proxy de transcodage Web mobile.

La deuxième étape des recherches consistait alors à aller plus en profondeur dans le sujet en utilisant ces mots-clés et étudier, ainsi, de près ces méthodes et techniques proposées dans la littérature pour comprendre comment elles contribuent à l'amélioration de l'expérience utilisateur, quels sont leurs points forts et leurs points à améliorer. C'est en se basant sur cette étude que l'idée de la solution proposée dans cet essai a été bâtie et complétée.



## Chapitre 3

### État de l'art

Le chapitre 1 a permis de faire un tour d'horizon sur le monde du Web mobile où une attention particulière a été accordée aux avantages et contraintes que présente la plateforme mobile. Or, tel que vu dans le chapitre précédent, la technologie mobile n'a jamais cessé d'évoluer pour offrir continuellement une meilleure performance matérielle, une meilleure connectivité et surtout une meilleure expérience utilisateur. Toutefois, cette évolution est associée avec une augmentation importante du trafic mobile, ce qui laisse l'industrie avec un sérieux besoin d'optimiser les infrastructures existantes.

Dans ce chapitre, les éléments constitutifs des navigateurs mobiles seront tout d'abord étudiés. Cette analyse permettra d'acquérir les connaissances de base avant de présenter une solution au chapitre suivant. Ensuite, certaines des solutions proposées dans la littérature pour surmonter les contraintes de la navigation mobile seront explorées. Et enfin, quelques exemples de navigateurs mobiles actuels adoptant certaines des techniques présentées dans la section 3.2 seront présentés.

#### 3.1. Les navigateurs mobiles

L'accès au Web via des terminaux mobiles est en augmentation constante. Cependant, cet accès est limité par les propriétés des terminaux et des réseaux mobiles. Dans le passé, les développeurs de logiciels ont répondu à cette situation par des normes spécifiques à l'utilisation du Web mobile : WAP, HDML, WML, C-HTML et XHTML-MP. Toutefois, le Consortium *World Wide Web* fait suite à la soi-disant approche «*One-Web*» et recommande l'utilisation d'un seul Web général pour tous les types de terminaux, dans lequel le navigateur joue un rôle central. L'utilisation des pages et des applications sur le Web ne peut être réalisée que si le logiciel d'affichage est conforme aux normes mis à jour du Web. Par conséquent, les

navigateurs Web mobiles présentent le principal goulot d'étranglement pour une utilisation optimale du Web mobile. Leurs caractéristiques seront donc examinées dans les paragraphes qui suivent.

### **3.1.1. Définition**

Un navigateur mobile, également appelé *microbrowser*, micronavigateur ou encore *minibrowser*, est un navigateur Web conçu pour l'utilisation sur un terminal mobile. Les navigateurs mobiles doivent être optimisés de façon à afficher le contenu Web dans les petits écrans des terminaux mobiles, et à fonctionner efficacement sur ces appareils qui ont des capacités de puissance et de mémoires limitées comparativement aux ordinateurs portables et de bureau. De plus, ils doivent prendre en considération les limites des réseaux mobiles, telqu'une bande passante limitée et des déconnexions plus fréquentes.

La fonction principale d'un navigateur Web est d'afficher la ressource Web demandée par l'utilisateur. Pour réaliser cette fonction, le navigateur communique sa demande au serveur Web, en utilisant le protocole de communication client-serveur Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Ensuite, le serveur traite la requête puis envoie la réponse au navigateur qui enfin, affiche la ressource à l'utilisateur. Cette ressource est généralement un document HTML, mais peut aussi être un document PDF, une image, ou tout autre type de contenu. L'emplacement de la ressource est spécifié par l'utilisateur en utilisant un URI (*Uniform Resource Identifier*).

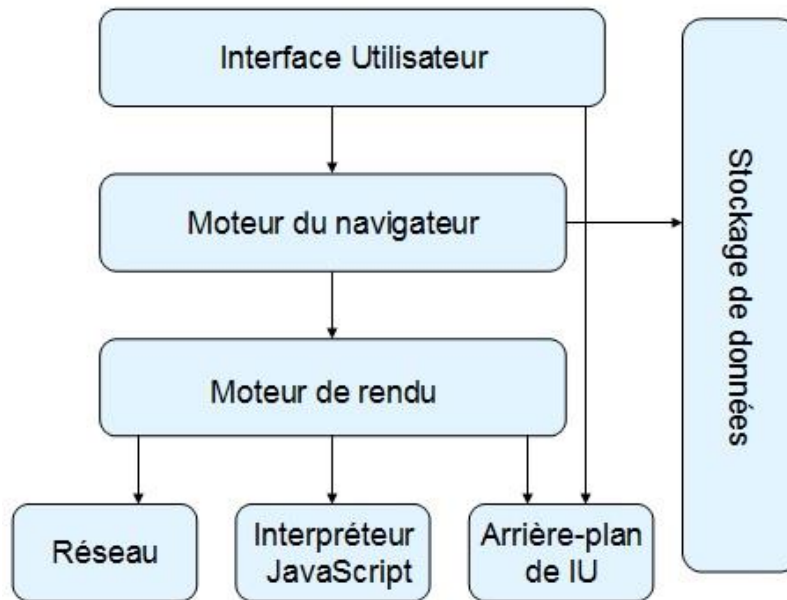
En effet, le navigateur Web est avant tout un moteur de rendu qui interprète et affiche les fichiers HTML. Ceci signifie qu'il met en forme les balises html définies par l'organisation de normalisation pour le Web W3C (*World Wide Web Consortium*).

### **3.1.2. Fonctionnement interne des navigateurs Web**

#### **Composants du navigateur Web**

Les principaux composants d'un navigateur Web sont :

1. **L'interface utilisateur** : Elle est composée d'une zone d'affichage éventuellement gérée sous forme d'onglets, d'une barre d'outils, d'une barre d'adresse.
2. **Le moteur du navigateur** : Il contrôle les actions entre l'interface et le moteur de rendu;
3. **Le moteur de rendu** : Il est responsable de l'affichage du contenu demandé. Par exemple, si le contenu demandé est au format HTML, il est chargé d'analyser le code HTML et CSS et d'afficher le contenu analysé à l'écran;
4. **Le réseau** : Ce composant est utilisé pour les appels réseau comme les requêtes HTTP. Il possède une interface indépendante de la plateforme utilisant des implémentations différentes pour différentes plateformes;
5. **L'arrière-plan de l'interface utilisateur** : Il est utilisé pour dessiner des widgets de base comme des listes déroulantes et des fenêtres. Ce composant expose une interface générique qui n'est pas spécifique à la plateforme. En dessous, il utilise les méthodes de l'interface utilisateur du système d'exploitation;
6. **L'interpréteur JavaScript** : Il est utilisé pour analyser et exécuter le code JavaScript;
7. **Le stockage de données** : il s'agit d'une couche de persistance. Le navigateur doit enregistrer toutes sortes de données sur le disque dur, par exemple, des «cookies». La nouvelle spécification HTML (HTML5) définit le terme «base de données Web», qui est un système complet (bien que léger) de base de données dans le navigateur.



**Figure 3.1 Structure haut niveau du navigateur Web**

### **Le moteur de rendu**

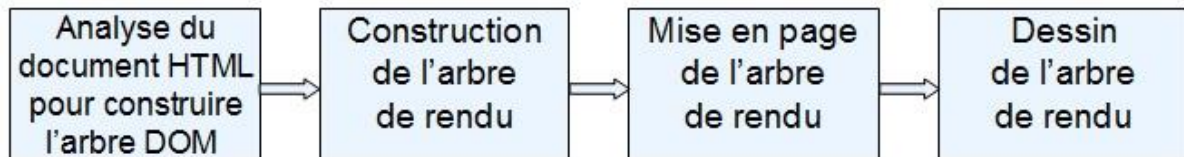
Le moteur de rendu est le cœur du navigateur Web parce que c'est lui qui est responsable de l'affichage des contenus demandés sur l'écran du navigateur. Par défaut, le moteur de rendu peut afficher des documents HTML, XML et des images. Il peut afficher d'autres types avec un plug-in (ou extension de navigateur), par exemple, un fichier PDF s'affiche en utilisant un plug-in de visualisation de PDF.

### **Webkit**

Webkit est un moteur de rendu *open source* conçu pour afficher des pages Web. Le moteur Webkit est archi-dominant actuellement sur les navigateurs mobiles, tels que Chrome, Safari ou Opera, auxquels il sert de base.

### **Le flux principal du moteur de rendu**

Le moteur de rendu obtient le contenu du document demandé mis en réseau. Ceci est généralement effectué en morceaux de 8 Ko.



**Figure 3.2 Flux principal du moteur de rendu**

Le moteur de rendu procède à l'analyse du document HTML et converti chacun de ses éléments à un nœud DOM (*Document Object Model*) dans un arbre appelé «arbre de contenu». Il analyse les données de style, à la fois dans les fichiers CSS externes et les éléments de style. L'information de style ainsi que des instructions visuelles dans le code HTML seront utilisées pour créer un autre arbre : «arbre de rendu».

L'arbre de rendu contient des rectangles avec des attributs visuels comme les couleurs et les dimensions. Ces rectangles sont dans le bon ordre pour être affichés sur l'écran. Après la construction de l'arbre de rendu, le moteur de rendu passe par un processus de «mise en page». Ceci signifie de donner à chaque nœud les coordonnées exactes où il devrait apparaître sur l'écran. La dernière étape du moteur de rendu est le «dessin». L'arbre de rendu est traversé et chaque nœud est dessiné en utilisant la couche d'arrière-plan de l'interface utilisateur.

Pour une meilleure expérience utilisateur, les différentes étapes du moteur de rendu sont réalisées grâce à un processus graduel. Le moteur de rendu essaye d'afficher le contenu sur l'écran dès que possible. Il n'attend pas que tout le code HTML soit analysé avant de commencer la construction et la mise en page de l'arbre de rendu. Certaines parties du contenu seront déjà analysées et affichées sur l'écran pendant que le processus poursuit son traitement avec le reste de la page qui continue à arriver du réseau.

## **3.2. Aux prises avec les limites du Web mobile**

Quiconque commence à naviguer sur le Web avec un navigateur mobile se heurtera très rapidement à nombre de difficultés et limitations en comparaison des navigateurs de bureau. Selon Chen [1], ces limitations ont été résumées par les facteurs suivants : taille réduite de l'écran, mémoire de l'appareil limitée, puissance de traitement limitée et disponibilité limitée de la bande passante. En raison de ces limitations, d'importantes recherches ont été menées pour fournir des méthodes et des techniques pour optimiser le rendu et l'affichage du contenu du Web sur les appareils mobiles. L'adaptation de contenus Web constitue certainement l'un des mécanismes centraux pour surmonter les limitations du Web mobile. La très grande hétérogénéité des moyens de connexion et des conditions de communication (bande passante notamment), l'hétérogénéité des dispositifs (en termes d'affichage, de stockage, de puissance de calcul, d'environnement logiciel), la grande variabilité des préférences utilisateur imposent en effet de fournir des outils d'adaptation des contenus transmis aux utilisateurs. Cette section divise ces outils en trois catégories : l'adaptation du contenu, la personnalisation et le transcodage. Chacune de ces catégories sera détaillée dans les sections suivantes.

### **3.2.1. Adaptation du contenu**

La plupart des pages Web sont conçues pour l'affichage dans des navigateurs de bureau. Lorsque ces pages sont accessibles à partir de navigateurs mobiles, elles sont déformées ou ne fonctionnent pas correctement ou entièrement, parce que beaucoup de leurs fonctionnalités sont supprimées ou désactivées. Diverses méthodes ont été créées pour tenter de résoudre ou d'atténuer ces problèmes afin d'optimiser le contenu du Web aux petits écrans des appareils mobiles. Dans ce qui suit, trois de ces méthodes seront présentées : la segmentation de la page, le classement des composants et la synthétisation de page. Bien que chaque méthode emploie une stratégie différente, leurs objectifs sont les mêmes : transmettre le sens des pages Web en utilisant un minimum d'espace.

#### **Segmentation de la page**

Les utilisateurs mobiles ne sont généralement pas intéressés par tous les détails d'une page Web. Par exemple, une page Web commerciale typique comprend généralement trois colonnes : la section gauche de navigation, la section centrale contenant le contenu principal et la section droite de navigation ou d'annonces publicitaires. La plupart des utilisateurs mobiles préféreraient que le contenu principal soit affiché en premier lieu s'ils avaient le choix. L'idée principale derrière la méthode de la segmentation de page est d'afficher des parties de pages Web au lieu des pages entières lors de l'utilisation des navigateurs mobiles. Afin de réaliser cette idée, les pages Web doivent être segmentées. Plusieurs méthodes ont été conçues pour segmenter les pages Web ([24][25][26][1]). Les méthodes les plus populaires consistent à analyser le code source HTML et segmenter les pages en fonction des balises HTML. Par exemple, la figure 3.3 montre une page Web typique et son code source HTML correspondant. La méthode de segmentation de page étudie le code HTML et réorganise les colonnes en utilisant les balises <table>, <tr>, <td> et <th>. La colonne centrale est généralement affichée en premier. La figure 3.4 montre la page exemple, après avoir été réorganisée, et son code source HTML correspondant.



(a)

```

<html><body>
<table width="100%" valign="middle"><tr>
<td width="15%">
<a href="Sec_1/">Section 1</a><br />
<a href="Sec_2/">Section 2</a><br />
<a href="Sec_3/">Section 3</a><br />
<a href="Sec_4/">Section 4</a><br />
</td>
<td width="30%">
The main content: Adaptive Display of Mobile Web Content
on Mobile Handheld Devices
</td>
<td width="15%" align="right">
<a href="http://www.google.com/">Google</a><br />
<a href="http://www.yahoo.com/">Yahoo</a><br />
<a href="http://www.google.com/">Google</a><br />
</td>
</tr></table>
</body></html>

```

(b)

**Figure 3.3 (a) Une page Web exemple et (b) Le code source HTML correspondant**



(a)

```

<html><body>
<table width="100%" valign="middle">
  <tr><td>
    The main content: Adaptive Display of Mobile Web Content
    on Mobile Handheld Devices
  </td></tr>
  <tr><td>
    <a href="Sec_1/">Section 1</a><br />
    <a href="Sec_2/">Section 2</a><br />
    <a href="Sec_3/">Section 3</a><br />
    <a href="Sec_4/">Section 4</a><br />
  </td></tr>
  <tr><td>
    <a href="http://www.google.com/">Google</a><br />
    <a href="http://www.yahoo.com/">Yahoo</a><br />
    <a href="http://www.google.com/">Google</a><br />
  </td></tr>
</table>
</body></html>

```

(b)

**Figure 3.4 (a) La page Web exemple de la figure 3.3 (a) après avoir été réorganisée et (b) Le code source HTML correspondant**

Cependant, cette méthode souffre de deux inconvénients majeurs :

- L'imprécision de la segmentation : La segmentation de page consiste à trouver les composants de la page Web. Le problème est que la plupart de ces composants n'est pas bien délimitée. Par conséquent, leur segmentation ne sera pas pertinente.
- Le problème du classement des composants : Cette méthode tente d'afficher les parties importantes d'une page Web en premier. La question est de savoir comment définir l'importance d'un composant Web, ce qui est ambiguë. Pour cette raison, la segmentation de page est généralement suivie par le classement des composants qui sera expliqué dans la section suivante.

### **Classement des composants (*Ranking*)**

La méthode du classement des composants est utilisée pour classer les composants de la page. Ainsi, ils peuvent être affichés dans l'ordre de leur importance. Les éléments suivants de la page Web peuvent être utilisés pour classer les composants :



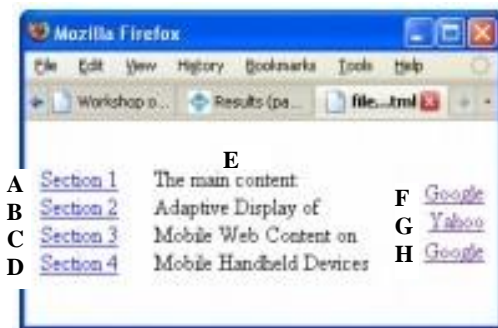
- Légende des éléments Audio/image/flash/tableau/vidéo : Une légende est généralement une description de l'objet.
- Le contenu : Le contenu d'une page Web est l'un des éléments importants. Il désigne le texte éditabile destiné à l'internaute dans la page, et qui peut être lu par un moteur de recherche (sont donc exclus les textes intégrés dans les images, les images numérisées), mais aussi les images, les animations.
- La description : La balise meta description permet de fournir une description courte de la page Web. Cette description est notamment utilisée par les principaux moteurs de recherche afin de fournir le court texte d'aperçu des pages de résultats.
- La distance : Les composants proches au point central d'une page Web sont généralement plus importants que ceux qui sont plus loin.
- Texte des liens hypertextes : Le texte du lien hypertexte est normalement un titre ou un bref résumé de la page cible.
- Les liens hypertextes : Les liens hypertextes contiennent des indices sémantiques de haute qualité au thème de la page. Un lien hypertexte vers une page Web représente une approbation implicite de la page pointée.
- Les mots clés : Les mots clés peuvent être extraits de la balise meta «*Keywords*» ou du texte de la page. Des opérations de filtrage sont appliquées au document d'abord avant de récupérer les mots-clés du texte intégral du document. Les opérations typiques incluent la suppression des mots en utilisant une liste de mots interdits, la transformation de majuscules en minuscules.
- La structure de la page : Le code source HTML a une structure arborescente, à partir de laquelle d'importantes informations peuvent être révélées. Par exemple, la colonne centrale d'un tableau à trois colonnes contient habituellement des informations plus importantes que les deux autres colonnes.
- Le titre de la page : La balise «*title*» définit le titre du document HTML.
- La Taille : Les composants de grande taille sont généralement plus importants que ceux de petite taille.

- Texte avec un différent style, police, couleur ou taille : Un texte mis en valeur a souvent une différente apparence pour mettre en évidence son importance.
- Le premier paragraphe: Le premier paragraphe d'une page Web est généralement une introduction ou un résumé.

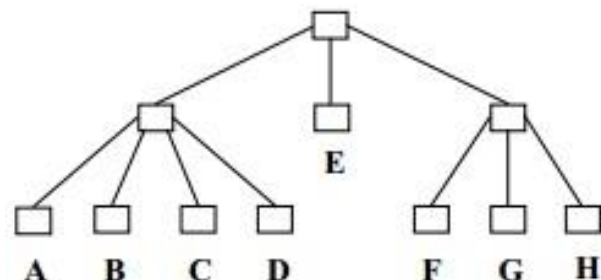
De nombreuses méthodes ont été créés pour classer les composants des pages Web, et chaque méthode est très différente des autres [27][28]. L'exemple suivant montre une de ces méthodes:

Cet exemple utilise un algorithme de classement (*ranking*), semblable à l'algorithme *PageRank* qui est utilisé par le moteur de recherche Google, pour classer les composants de la page [29]. Il effectue les tâches suivantes de manière séquentielle :

1. Segmenter la page Web et recueillir ses composants.
2. Convertir la page Web en un graphe dont les nœuds sont les composants de la page et les arêtes sont les relations entre les composants. Chaque arête est associée à un poids. Par exemple, chaque paragraphe pourrait être un composant et deux paragraphes consécutifs ont une arête entre eux. La figure 3.5 montre une page segmentée et son graphe/arbre correspondant. La racine de cette arbre est l'élément `<html>`, qui a trois enfants: la colonne de gauche, la colonne centrale et la colonne de droite.



(a)



(b)

**Figure 3.5 (a) Un exemple de page avec huit composants désignés par des lettres de A à H et (b) le graphe correspondant à cette page**

3. L'algorithme «*PageRank*» s'applique ensuite sur le graphe pour établir le classement des composants de la page (ou des nœuds du graphe). Il analyse les arêtes pour déceler deux types de pages :

- Autorités («*Authority*») : il s'agit d'une page dont le contenu est de qualité, ou fait autorité sur le sujet de son contenu, et ainsi les *Web masters* croient en son contenu et lient leurs pages à celle-ci.
- Concentrateur («*Hub*») : il correspond à une page servant d'index et de répertoire guidant les utilisateurs vers les pages d'autorité.

Les poids de l'autorité et du concentrateur sont ensuite utilisés pour déterminer les classements des composants.

### **Synthétisation de page (*Page Summarization*)**

La méthode de synthétisation de page tente d'afficher le résumé d'un document volumineux dans un navigateur mobile. En effet, le but de synthétiser un texte est de donner une version courte du document sans qu'il perde son sens. Cette méthode a fait l'objet de beaucoup de recherches depuis longtemps, et aucune percée majeure n'a été faite depuis de nombreuses années en raison de sa grande difficulté. Yang et Wang [30] proposent une synthétisation fractale pour les documents volumineux. Cette méthode se base sur la théorie fractale, qui décrit un type d'objet géométrique qui se répète à l'infini avec plusieurs niveaux de grossissement. L'idée de leur proposition est de générer, dans un premier temps, une brève ébauche du résumé du document, puis dans un second temps, à la demande des utilisateurs, générer les détails du résumé à différents niveaux du document. Quant à Otterbacher, Radev, et Kareem [31], ils utilisent la méthode de synthétisation hiérarchique qui, tout d'abord, affiche les phrases les plus importantes d'un article, et ensuite, si le lecteur trouve le résumé initial intéressant ou pertinent, il peut l'analyser en profondeur en accédant aux détails. La synthétisation hiérarchique comprend deux étapes : Premièrement, identifier la pertinence de

chaque phrase du document et classer les phrases en conséquence. Deuxièmement, construire un arbre contenant toutes les phrases, et dont la racine représente la phrase la plus pertinente.

### **3.2.2. Personnalisation**

Dans la section précédente, différents techniques et algorithmes permettant d'adapter le contenu du Web aux petits écrans des appareils mobiles ont été présentés. Une autre perspective d'adaptation du Web mobile, notamment pour des réseaux et des appareils hétérogènes avec des capacités différentes, est la personnalisation des contenus. En effet, à la différence des techniques vues précédemment, qui se concentrent sur le contenu et se basent sur des systèmes intelligents tentant de prioriser les contenus selon leur pertinence, la personnalisation est plutôt axée sur l'utilisateur et donc, elle essaie d'améliorer l'expérience utilisateur en analysant ses caractéristiques personnelles et celles de son appareil mobile personnel. À cet effet, «CC/PP» (*Composite Capability/Preference Profiles*) est un fichier au format RDF utilisé pour décrire justement les caractéristiques de l'appareil mobile. C'est une norme W3C pour fournir des informations telles que les propriétés du matériel, du logiciel, du réseau et de l'application, permettant aux serveurs ou aux fournisseurs des contenus de mieux satisfaire les besoins particuliers des utilisateurs [2] [3] [4].

«Les profils de préférences des utilisateurs» (*User preference profiles*) peuvent être un moyen de fournir un service personnalisé pour les utilisateurs qui utilisent différents appareils, et ainsi fournir des expériences utilisateur personnalisées et individualisées. Anderson et d'autres [17] mentionnent les questions ci-dessous comme les raisons pour fournir des contenus Web personnalisés pour les utilisateurs d'appareils mobiles [5] [6]:

- Pour rendre plus facile à trouver une destination fréquemment visitée;
- Pour souligner un contenu intéressant pour les utilisateurs;
- Pour éliminer un contenu ou une structure non intéressants.

«Le profil de préférences de l'utilisateur» devient la clé d'un système potentiel pour la personnalisation des contenus Web qui recueille et enregistre le *feedback* de l'utilisateur au sujet d'un élément d'un domaine donné, et enfin décide quel élément doit être proposé.

Une grande variété de méthodes ont été créés pour la personnalisation et l'adaptation de l'interface utilisateur et du contenu Web pour navigateurs mobiles. Toutefois, il n'est pas possible de couvrir toutes ces méthodes dans ce document. Une de ces méthodes, qui essaie de répondre à la première des raisons d'Anderson citées plus haut : rendre plus facile à trouver une destination fréquemment visitée, sera présentée dans la sous-section suivante.

### **Fouille de l'usage du Web (*Web Usage Mining*)**

La fouille du Web est l'application des techniques d'exploration de données en vue de découvrir des constantes, schémas ou modèles, dans les ressources d'Internet ou les données le concernant. Selon ses cibles, la fouille du Web peut être divisée en trois types : la fouille de l'usage du Web, la fouille du contenu du Web, la fouille de la structure du Web. La première approche, fouille de l'usage du Web, est le processus d'extraction d'informations utiles stockées dans les fichiers *logs* des serveurs Web (l'historique des transactions des utilisateurs) ou bien les informations données par les intervenants du Web (FAI, panélistes). L'analyse de ces flux de clics permet de découvrir des informations sur le comportement de l'utilisateur sur internet. Zhou, Hui, et Chang [32] essaient d'améliorer l'expérience utilisateur sur le Web mobile en proposant un système de recommandations intelligentes où chaque utilisateur est observé comme une unité d'identité inconnue, bien que certaines propriétés peuvent être accessibles à partir de données démographiques. En effet, un composant *runtime* insère dynamiquement des liens connexes ou recommandés en haut de chaque page demandée. Par conséquent, leur système peut générer des recommandations, même pour un nouvel utilisateur mobile qui n'a encore aucun historique de navigation.

### **3.2.3. Transcodage du contenu Web (*Web transcoding*)**

Bien qu'il ne semble y avoir aucune définition unique et largement acceptée du transcodage, ce qui suit représente la définition la plus commune trouvée dans la littérature : de manière générale, le transcodage est le processus de transformation d'un document d'un format à un autre. Du point de vue de la navigation mobile, le transcodage tente, notamment, de créer des pages Web plus conviviales, de les afficher de manière appropriée dans différentes tailles d'écran, et de réduire la taille des pages afin de réduire la bande passante et leur temps de chargement. Une des questions majeures en terme d'architecture de transcodage est de savoir où s'exécutent les opérations du transcodage. Trois approches élémentaires ont été proposées dans la littérature pour la localisation des processus de transcodage : au niveau de la source, au niveau du destinataire ou client et au niveau d'un intermédiaire. La principale différence entre les trois approches réside dans qui contrôle le processus du transcodage.

Dans la première approche, le transcodage est opéré au niveau de la source où le contenu original réside, approche dite centrée serveur. Par exemple, si l'utilisateur fait appel à une page d'un site, le serveur collecte les informations de contexte, effectue ensuite les transformations (soit par le système, l'application, ou les deux) et fournit le contenu adapté en conséquence. Les références [7][8][9] sont des systèmes qui exécutent le transcodage sur le côté serveur. Cependant, cette approche présente deux inconvénients majeurs : d'une part, elle impose aux fournisseurs de contenu d'intégrer des mécanismes d'adaptation; d'autre part, les processus de transformation induisent une charge de calcul et une consommation de ressources importante sur le serveur que celui-ci n'a souvent pas la capacité de fournir.

Dans la seconde approche, c'est le client-lui-même (ex. *smartphone*) qui doit effectuer le transcodage, approche dite centrée client, puis envoyer la version transcodée à l'écran de l'utilisateur. Le serveur demeure donc inchangé et transmet ses contenus dans leur format d'origine. Le terminal du client utilisateur, à la réception du contenu, transforme celui-ci de manière à pouvoir l'afficher correctement. Comme le transcodage centré client requiert l'utilisation de l'appareil lui-même pour gérer le processus de transformation, un nombre considérable d'appareils mobiles, qui restent limités en termes de puissance de calcul, de mémoire, d'énergie et de bande passante, sont incapables d'utiliser cette approche. De plus,

cette dernière ne réduit pas la bande passante puisque la page Web entière est envoyée au client avant d'effectuer les transformations. Ainsi, les approches centrées client sont pertinentes vis-à-vis des problématiques simples d'affichage lorsque les contraintes de réseaux sont traitées à distance.

La troisième approche tente de constituer un compromis entre les deux solutions précédentes; le transcodage est ainsi exécuté sur un nœud intermédiaire habituellement qualifié de *proxy*. L'idée de base de cette approche est la suivante : le *proxy* intercepte la réponse du serveur, décide et effectue le transcodage en fonction des préférences de l'utilisateur, des capacités des terminaux et de l'état du réseau, puis envoie le contenu adapté au client. L'adoption d'une solution centrée *proxy* présente plusieurs avantages. D'abord, la charge de calcul du serveur de contenus est déplacée vers le *proxy*. En suite, le *proxy* peut être positionné au point le plus critique du chemin de données. On considère habituellement que la bande passante entre un *proxy* et un serveur est plus large que celle qui est disponible entre un client (souvent mobile) et un *proxy* [19]. Le placement sur le dernier maillon de la chaîne permet au *proxy* de disposer d'une vue globale sur les ressources de l'environnement, telles que la latence du réseau, la bande passante, la taille du contenu à transporter avant la livraison final, les préférences de l'utilisateur, toute modification survenant dans le temps. Le serveur *proxy* joue un autre rôle majeur de mise en cache des résultats de l'adaptation de contenus afin d'éviter des allers-retours vers le serveur de contenu et la répétition d'opérations de transcodage coûteuses lorsque les ressources peuvent être accessibles depuis le cache [20].

La plupart des recherches actuelles sur le transcodage du contenu Web sont principalement divisées en deux approches alternatives. La première approche repose sur la combinaison de l'annotation de contenu sémantique avec le transcodage [10]. L'annotation est utilisée pour ajouter différents types d'informations sémantiques lisibles par les machines au contenu Web. Ces informations peuvent, à leur tour, être utilisées pour adapter le contenu automatiquement à différentes fins. La deuxième approche de transcodage, suggérée dans [4][12], est basée sur l'analyse de l'arbre du Document Object Model (DOM) d'une page Web et en utilisant différentes heuristiques pour déterminer la structure de la page. Une nouvelle approche basée

sur une mise à l'échelle intelligente du contenu a également été proposée plus récemment [13]. Hwang, Kim, et Seo [4] ont développé un système de transcodage syntaxique basé sur des heuristiques de transcodage qui prennent en compte la structure de la page en préservant la mise en page originale autant que possible. Les heuristiques proposées extraient l'importance relative des composants Web à partir d'une analyse syntaxique intelligente, puis les affichent dans l'ordre de leur importance. Hsiao, Hung, et Chen [33] proposent une architecture d'un *proxy* de transcodage flexible, nommé VTP (*Versatile Transcoding Proxy*), pour l'adaptation du contenu Web. Dans leur *framework*, le *proxy* peut accepter et exécuter le «script des préférences des transformations» fourni par le client ou le serveur afin de transformer les données correspondantes ou le protocole, selon les spécifications de l'utilisateur.

En résumé, de nombreux efforts ont été menés pour développer différentes approches et techniques d'adaptation de contenus Web mobile. Des produits commerciaux comme le *WebSphere Transcoding Publisher(WTP)* [14] et des prototypes issus de travaux de recherche ont été parallèlement développés. Ces solutions ont contribué à l'élaboration de nombreuses stratégies, d'architectures et de techniques d'adaptation. Cependant, toutes ces solutions exigent des compromis, dont un qui est commun à elles toutes : c'est qu'elles comptent toutes sur des systèmes intelligents qui tentent au mieux de prendre la bonne décision d'adaptation, de transcodage ou de personnalisation à la place de l'utilisateur. Mais ces systèmes, malgré leur perspicacité, ont parfois un effet inverse notamment quand elles sont appliquées sur du contenu qui n'a pas besoin d'être traité ou bien dont l'utilisateur ne désire pas traiter.

### **3.3. Exemples de solutions adoptées par des navigateurs mobiles actuels**

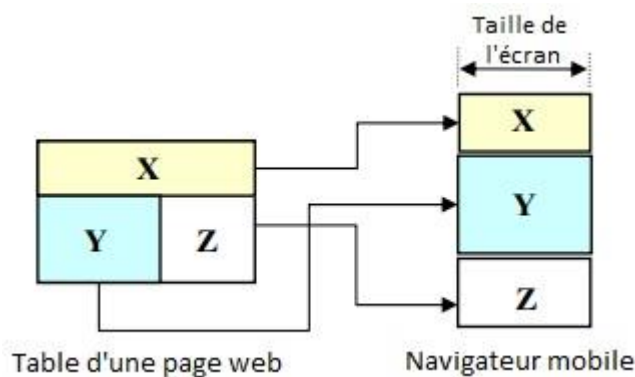
Cette sous-section présente des exemples de solutions d'adaptation aux contraintes du Web mobile proposées par des navigateurs mobiles de l'industrie :

- *NetFront*: Le navigateur mobile *NetFront* de *ACCESS Co.* comporte la technologie *Smart-Fit Rendering* qui est une technologie de rendu sophistiquée permettant, d'une manière tout à fait intelligente, de faire tenir les pages Web sur la largeur de l'écran de



n'importe quel terminal mobile, tout en éliminant le besoin de recourir au menu déroulant horizontal et en conservant la qualité et l'utilisabilité des pages Web. Concrètement, cette technologie est traduite par le processus suivant :

- Les images, dont la largeur dépasse celle de l'écran, sont redimensionnées pour s'adapter à la largeur de l'écran.
- Les tables, dont la largeur dépasse celle de l'écran, sont réparties et disposées verticalement comme le montre la figure 3.6 :



**Figure 3.6 La conversion d'une table d'une page Web par le navigateur mobile NetFront**

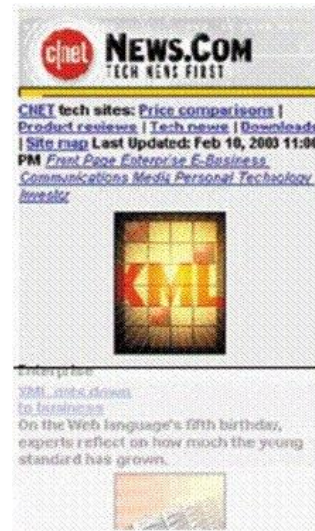
- *Skyfire*: Selon *CISCO VNI* (février 2014), à la fin de 2013, la demande de vidéo sur mobile représentait 53 % du total du trafic des données demandé par les utilisateurs mobiles, et elle va augmenter de 14 fois entre 2013 et 2018, ce qui représente 69 % du total du trafic à la fin de cette période. Pour faire face à cette demande croissante de vidéos mobiles, le navigateur *Skyfire* a recours à l'optimisation de la vidéo pour équilibrer la charge du réseau et l'expérience de l'utilisateur. Il développe une solution robuste d'optimisation de vidéos, nommée l'optimiseur *Rocket*, qui fournit aux opérateurs mobiles, selon *Skyfire*, un coup de pouce de 60 % de la capacité de la bande passante. L'optimiseur *Rocket* de *Skyfire* repose sur le Cloud et propose une optimisation vidéo avec un transcodage et une conversion sur le moment et un défilement d'image en moins de 200 millièmes de seconde. D'où un usage moins intensif du réseau et un moindre recours au pré chargement pour le spectateur. Le

système détecte la congestion de certains tours relais et ajuste la consommation de vidéo à la disponibilité de la bande.

- *Opera*: Opera Mini (client) obtient ses pages Web par l'intermédiaire de *proxy* hébergés par Opera Software. Ces proxy de transcodage vont s'occuper de faire le rendu de la page, de l'adapter au format de l'écran, de redimensionner les images et de compresser les données, ce qui améliore la vitesse de la navigation et réduit l'utilisation des données. Opera mini offre, entre autres, les fonctions suivantes :
  - La fonction de compression des pages Web d'Opera (le mode *Turbo*) existe maintenant depuis plusieurs années. Introduit d'abord sur les versions mobiles (Mobile et Mini) d'Opera, elle déroute en fait le trafic classique pour l'envoyer d'abord sur les serveurs d'Opera. Là, il est analysé et compacté avant d'être renvoyé vers les téléphones. Cette fonction permet donc d'accélérer le transfert de deux à trois fois et de réduire considérablement la quantité de données transférées. Bien entendu, cela dépend des pages elles-mêmes et certaines seront plus sensibles que d'autres à ce traitement. Cependant, la qualité des images est tout simplement dégradée et renvoyée dans tous les cas sous forme de JPG.
  - La technologie *Small-Screen Rendering* reformate la page Web pour l'adapter à la largeur de l'écran. Elle élimine ainsi la nécessité du défilement horizontal. Le contenu et les fonctionnalités de la page restent entièrement disponibles, seulement sa présentation qui change. Les transformations de ce système se réalisent au niveau du client. La figure 3.7 montre un exemple de cette méthode :



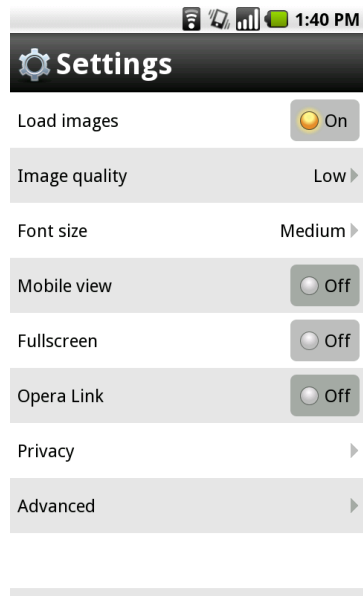
(a)



(b)

**Figure 3.7** Des captures écrans de la technologie *Small-Screen Rendering* d'Opéra : (a) avant le rendu et (b) après le rendu

- Dans son panneau de configuration des paramètres, Opera mini offre la possibilité de ne pas activer les images ou de choisir entre 3 niveaux de qualité, pour encore faire baisser la taille des pages. Le navigateur propose également le choix entre trois niveaux de taille pour le texte. La figure 3.8 prescrit certains des paramètres de personnalisation de la navigation offerts à l'utilisateur.



**Figure 3.8** Panneau de configuration des paramètres de navigation d'Opera mini 7.5

## Chapitre 4

### Proposition d'un système de personnalisation de contenu Web mobile

Ce chapitre décrit l'architecture générale du système proposé. Les différents composants de l'architecture et leurs rôles sont tout d'abord analysés avec un accent plus particulièrement porté sur le serveur *proxy*, qui est le composant principal du système. Puis, le prototype, qui a été développé afin d'expérimenter et valider l'approche proposée, sera présenté.

#### 4.1. Objectif de la solution

Avec l'avènement du Web mobile qui prend une place de plus en plus grandissante dans notre quotidien, la pression devient plus importante pour l'amélioration continue de la performance des navigateurs mobiles. C'est dans cette perspective que l'adaptation et la transformation de contenu Web, afin de surmonter les écueils du Web mobile, a fait l'objet d'importantes recherches, et plusieurs techniques de transformation ont été développées. Les techniques actuellement disponibles, comme cela a été évoqué dans le chapitre précédent, reposent principalement sur la transformation textuelle, le transcodage d'image et le traitement vidéo et audio appliqués d'une manière anonyme sur le contenu du Web.

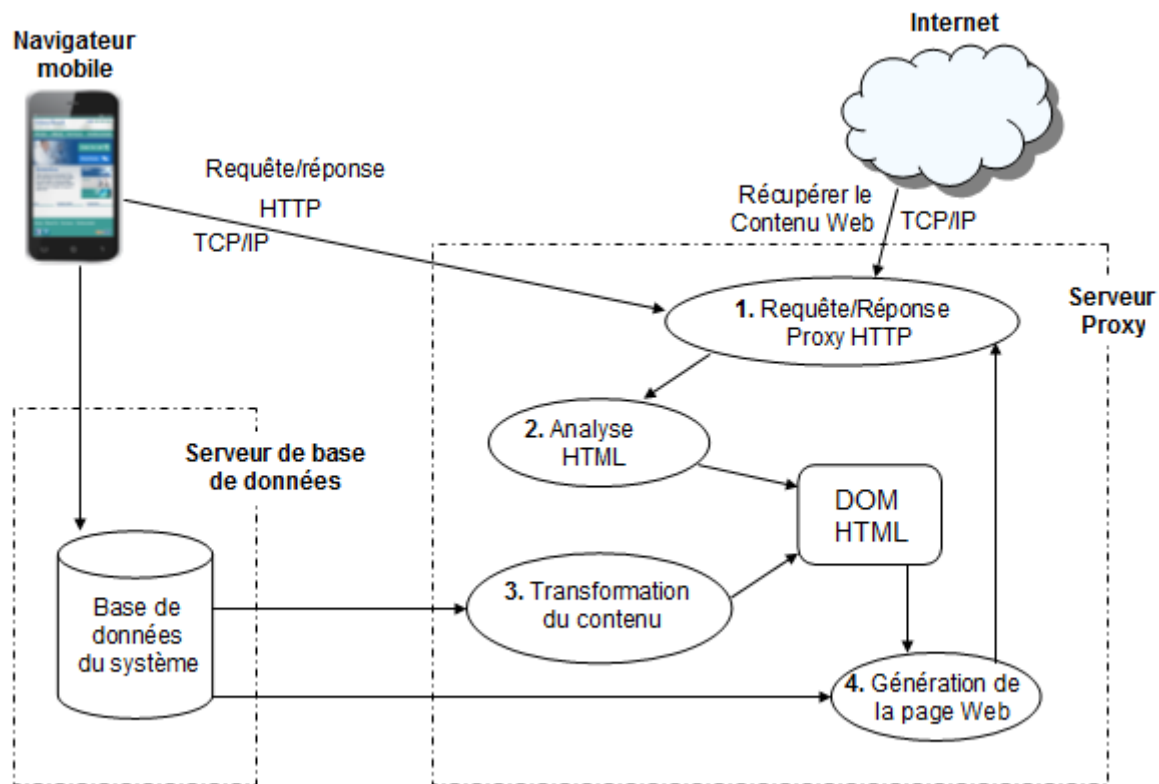
À la différence des travaux antérieurs de la transformation du contenu Web mobile, qui ne peuvent offrir qu'une optimisation standard s'appliquant sur tout le contenu des sites Web sur lesquels un utilisateur navigue, le système proposé dans ce document vise à élaborer une solution plus flexible qui permet à l'utilisateur de transformer le contenu Web selon ses besoins spécifiques pour chaque page Web et même pour chaque composant à l'intérieur d'une page Web. Enfin, l'objectif de la solution proposée est d'offrir à l'utilisateur un outil de personnalisation qui lui offre un Web à lui qui, non seulement, respecte ses goûts et ses priorités, mais aussi lui permet de mieux gérer les capacités de son terminal mobile et de sa connexion à Internet.

Donc, plus précisément, l'idée fondamentale de la solution est de concevoir un serveur *proxy* capable de filtrer, transformer et personnaliser le contenu Web selon les préférences et les paramètres définis précédemment par l'utilisateur via une interface client intégrée dans le navigateur Web de son terminal mobile.

## 4.2. Architecture du système proposé

La transformation du contenu Web, basée sur un serveur *proxy*, implique que cette transformation se passe entre le navigateur (côté client) et le serveur Web (côté serveur). Donc, ce dernier transmet les pages Web au serveur Proxy qui s'occupe de l'analyse et la transformation du contenu en utilisant le DOM HTML en fonction des paramètres prédéfinis par l'utilisateur. Le contenu résultant est ensuite transféré au client.

La figure ci-dessous illustre l'architecture générale du système:



## **Figure 4.1 L'architecture du système proposé**

Comme le montre la figure ci-dessus, l'architecture proposée est constituée de trois composants principaux: Du côté client, il y a l'interface utilisateur du navigateur mobile, et du côté serveur, il y a le serveur *proxy* et le serveur de base de données. L'utilité de chacun de ces composants pour le système sera expliquée dans les sections suivantes.

### **4.2.1. Interface utilisateur du navigateur mobile**

L'interface utilisateur permet à celui-ci de communiquer ses préférences au système et d'avoir en retour un contenu Web personnalisé. Pour ce faire, trois environnements sont définis, nommés respectivement : «profil de l'utilisateur», «éditeur» et l'environnement de navigation.

L'environnement «profil de l'utilisateur» permet à l'utilisateur de changer les paramètres qui vont être appliqués sur toutes les pages Web qu'il va visiter. Par exemple «désactiver les images»; Dans ce cas, tout le contenu des sites Web, sur lesquels l'utilisateur navigue, sera filtré afin qu'aucune image ne soit chargée au niveau du client.

À la différence du «profil de l'utilisateur», l'environnement «éditeur», qui permet de changer les «préférences de l'utilisateur», donne la possibilité à l'utilisateur de personnaliser le contenu de chaque page d'une manière indépendante. Ainsi, l'utilisateur peut supprimer ou changer la position de n'importe quel élément à l'intérieur de la page Web en cours. «L'éditeur» offre aussi la possibilité d'appliquer les paramètres du «profil de l'utilisateur» sur une seule page Web.

Enfin, l'environnement de navigation représente l'interface utilisateur du navigateur qui lui permet principalement à naviguer entre les pages Web, et notamment voir le résultat de la personnalisation.

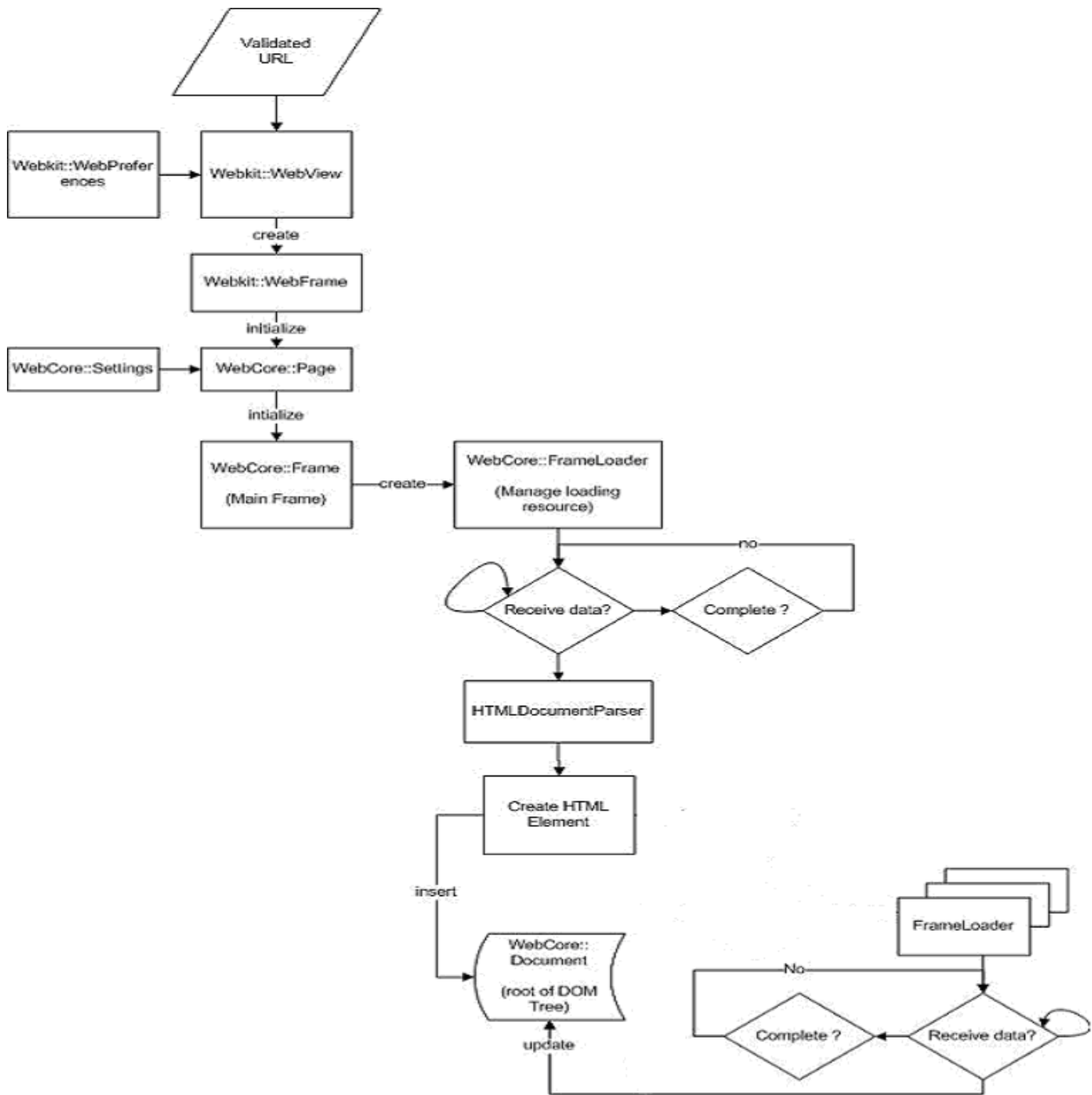
#### 4.2.2. Serveur proxy

L'élément au cœur du mécanisme de la personnalisation du contenu est le serveur *proxy*, car c'est lui qui est responsable de l'analyse et la transformation du contenu des pages Web selon les préférences de chaque utilisateur. Ce serveur adopte le *framework* Webkit et l'adapte pour les besoins spécifiques du système. Il se compose de quatre processus majeurs :

- **Proxy HTTP** : Il inclut le processus «requête HTTP» et le processus «réponse HTTP». Le premier étant responsable de la réception des requêtes HTTP envoyées par le navigateur mobile via les protocoles TCP/IP, ensuite il se charge de la récupération des paramètres envoyés avec la chaîne de la requête. Ces derniers seront passés par la suite au processus de l'analyse HTML afin d'identifier l'utilisateur, la page Web demandée et le type de traitement à effectuer. Le deuxième processus se charge de l'envoi de la page générée au navigateur mobile en guise de réponse à la requête HTTP. Ainsi, le serveur Proxy agit comme un serveur d'applications Web pour traiter les requêtes Web et les réponses à ces requêtes.
- **Analyse HTML (*HTML parser*)** : C'est le processus clé du serveur *proxy*. Il est responsable du téléchargement et de l'analyse du document HTML. Analyser un document HTML signifie le traduire en une structure qui fait sens, quelque chose que le code peut comprendre et utiliser. Le résultat de l'analyse est un arbre de nœuds (arbre DOM) qui représente la structure du document. Ce processus sera implémenté avec le *framework* Webkit.

Les étapes sommaires de l'analyse HTML et de la construction de l'arbre DOM avec Webkit sont décrites dans la figure ci-dessous qui illustre le diagramme de flux du processus :





**Figure 4.2 Diagramme de flux du processus «Analyse HTML»**

Comme le montre le diagramme, ce processus intègre les fonctions suivantes :

- Créer le conteneur pour intégrer le contenu des pages Web en fonction de l'URI absolue de la page. Ce conteneur inclut les objets *WebView*,

*WebFrame*, *Page* et *main frame*; *WebView* va créer un objet *WebFrame*. Il y a un seul objet *WebFrame* par cadre affiché dans un objet *WebView*. Une hiérarchie d'objets *WebFrame*, dont la racine est appelée *main frame*, est utilisée pour modéliser une page Web entière.

- L'objet *FrameLoader* gère le chargement des documents dans l'objet *Frame*.
- Chaque fois que Webkit reçoit des octets de données, l'objet *HTMLDocumentParser* est appelé pour démarrer l'analyse du document html.
- Pour chaque section de données qualifiées, créer l'objet de l'élément HTML associé (par exemple <table>). Dès que tous les éléments HTML sont créés, procéder à leur insertion le DOM HTML.

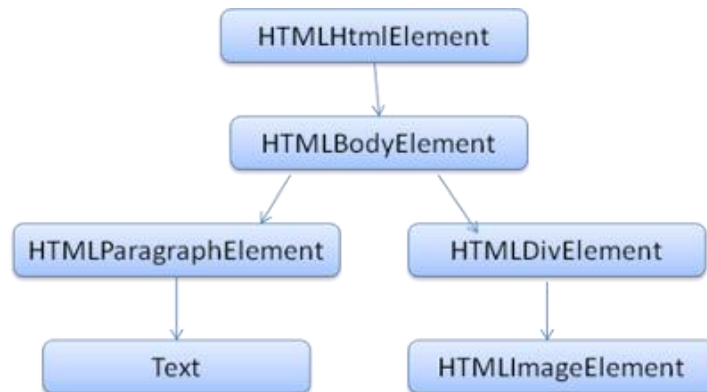
- **Transformation du contenu** : Il a pour rôle de convertir chaque page Web de sa version originale à la version personnalisée par l'utilisateur. Pour ce faire, il récupère, de la base de données les paramètres de personnalisation de la page, s'il y a lieu, pour ensuite les appliquer sur le DOM HTML résultant du processus précédent. Ce dernier représente la structure du document HTML sous la forme d'un arbre où chaque élément généré à partir du balisage, comme un paragraphe, un titre ou un bouton de formulaire, forme un nœud.

En effet, Le DOM possède une relation quasiment un à un avec le balisage. Par exemple, ce code :

1. <html>
2. <body>
3. <p>
4. Hello World
5. </p>
6. <div> </div>

7. `</body>`
8. `</html>`

Se traduirait par l'arbre DOM suivant :



**Figure 4.3** Arbre DOM du code HTML exemple

Afin d'effectuer les transformations sur le contenu de la page Web, ce processus utilise une série de fonctions lui permettant de se déplacer dans cet arbre, d'y ajouter, de modifier ou de supprimer des nœuds (les éléments HTML). Les nœuds de l'arbre DOM ont une relation hiérarchique entre eux, et les termes parents, enfants ou frères sont utilisés pour décrire cette relation. Le nœud supérieur est appelé la racine, et chaque nœud, sauf la racine, a exactement un nœud parent.

Ce processus comprend les fonctions suivantes :

- Assigner un identifiant à chaque élément HTML se trouvant à l'intérieur de l'élément HTML «<body>».
- Repositionner ou supprimer un élément HTML de l'arbre DOM selon les «préférences de l'utilisateur» si applicable.
- Appliquer les règles des «préférences de l'utilisateur» sur un élément HTML dans l'arbre DOM si applicable.

- Appliquer les règles du «profil de l'utilisateur» sur un élément HTML dans l'arbre DOM si applicable.
  - Enlever la fonctionnalité d'action d'un élément HTML dans l'arbre DOM si le client avait demandé une page éditable (c'est à dire, supprimer l'attribut HTML de: “href”, “onclick”, “onsubmit”, “action”, http-equiv=”refresh”).
- **Génération de la page Web** : Ce processus prend en entrée le DOM HTML modifié résultant du processus précédent, ensuite procède à la composition de ses éléments dans un fichier de sortie au format HTML. Ce fichier peut être une page éditable ou bien une page à afficher dépendamment de la requête de l'utilisateur. Une fois que ce fichier est complètement assemblé, il est passé au processus «réponse HTTP» pour l'envoyer finalement au client.

#### 4.2.3. Serveur de base de données

Le serveur de la base de données permet d'enregistrer les transformations du contenu Web effectuées par l'utilisateur via l'interface du navigateur sur une page Web précise ou sur toutes les pages Web. Ces transformations sont récupérées ensuite par les programmes du serveur *proxy* afin de les appliquer sur les pages concernées.

### 4.3. Implémentation du prototype

Un prototype du système a été développé afin de montrer la faisabilité et la validité de nos propositions. Le prototype intègre un navigateur mobile développé sous Android et un serveur *proxy* implémenté avec le *framework* Webkit. La base de données est conçue avec MySQL Server 5.1 qui utilise *MyISAM storage engine*.

#### 4.3.1. Composants du prototype

Un serveur *proxy* agissant comme un intermédiaire intelligent entre le client et le serveur Web permettant de filtrer et modifier le contenu des pages Web selon les besoins spécifiques des utilisateurs a été mis en place. Le programme du moteur de rendu a été implémenté avec le *framework* Webkit, il a été écrit en langage C++. Le processus «Proxy HTTP» du serveur *proxy* a été déployé dans le serveur Web Apache, il a été développé avec le script shell de *cgi-bin*. En effet, le serveur Web Apache reste en écoute des requêtes HTTP des clients qui arrivent sur le port 80. Lorsqu'une connexion est établie à partir d'un client, le serveur transfère la demande au processus «requête HTTP» qui extrait les paramètres envoyés avec la requête du client, ensuite vérifie la validité de l'adresse URI demandée avant d'aller chercher la ressource du Web. Si l'URI est valide et la page est récupérée, le processus d'analyse et de construction de l'arbre DOM commence. Une fois l'arbre construit, le programme de transformation de contenu utilise l'identifiant de l'utilisateur (*device\_id*) avec l'adresse URI de la page pour récupérer les paramètres du «profil de l'utilisateur» et ses préférences de la base de données afin de les appliquer sur l'arbre DOM du document. La page Web demandée prend donc un nouveau format avant d'être envoyée via Apache au client en attente.

Le côté client du prototype est l'interface utilisateur du navigateur mobile. Ce dernier possède plusieurs interfaces visuelles qui permettent la communication entre l'utilisateur et le système. Les interfaces les plus significatives sont présentées ci-dessous :

**L'interface principale du navigateur** qui sert à l'affichage des pages Web :



**Figure 4.4 Interface principale du navigateur mobile**

Quand l'utilisateur demande une page Web, une requête HTTP est envoyée au serveur *proxy*. Cette requête inclut comme paramètres l'identifiant du terminal (*device\_id*) qui représente un nombre d'identification unique du terminal, type de la demande (*request\_type*) qui représente la provenance de la requête soit l'environnement de la navigation (comme dans ce cas) ou l'environnement de l'édition et enfin l'adresse URI de la page demandée. Donc, la requête HTTP à envoyer devrait avoir le format suivant :

`http://proxyserver_hostname:port/cgi-bin/getpage?did=device_id&send=request_type&url=url`

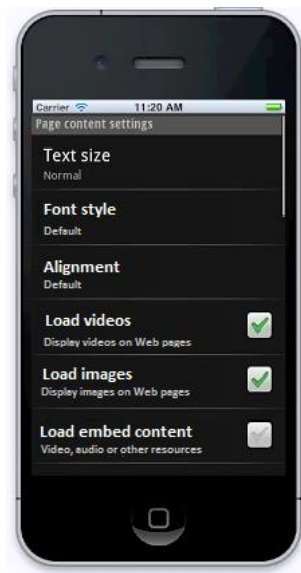
Après l'envoi de la demande de la page Web, une réponse HTTP est reçue de la part du serveur *proxy*. Par conséquent, la page Web demandée s'affiche sur le navigateur. Elle devrait être personnalisée selon les préférences de l'utilisateur au cas où ce dernier l'avait édité auparavant.

**L'interface profil utilisateur** (Figure 4.5) représente l'interface graphique qui permet à l'utilisateur de changer les paramètres qui vont être appliqués sur toutes les pages Web que l'utilisateur va visiter. Ces paramètres incluent, entre autres, les options suivantes :

- Activer/désactiver l'affichage des images;
- Activer/désactiver les vidéos;

- Activer/désactiver les scripts;
- Activer/désactiver les contenus imbriqués (*embed content*);
- Changer la couleur, le style et la taille des textes;
- Préciser la taille maximale des images ou des contenus externes (fichiers xml, text ou pdf) qui peuvent être chargés.

Les changements effectués sur les paramètres du «**profil utilisateur**» et l'identifiant du terminal (`device_id`) vont ensuite être sauvegardés sur le serveur de la base de données.



**Figure 4.5** L'interface du «profil utilisateur»

**L'interface éditeur** (Figure 4.6) représente une interface graphique novatrice qui permet à l'utilisateur de personnaliser le contenu d'une page spécifique. En effet, lors de sa navigation, l'utilisateur peut choisir d'aller sur «l'éditeur» pour éditer la page en cours. Cet outil permet soit de modifier les paramètres standards de la page, ce qui inclut exactement les mêmes paramètres que le «profil utilisateur» offre, mais à appliquer seulement sur cette page, soit de supprimer ou changer la position de n'importe quel élément à l'intérieur de la page.



**Figure 4.6 L'interface «éditeur»**

Ce qui suit est une description sommaire des étapes du processus de la personnalisation du contenu d'une page spécifique via «l'éditeur» :

1. Lors de sa navigation, l'utilisateur peut aller à «l'éditeur» pour éditer la page en cours. À ce moment là, le navigateur envoie une requête HTTP au serveur *proxy* en y incluant, comme paramètres, le type de la demande (*request\_type*) qui représente la provenance de la requête soit l'environnement de la navigation ou l'environnement de l'édition (comme dans ce cas), l'identifiant de l'utilisateur (*device\_id*) et l'adresse URL de la page en cours.
2. Après avoir reçu la requête du navigateur, le serveur *proxy* récupère la page demandée du serveur Web, l'analyse et assigne un identificateur unique à chaque élément de l'arbre DOM et enfin envoie la page modifiée au navigateur.
3. Via l'interface graphique de «l'éditeur», l'utilisateur peut personnaliser le contenu de la page. Il peut notamment supprimer un élément HTML spécifique ou réordonner les éléments de la page en les glissant et les déposant à l'endroit souhaité. Les modifications effectuées sur la page seront sauvegardées dans le



serveur de base de données, et vont être prises en considération la prochaine fois que l'utilisateur va visiter cette page.

#### **4.3.2. Base de données utilisée dans le prototype**

Les principales tables de la base de donnée du prototype sont :

- user\_profile : Stocke les paramètres du «profil de l'utilisateur» qui vont être appliqués sur toutes les pages Web que cet utilisateur va visiter;
- user\_preferences : Stocke les préférences d'un utilisateur pour une page Web donnée notamment la liste des éléments supprimés d'une page et la liste des éléments déplacés de leurs emplacements initiaux avec leurs nouveaux positionnements;
- user\_account : Stocke les informations relatives à l'utilisateur notamment l'identifiant du terminal mobile (device\_id).

## Chapitre 5

### Analyse des résultats

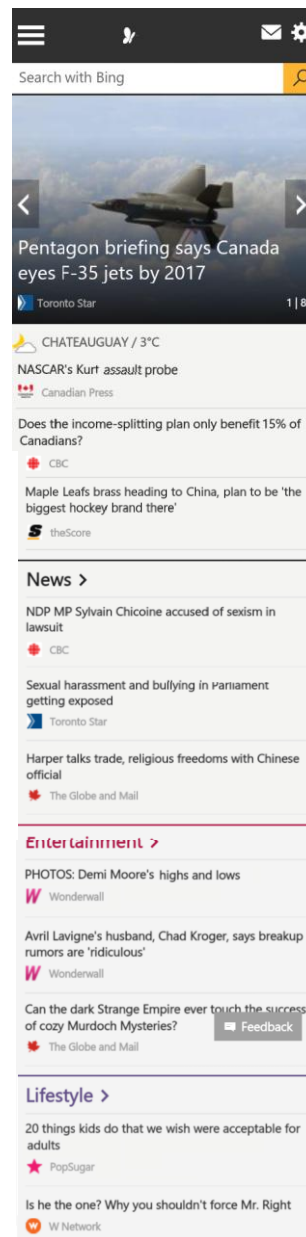
#### 5.1. Simulation

Pour évaluer l'efficacité du système proposé, la page d'accueil de cinq sites Web différents ont été utilisées comme pages d'essai, dont le site d'informations CNN, le site de commerce en gros en ligne ALIBABA, le site des services de consultation en ligne ECONSULTANCY, le site de suivi de performance d'activités sportive BEYONDTHEWHITEBOARD et enfin le portail MSN. Quant aux participants, ils étaient dix ayant des profils différents. Afin d'effectuer l'évaluation, chacun des participants a été invité à personnaliser le contenu des cinq pages d'essai selon leurs propres préférences et besoins en utilisant les interfaces «éditeur» et «profil utilisateur». Ils devaient ensuite juger leur expérience de navigation sur les pages d'essai modifiées par rapport à leurs versions originales en utilisant l'une des cinq qualité suivantes: excellente, bonne et moyenne (notes satisfaisantes), faible et mauvaise (notes insatisfaisantes) (Voir questionnaire en annexe 2).


Le temps et la quantité d'énergie consommée requis pour le chargement de chaque page Web d'essai ont été évalué avant et après les modifications effectuées par chaque participant. Les résultats de l'évaluation sont présentés dans les paragraphes suivants.

#### 5.2. Analyse des résultats

À titre d'exemple des résultats obtenus par la personnalisation des pages Web, la figure 5.1 (a) montre les copies écran d'une des pages Web d'essai (msn.com) dans sa version originale et la figure 5.1 (b) montre les copies écran de la même page Web mais après avoir été personnalisée par un des participants. Les modifications effectuées par le participant sont mis en évidence sur la figure 5.1 grâce à cadres teintés. Ces modifications incluent la suppression et le repositionnement des éléments.



The Globe and Mail



**Money >**

Canadian dollar, stocks move higher on strong jobs report  
Feedback

Buffett's top 10 paying dividend stocks for 2014  
The Street

Keurig sells Quebec-based Van Houtte chain to M  
The Globe and Mail

**Lifestyle >**

20 things kids do that we wish were acceptable for adults  
PopSugar

Is he the one? Why you shouldn't force Mr. Right  
W Network

How to wear denim: street style inspiration  
Elle Canada  
Feedback

**Video >**

Amanda Bynes' Parents Give Up, Forfeit Conservatorship  
Hollyscoop

Jailed for feeding homeless  
CBC

AC/DC Drummer Hit Man Charge Dropped  
Canadian Press

**Autos >**

Four wheels good: the fastest four-wheel-drive supercars  
Motoring Resources  
Feedback

Uruguayan president gets \$1 million offer for his Beetle  
Auto123.com

Audi RS Q3 gets snarlier  
Autoblog Canada

**Sports >**

NHL: Who's hot, who's not?  
cbc.ca

NHL: 3 things to know for Friday night  
cbc.ca

Rosenthal's Top 10 candidates to get traded this offseason  
FOXSports  
Feedback

How to wear denim: street style inspiration  
Elle Canada

**Video >**

Amanda Bynes' Parents Give Up, Forfeit Conservatorship  
Hollyscoop

Jailed for feeding homeless  
CBC

AC/DC Drummer Hit Man Charge Dropped  
Canadian Press

**Travel >**

Welcome to the lightning capital of the world  
Business Insider

Is the babymoon your last chance at pre-baby happiness?  
Toronto Star

World's strangest spas: fancy a massage here?!

**Food & Drink >**

Fried rice with shrimp and chicken  
The Illustrated Step

This strange sounding soup has celebs feeling amazing  
Details

A spreadable Reese's Peanut Butter Cup. Life is complete.  
iVillage

**Health & Fitness >**

Foods that fight cellulite  
Shape

Five things you should know about giving kids OTC medicines  
Canadian Living

Nine night running essentials for fall  
Men's Fitness  
Feedback

**Money >**

Canadian dollar, stocks move higher on strong jobs report  
CBC

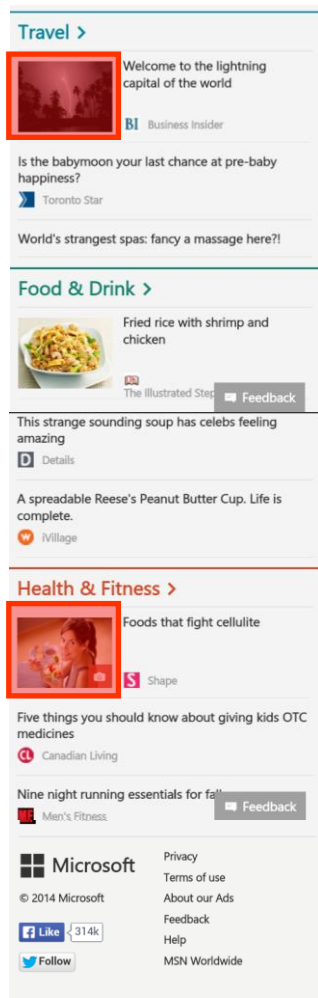
Buffett's top 10 paying dividend stocks for 2014  
The Street

Keurig sells Quebec-based Van Houtte chain to MTY  
The Globe and Mail

**Microsoft**  
Privacy  
Terms of use  
About our Ads  
Feedback  
Help  
MSN Worldwide

© 2014 Microsoft  
Like 314k  
Follow

(b)



(a)

**Figure 5.1 (a) La version originale de la page d'accueil du site Web msn.com et (b) la version personnalisée de la même page Web**

### 5.2.1 Temps de chargement

Le tableau 2 présente le temps de chargement de chacune des pages Web d'essai avant la personnalisation (en version originale), ainsi qu'après la personnalisation de chacun des participants. La dernière ligne du tableau montre que le temps de chargement moyen des pages

Web personnalisées a été réduit de 24 % à 48 % en fonction des pages Web et des modifications effectuées sur la page.

**Tableau 5.1 Temps de chargement de chaque page Web avant et après la personnalisation de chaque participant**

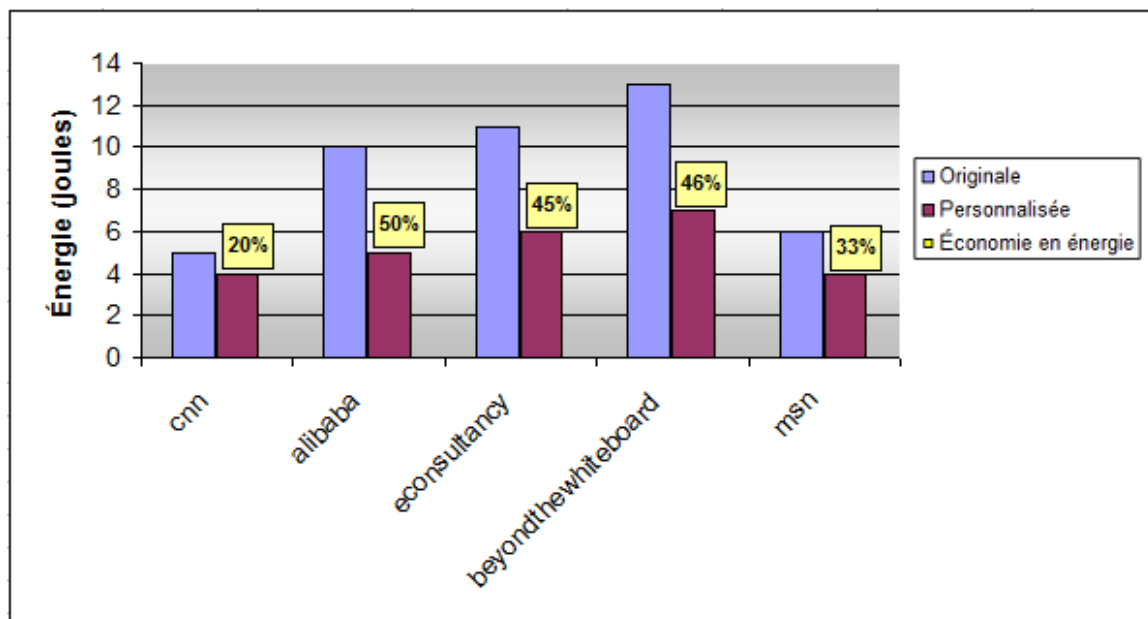
Site Web	cnn	alibaba	econsultancy	beyondthew hiteboard	msn
Version originale	<b>2841 ms</b>	<b>5300 ms</b>	<b>6000 ms</b>	<b>6522 ms</b>	<b>3500 ms</b>
Participant 1	2087 ms	3600 ms	3405 ms	3190 ms	2900 ms
Participant 2	2140 ms	2875 ms	3210 ms	5100 ms	2263 ms
Participant 3	1830 ms	2760 ms	3030 ms	2953 ms	2176 ms
Participant 4	2681 ms	4120 ms	4200 ms	3476 ms	2263 ms
Participant 5	2220 ms	3400 ms	3564 ms	3198 ms	2287 ms
Participant 6	1670 ms	2110 ms	3190 ms	3592 ms	2698 ms
Participant 7	2420 ms	3290 ms	3870 ms	3254 ms	2124 ms
Participant 8	2245 ms	2080 ms	3190 ms	3176 ms	2783 ms
Participant 9	1633 ms	1790 ms	3280 ms	3062 ms	2005 ms
Participant 10	2670 ms	2204 ms	4265 ms	3045 ms	2840 ms
Moyenne des pages personnalisées	<b>2160 ms</b>	<b>2823 ms</b>	<b>3520 ms</b>	<b>3404 ms</b>	<b>2434 ms</b>
Économie en temps de chargement	<b>24 %</b>	<b>47 %</b>	<b>42 %</b>	<b>48 %</b>	<b>31 %</b>

### 5.2.2. Consommation de l'énergie

Outre le temps de chargement, la consommation énergétique du navigateur pendant le chargement et l'affichage des pages Web d'essai a été également mesurée avant et après la personnalisation. Tout comme pour calculer le temps de chargement, cette consommation énergétique a été mesurée à partir du moment où le navigateur commence à traiter la demande

de navigation jusqu'à ce que la page demandée soit entièrement rendue. Les chiffres obtenus sont présentés dans la figure 5.2. Cette figure est générée à partir des versions mobiles des sites indiqués. L'exception est <http://beyondthewhiteboard.com> qui ne dispose pas d'un site Web mobile. En conséquence, la quantité de données nécessaires pour récupérer ce site est significativement plus élevée que pour d'autres sites. Par exemple, la page de «beyondthewhiteboard» contient de nombreuses images, y compris une image de bienvenue de 751 Ko.

En effet, la figure 5.2 présente la quantité d'énergie consommée par le navigateur pour charger et afficher les pages Web originales ainsi que la quantité d'énergie consommée pour charger et afficher ces mêmes pages Web après les avoir personnalisées (cette valeur représente la moyenne des consommations des différentes versions personnalisées par les participants). En outre, cette figure montre le pourcentage d'énergie économisée en effectuant la personnalisation sur chacune des pages. Ces pourcentages montrent que la personnalisation des pages Web d'essai a permis d'économiser entre 20 % et 50 % d'énergie.

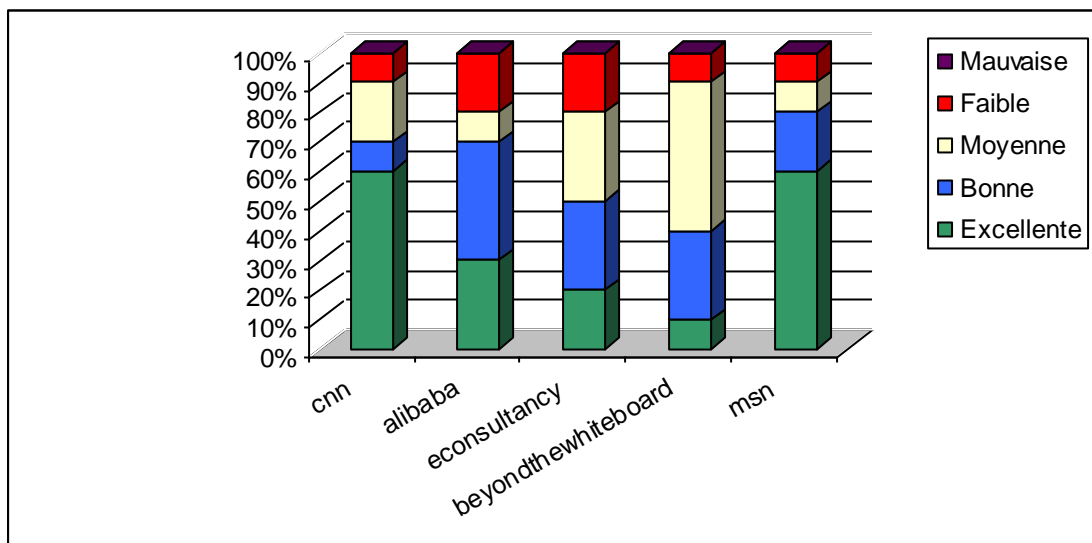


**Figure 5.2 Consommation d'énergie des pages Web d'essai avant et après la personnalisation**

La réduction, en termes de temps de chargement ou de consommation d'énergie, est justifiée par la réduction des tailles des fichiers de toutes les pages Web après leur personnalisation, tout en sachant que tous les participants ont procédé à la suppression d'un ou plusieurs éléments (principalement des images), qui les intéressaient moins, de chacune des pages Web d'essai.

### 5.2.3. Satisfaction des utilisateurs

La figure 5.3 résume les résultats de l'évaluation subjective. Comme le présente cette figure, au moins 70 % des participants ont donné des notes satisfaisantes aux pages Web d'essai. Les pages de msn et cnn ont particulièrement reçu d'excellentes notes de la part de la plupart des participants. En outre, aucun participant n'a évalué une des pages d'essai personnalisée comme «mauvaise».



**Figure 5.3** Résultat de l'évaluation subjective de la satisfaction des participants

Une observation intéressante de cette évaluation est que la plupart des participants ont confirmé qu'ils sont prêts à faire des sacrifices en termes de richesse de contenu et de fonctionnalités en échange d'une meilleure expérience utilisateur mobile. La chose qu'ils ne



sacrifieront pas, cependant, est la vitesse. En plus, contrairement aux utilisateurs du Web classique, les utilisateurs mobiles paient pour chaque mégaoctet de données qu'ils consomment, ils sont donc beaucoup plus préoccupés par le volume de données qu'ils utilisent lors de la navigation.

Compte tenu de la diversité des profils des participants à l'évaluation du système proposé, ainsi que celle des pages Web d'essai, les résultats de l'évaluation du temps de chargement des pages, de la consommation d'énergie et de l'appréciation générale des participants sur l'expérience de navigation sur les versions personnalisées des pages d'essai démontrent l'efficacité globale du système proposé. Autrement dit, la personnalisation du contenu des pages Web mobiles, notamment la suppression des éléments inutiles ou moins intéressants, a permis la réduction du temps de chargement des pages, l'économie de la consommation d'énergie, et par conséquent, l'amélioration de l'expérience utilisateur mobile.

## Conclusion

Grâce aux nouvelles technologies de réseaux sans fil et des progrès dans la miniaturisation du matériel, nous nous dirigeons incontestablement vers un monde où l'utilisateur devient mobile. Mais si ces nouvelles technologies sont attrayantes pour l'utilisateur, elles représentent de nouveaux défis en termes d'interaction entre l'homme et la machine. En effet, les limitations liées aux ressources des terminaux mobiles et aux capacités des réseaux sans fil génèrent des problèmes qui peuvent nuire à l'expérience utilisateur. D'autre part, les utilisateurs ont tendance à traiter leur appareil mobile d'une manière tout à fait personnelle et affective [35]. Ils préfèrent accéder à des services et à des contenus plus personnalisés quand il est question de navigation mobile. La mobilité spatiale doit être considérée comme la principale raison derrière ce comportement, qui est tout à fait normal compte tenu de la perspective de l'utilisateur. Le téléphone mobile est un appareil portable, omniprésent et disponible, capable de refléter la personnalité et les préférences de l'utilisateur.

Ces contraintes, revers de la médaille de la mobilité, ainsi que la multiplicité des demandes et des préférences des utilisateurs, ne constituent pas un mur infranchissable. Adapter les contenus du Web mobile dans le but de surmonter ces contraintes et de mieux répondre aux besoins et préférences des utilisateurs suscite un intérêt croissant. De nombreuses études ont été faites sur les différentes méthodes d'adaptation, dont certaines ont été présentées au chapitre 3. L'étude de quelques solutions existantes dans le monde de l'adaptation du Web mobile, ainsi qu'une étude du marché des navigateurs mobiles existants a permis de relever certains concepts intéressants, qui ont alimenté la réflexion au sujet des choix d'implémentation. Ces différents choix ont été décrits dans le chapitre 4, d'abord par le schéma général qui illustre l'architecture de la solution (section 4.2), ensuite par les différentes parties qui la compose et ont été détaillées dans les sections suivantes. Le mécanisme du système de personnalisation présuppose deux phases : l'accumulation d'informations de l'utilisateur, afin d'établir un profil qui illustre un ensemble de descripteurs de ses propres choix. Ces choix sont transmis directement par l'utilisateur grâce à une interface graphique

intuitive (section 4.2.1). La deuxième phase consiste à analyser les informations de l'utilisateur et enfin lui transmettre le contenu personnalisé. Le serveur proxy (section 4.2.2) s'est révélé être l'élément au cœur du mécanisme du système puisque c'est là où se déroule toute la transformation du contenu: il reçoit le contenu original provenant du serveur Web, l'analyse, y applique les transformations nécessaires et enfin envoie la version personnalisée à l'utilisateur. Les règles d'adaptation effectuées par les utilisateurs sont stockées dans un serveur de base de données (section 4.2.3). Un prototype a été réalisé pour évaluer nos propositions (section 4.3). Les résultats de la personnalisation à l'aide de ce prototype ont pu être visibles dans la section 5.2, où un essai pratique, réalisé par un des participants à l'évaluation du système, a pu révéler les possibilités offertes par l'utilisation de la solution. Les expérimentations menées avec le prototype, à l'aide d'un nombre de participants, ont montré la faisabilité et la pertinence de l'approche proposée. Les résultats de ces expérimentations ont été, notamment, présentés dans le chapitre 5.

Les différentes recherches et analyses effectuées dans le cadre de l'élaboration du présent essai ont permis de comprendre les spécificités du monde du Web mobile. L'utilisateur mobile devrait être conscient qu'il y a des compromis à faire afin d'équilibrer les forces et les faiblesses de cet environnement. Par exemple, l'utilisateur devrait sacrifier un grand écran afin de bénéficier de la mobilité de son appareil puisqu'on ne peut pas se déplacer partout avec un grand écran. L'enjeu est de contourner les difficultés et d'exploiter les opportunités. C'est dans cette perspective que l'adaptation du contenu du Web, basée sur la personnalisation, pour les appareils mobiles en représente une approche prometteuse.

Les résultats expérimentaux obtenus montrent que la méthode proposée est capable de réduire le temps de chargement des pages Web et la consommation de l'énergie des appareils mobiles et ainsi améliorer l'expérience utilisateur de navigation mobile. Compte tenu des résultats expérimentaux et du taux de satisfaction des participants qui ont procédé à l'évaluation du système, on peut conclure que la solution est efficace et répond à un besoin réel.

Le système proposé est, à notre connaissance, le premier prototype visant à étudier la personnalisation du contenu du Web mobile par utilisateur et par page Web. Plusieurs axes d'améliorations sont envisageables. La liste suivante expose les limites et les travaux futurs relatifs au prototype :

- Le serveur proxy du prototype réalisé traite seulement les requêtes du protocole HTTP, celles du protocole HTTPS passent directement au serveur Web;
- Le prototype traite seulement les sites Web utilisant le codage de caractère UTF-8;
- Le prototype implémente une stratégie simple de gestion de cache de contenus personnalisés. Pour leur part, les profils des utilisateurs ne sont pas mis en cache, ce qui amène le proxy à récupérer le profil auprès du répertoire des profils à chaque nouvelle requête. Il est clair qu'il serait pertinent de mettre en place des mécanismes de gestion de cache (cache de contenu, cache de profil) plus évolués. Cela, bien évidemment, aiderait à mieux réaliser l'un des principaux objectifs du système qu'est l'amélioration de la vitesse de chargement des pages Web;
- Ajouter un concept de profil de groupe, observable actuellement avec le concept du Web social. En effet, au delà du «profil utilisateur» qui permet à celui-ci de personnaliser le contenu de toutes les pages Web qu'il visite, l'utilisateur pourrait, en plus, proposer ce profil de personnalisation à un autre utilisateur. Ce dernier, qui n'a qu'à accepter la proposition sans avoir à effectuer lui même les changements, créerait ainsi un profil commun d'un groupe de personnes liées par les mêmes préférences, les mêmes besoins ou les mêmes conditions;
- Enfin, la dernière perspective concerne la capacité de la solution à pouvoir être intégrée plus ou moins facilement en vue de fonctionner avec différents navigateurs mobiles; Selon le Manuel d'Oslo (édition 2005) «Une innovation de produit n'en est une que si elle est implémentée». L'approche proposée est intéressante et novatrice, elle représente une nouvelle façon de naviguer sur les appareils mobiles. Toutefois, il faut penser à la façon de la rendre exploitable, plus précisément, comment l'intégrer aux navigateurs mobiles. En effet, dans le prototype réalisé dans le cadre de cet essai, un navigateur mobile a été développé pour supporter le système proposé, sans lequel il

aurait pu être impossible d'évaluer la solution, puisque cette dernière ne peut fonctionner seule. Elle est destinée uniquement à apporter des fonctionnalités d'amélioration à un navigateur Web mobile. Cependant, pour que cette dernière soit profitable, deux champs d'investigation, qui semblent intéressants à approfondir dans des travaux futurs, sont proposés. La première possibilité serait de permettre d'intégrer le système, sous forme d'extension, au navigateur mobile natif. Dans ce cas, le système gardera toutes ses fonctionnalités notamment celles de la navigation Web. De cette façon, l'utilisateur aura la possibilité de basculer entre l'interface de son navigateur natif pour une navigation ordinaire et l'interface du navigateur du système pour une navigation via le proxy de personnalisation de contenu. La deuxième possibilité consiste aussi à intégrer le système sous forme d'extension, mais contrairement à la première possibilité, le système serait implanté sans l'interface de navigation. Et donc, cette extension ajouterait seulement les deux fonctionnalités «éditeur» et «profil de l'utilisateur» à l'interface du navigateur natif. L'utilisateur aura toujours la possibilité de basculer entre une navigation ordinaire et une navigation via le proxy. Cette dernière serait réalisée par redirection de l'adresse demandée vers le serveur proxy. Cette deuxième possibilité semble plus intéressante que la première, mais elle est aussi plus complexe, parce que pour être adoptée, les navigateurs mobiles natifs doivent être en mesure, non seulement de supporter les extensions, mais aussi de permettre l'accès à leurs APIs (*application program interface*), afin de pouvoir communiquer et échanger des informations avec le programme de l'extension, chose qui, à l'heure actuelle, n'est pas possible pour la plupart des navigateurs mobile existants.

## Liste des références

- [1] Chen, Y., Ma, W-Y., et Zang, H-J., *Detecting Web page structure for adaptive viewing on small form factor devices*, Proceedings of the 12th International Conference on WWW, Budapest, Hongrie, 2003, p. 225-233.
- [2] W3C, *Composite Capability/Preference Profile (CC/PP): Structure and Vocabularies 1.0*, <http://www.w3c.org/TR/2004/REC-CCPP-struct-vocab-20040115>, 2004.
- [3] WAP Forum, *Wireless Application Group User Agent Profile Specification*, <http://www.wapforum.org/>, 10 novembre 1999.
- [4] Hwang, Y., Kim, J., et Seo, E., *Structure-Aware Web Transcoding for Mobile Devices*, IEEE Internet Computing Magazine, vol. 7, Septembre 2003, p. 14-21.
- [5] Bowie, M., *Adaptation of a Webshop for Mobile Devices*, Mémoire de maîtrise, Dept. of Computer Science, Fribourg University, Octobre 2005.
- [6] Freire, J., Kumar, B., et Lieuwen, D.F., *Webviews: Accessing Personalized Web Content and Services*, Proceedings of 10th WWW Conference, ACM Press, 2001, p. 576-586.
- [7] Buyukkokten, O., Kaljuvee, O., Garcia-Molina, H., Paepcke, A., et Winograd, T., *Efficient Web browsing on handheld devices using page and form summarization*, ACM Transactions on Information Systems, vol. 20, no. 1, 2002, p. 82–115.
- [8] Muntean, C. H., et McManis, J., *A QoS-aware adaptive Webbased system*, Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, vol. 4, Juin 2004, p. 2204-2208.

- [9] Tamai, M., Sun, T., Yasumoto, K., Shibata, N., et Ito, M., *Energyaware video streaming with QoS control for portable computing devices*, Proceedings of the 14th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video, New York, 2004.
- [10] Nagao, K., *Digital Content Annotation and Transcoding*. Artech House Publishers, 2003.
- [11] American Customer Satisfaction Index (ACSI), *Quarterly Update on U.S. Overall Customer Satisfaction: Results for: Internet Service Providers*, [http://www.theacsi.org/images/stories/images/reports/13may\\_Telecom-Report.pdf](http://www.theacsi.org/images/stories/images/reports/13may_Telecom-Report.pdf), 21 mai 2013.
- [12] Hoi, K., *Document visualization on small displays*, Thèse de doctorat, Springer, 2000.
- [13] Lam, H., et Baudisch, P., *Summary thumbnails: readable overviews for small screen Web browsers*, *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2005, p. 681-690.
- [14] IBM Inc. *WebSphere Transcoding Publisher (WTP)*, <http://www.redbooks.ibm.com/pubs/pdfs/redbooks/sg245965.pdf>, Septembre 2000.
- [15] Thiagarajan, N., Aggarwal, G., Nicoara, A., Boneh, D., et Singh, J.P., *Who killed my battery?: analyzing mobile browser energy consumption*, 21st international conference on World Wide Web, Lyon, 16-20 avril 2012, p. 41-50.
- [16] Rahmati, A., Tossell, C., Shepard, C., Kortum, P., et Zhong, L., *Exploring iphone usage: The influence of socioeconomic differences on smartphone adoption, usage and usability*, *MobileHCI*, ACM (2012), p. 11-20.

- [17] Anderson, C. R., Domingos, P., et Weld, D.S., *Personalizing Web Sites for Mobile Users*, Proceedings of the 10th Conference on the World Wide Web (WWW10), 2001.
- [18] Compuware Corporation , *What Users Want from Mobile*, [http://e-commercefacts.com/research/2011/07/what-usrs-want-from-mobil/19986\\_WhatMobileUsersWant\\_Wp.pdf](http://e-commercefacts.com/research/2011/07/what-usrs-want-from-mobil/19986_WhatMobileUsersWant_Wp.pdf), Juillet 2011.
- [19] Grant, G.G., *Managing Telecommunications and Networking Technologies in the 21st Century: Issues and Trends*, Idea Group Inc (IGI), 1 juillet 2000, 280 p.
- [20] Li, X., Li, J., *Quality-Based Content Delivery over the Internet*, Springer Science & Business Media, 28 décembre 2011, 152 p.
- [21] Kennedy, M., Venkataraman, H., et Muntean, G. M., *Battery and stream-aware adaptive multimedia delivery for wireless devices*, Proceedings of the 35th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN '10), Octobre 2010, p. 843-846.
- [22] Gartner, *Gartner Says Smartphone Sales Accounted for 55 Percent of Overall Mobile Phone Sales in Third Quarter of 2013*, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>, Novembre 2013.
- [23] Commission Européenne, *La 5G, ou son utilité selon la Commission Européenne* <http://www.numerama.com/magazine/28542-la-5g-ou-son-utilite-selon-la-commission-europeenne.html>, 24 Février 2014.
- [24] Gupta, A., Kumar, A., Mayank, Tripathi, V. N., et Tapaswi, S., *Mobile Web: Web*



- manipulation for small displays using multi-level hierarchy page segmentation*, Actes de la 4ème conférence internationale sur la technologie mobile, les applications et les systèmes, Singapore, 2007, p. 599-606.
- [25] Hua, Z., Xie, X., Liu, H., Lu, H., et Ma, W.-Y., *Design and performance studies of an adaptive scheme for serving dynamic Web content in a mobile computing environment*, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Volume 5 Issue 12, Décembre 2006, p. 1650-1662.
- [26] Xie, X., Miao, G., Song, R., Wen, J.-R., et Ma, W.-Y., *Efficient browsing of Web search results on mobile devices based on block importance model*, Actes de la 3ème Conférence internationale IEEE sur «*Pervasive Computing and Communications*» (PerCom 2005), Kauai, Hawaii, 2005, p. 17-26.
- [27] Borodin, Y., Mahmud, J., et Ramakrishnan, I.V., *Context browsing with mobiles - when less is more*, Actes de la 5ème conférence internationale sur la technologie mobile, les applications et les systèmes (MobiSys'07), San Juan, Puerto Rico, 2007, p. 3-15.
- [28] Hattori, G., Hoashi, K., Matsumoto, K., et Sugaya, F., *Robust Web page segmentation for mobile terminal using content-distances and page layout information*, Actes de la 16ème conférence internationale sur le *World Wide Web*, Banff, Alberta, Canada, 2007, p. 361-370.
- [29] Yin, X. et Lee, W. S., *Using link analysis to improve layout on mobile devices*, Actes de la 13ème conférence internationale sur le *World Wide Web*, New York, NY, 2004, p. 338-344.

- [30] Yang, C. C. et Wang, F. L., *Fractal summarization for mobile devices to access large documents on the Web*, Actes de la 12ème conférence internationale sur le *World Wide Web*, Budapest, Hongrie, 2003, p. 215-224.
- [31] Otterbacher, J., Radev, D., et Kareem, O., *News to go: hierarchical text summarization for mobile devices*, Actes de la 29e Conférence internationale annuelle SIGIR ACM sur la recherche et le développement dans l'extraction d'informations, Seattle, Washington, 2006, p. 589-596.
- [32] Zhou, B., Hui, S. C., Chang, K., *An intelligent recommender system using sequential Web access patterns*, Conférence IEEE : Cybernétique et systèmes intelligents (Volume:1), Décembre 2004, p. 393-398.
- [33] Hsiao, J.-L., Hung, H.-P., et Chen, M.-S., *Versatile transcoding proxy for Internet content adaptation*, IEEE Transactions on Multimedia (Volume 10 Issue 4), p. 646-658.
- [34] StatCounter Global Stats, *Mobile internet usage soars by 67 %*, <http://gs.statcounter.com/press/mobile-internet-usage-soars-by-67-perc>, Septembre 2014.
- [35] Chae, M., et Kim, J., *What's so different about the mobile Internet?*, *Communications of the ACM*, Volume 46 Issue 12, 2003, p. 240-247.

**Annexe 1**  
**Bibliographie**

Daoust, F. et Hazaël-Massieux, D., *Relever le défi du Web mobile*, Eyrolles., 2011, 300 p.

Firtman, M., *Programming the Mobile Web*, «O'Reilly Media, Inc.», 2013, 742 p.

Graham Charlton (Econsultancy), Showrooming is on the rise : stats, <https://econsultancy.com/blog/63268-showrooming-is-on-the-rise-stats>, Août 2013.

Hu, Wen-Chen., *Emergent Trends in Personal, Mobile, and Handheld Computing Technologies*, IGI Global, 2012, 432 p.

ITU, *Mobile-cellular subscriptions*, <http://www.itu.int/en/ITUUD/Statistics/Pages/stat/default.aspx>, 2014.

Jani, N. N., *Mobile Computing: (technologies and Applications)*, S. Chand, 2009, 231 p.

J. O'Farrell, M., R. Levine, J., Algroy, J., Pearce, J., Appelquist, D., *Mobile Internet For Dummies*, John Wiley & Sons, 2008, 296 p.

Bellavista, P., Corradi, A., *The Handbook of Mobile Middleware*, CRC Press, 2006, 1377 p.

J. Pazzani, M., *Personalization for the Mobile Web: A Position Paper*, <http://www9.org/w2-mobileWeb/PazzaniMobileWeb.html>.

Morley, D., Parker, C., *Understanding Computers: Today and Tomorrow, Comprehensive*, Cengage Learning, 2014, 752 p.

Oliveira, M., The Canadian Press, *Google Says Canadians Are Addicted To And Buying More Smartphones*, [http://www.huffingtonpost.ca/2013/07/29/smartphones-canadians-addicted\\_n\\_3670161.html](http://www.huffingtonpost.ca/2013/07/29/smartphones-canadians-addicted_n_3670161.html), 09/28/2013.

Pearce, J., *Professional Mobile Web Development with WordPress, Joomla! and Drupal*, John Wiley & Sons, 2011, 528 p.

Pires, T., *Histoire du Web mobile*, <http://marketing-Webmobile.fr/2011/10/histoire-du-Web-mobile/>, 11 octobre 2011.

Rahn Frederick, G., Lal, R., *Beginning Smartphone Web Development*, Apress, 2010, 368 p.

Rohs, M., Gfeller, B., *Using Camera-Equipped Mobile Phones for Interacting with Real-World Objects*, <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/rohs-gfeller-visualcodes-2004.pdf>, 2004.

Sacks, M., *Pro Website Development and Operations: Streamlining DevOps for large-scale Websites*, Apress, 2012, 124 p.

Sauter, M., *3G, 4G and Beyond: Bringing Networks, Devices and the Web Together*, John Wiley & Sons, 2013, 384 p.

Song, T-S., Lee, J-S., Choy, Y-C., Lim, S-B., *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence*, Chapitre: *Personalization of Web Contents Transcoding for Mobile Device Users*, Springer Berlin Heidelberg, 2006, 512-521 p.

Stefanov, S., *Web Performance Daybook*, «O'Reilly Media, Inc.», 2012, 191 p.

Wikipedia, *Camera phone*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Camera\\_phone](http://en.wikipedia.org/wiki/Camera_phone), 2014.

Wikipedia, *Consommation énergétique d'un smartphone*, [http://fr.wikipedia.org/wiki/Consommation\\_%C3%A9nerg%C3%A9tique\\_d'un\\_smartphone](http://fr.wikipedia.org/wiki/Consommation_%C3%A9nerg%C3%A9tique_d'un_smartphone), 2014.

Wikipedia, *History of the Internet - Mobile phones and the Internet*, [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_the\\_Internet#Mobile\\_phones\\_and\\_the\\_Internet](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_Internet#Mobile_phones_and_the_Internet), 2014.

Wikipedia, *NetFront*, <http://fr.wikipedia.org/wiki/NetFront>, 2013.

Wishpond Technologies Ltd., *New Trends of Mobile Users and Their Shopping Behaviour*, <http://corp.wishpond.com/mobile-marketing-resources/new-trends-of-mobile-users-and-their-shopping-behaviour/>.

Zakas, Nicholas C., *The Evolution of Web Development for Mobile Devices*, <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=2441756>, 17 février 2013.

**Annexe 2**  
**Questionnaire de sondage**

## **Questionnaire de satisfaction**

Dans le cadre de l'essai, nous aimerions évaluer l'efficacité du système proposé. Nous apprécierions, donc, si vous pouvez prendre un moment pour nous aider à compléter cette évaluation. Merci.

**1. Avez-vous utilisé votre téléphone mobile au cours des 12 derniers mois pour accéder / surfer sur Internet?**

- Oui
- Non
- Je ne possède pas un téléphone mobile

**2. Combien de fois, habituellement, vous accédez à Internet depuis votre téléphone mobile?**

- Plusieurs fois par jour
- Une fois par jour
- Quelques fois par semaine
- Quelques fois par mois
- Moins d'une fois par mois

**3. Quel âge avez-vous?**

- Moins de 16 ans
- Entre 16 et 25 ans
- Entre 25 et 39 ans
- Entre 40 et 64 ans
- Plus que 64 ans

**4. Quel est votre sexe?**

- Femme
- Homme



**5. Quel est votre tranche de revenu annuel total du ménage avant impôt?**

- Entre 0 et \$25,000
- Entre \$25,000 et \$50,000
- Entre \$50,000 et \$75,000
- Entre \$75,000 et \$100,000
- Plus que \$100,000
- Pas de réponse

**6. Quelle est votre appréciation sur chacun des critères suivants concernant la qualité de l'expérience utilisateur du système proposé?**

<b>Appréciation Critère</b>	<b>Très satisfait</b>	<b>Satisfait</b>	<b>Peu satisfait</b>	<b>Pas du tout satisfait</b>	<b>Je ne sais pas</b>
<b>Vitesse de chargement</b>					
<b>Consommation de l'énergie</b>					
<b>Personnalisation du contenu</b>					

**7. Quelle est votre appréciation générale de la qualité de l'expérience utilisateur du système proposé?**

- Excellente
- Bonne
- Moyenne
- Faible
- Mauvaise

**8. Est-ce que vous estimez, en général, que l'expérience utilisateur de la navigation sur les sites Web d'essai est meilleure après la personnalisation de leurs contenus?**

Oui

Non

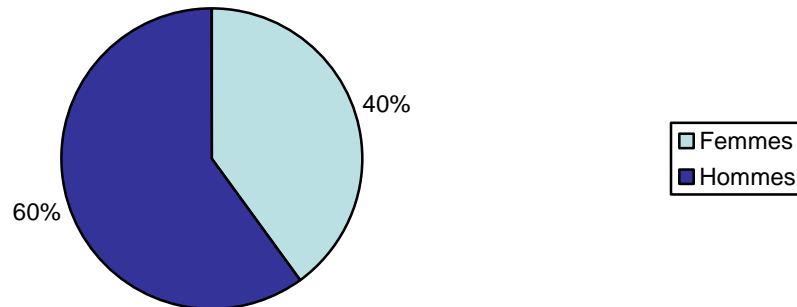
**9. Avez-vous d'autres commentaires sur le système?**

A large empty rectangular box with a thin grey border, intended for the user to provide additional comments on the system. A small double-slash icon is visible in the bottom right corner of the box.

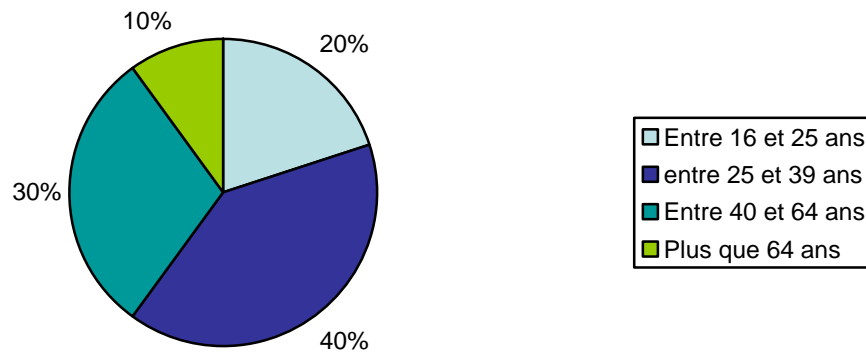
**Annexe 3**  
**Profil des personnes sondées**

## Profils des personnes participantes à l'évaluation

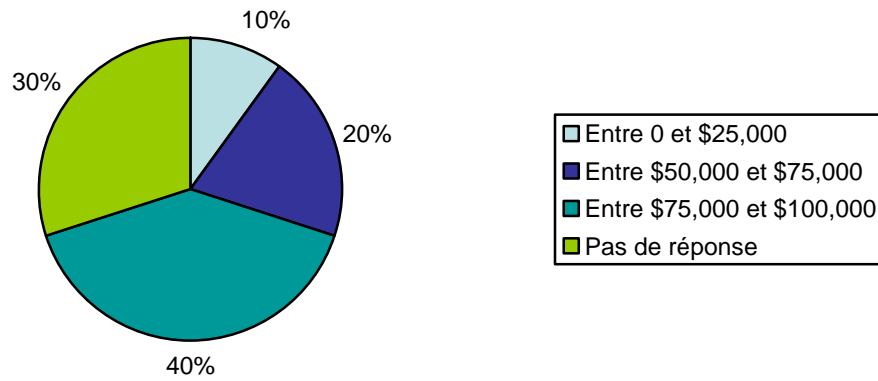
□ Sexe



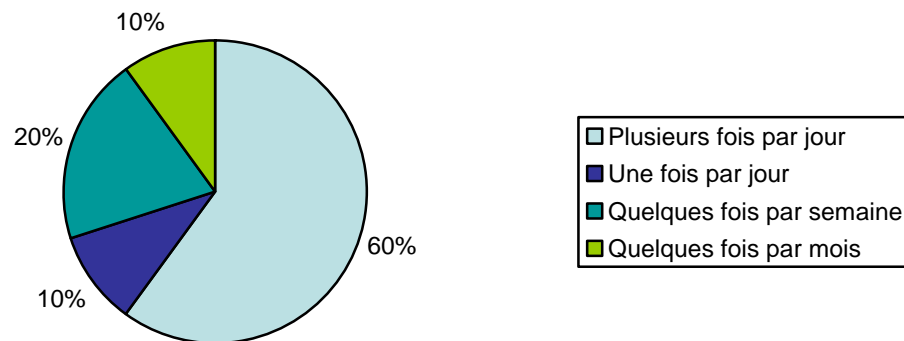
□ Âge



□ **Tranche de revenu annuel total du ménage avant impôt**

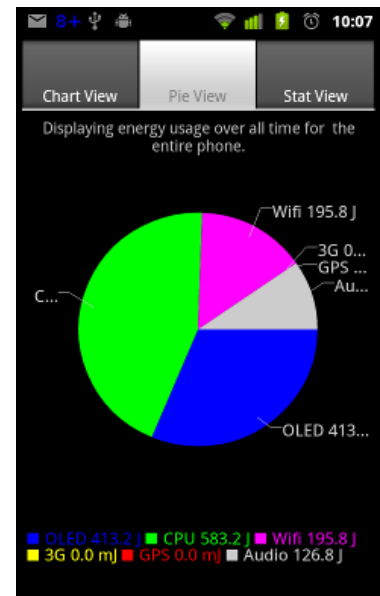
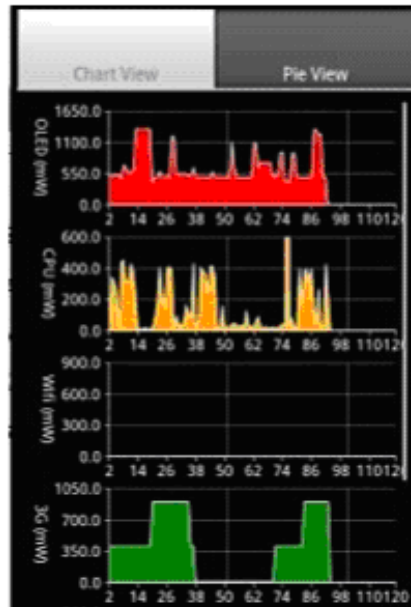


□ **Fréquence d'utilisation d'Internet mobile**



**Annexe 4**  
**L'outil Power Tutor**

Copies écran de l'outil «PowerTutor» qui permet de mesurer la consommation énergétique des applications dans la plateforme d'Android:



**Annexe 5**  
**Algorithmes**



L'algorithme qui permet de calculer le temps de chargement d'une page Web :  
(Source : <http://stackoverflow.com/>)

```
private long startTime;
private long finishedTime;

    @Override
    public void onPageStarted(WebView view, String url, Bitmap
favicon) {
        startTime = System.nanoTime();
    }

    @Override
    public void onPageFinished(WebView view, String url) {
        super.onPageFinished(view, url);

        finishedTime = System.nanoTime();

        long timeToFullLoad = finishedTime - startTime;
    }
```

