



**HAL**  
open science

## Projet ANR MORE : Documentation développeurs

Jonathan Ponroy, Olivier Zendra

► **To cite this version:**

Jonathan Ponroy, Olivier Zendra. Projet ANR MORE : Documentation développeurs. [Rapport Technique] RT-0397, 2010, pp.31. inria-00529677v1

**HAL Id: inria-00529677**

**<https://inria.hal.science/inria-00529677v1>**

Submitted on 10 Nov 2010 (v1), last revised 26 Nov 2010 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE

***Projet ANR MORE : Documentation développeurs***

Jonathan Ponroy, Olivier Zendra

**N° 0397**

Octobre 2010

Embedded System Code Optimization

A large blue rectangle occupies the lower half of the page. Overlaid on it is the text 'Rapport de recherche' in a serif font. The 'R' is large and light gray, with a horizontal line extending from its base. The words 'apport' and 'de recherche' are in a smaller, italicized serif font.

**R**apport  
de recherche



## Projet ANR MORE : Technical documentation

Jonathan Ponroy<sup>1</sup>, Olivier Zendra<sup>2</sup>

Thème Optimisations Multi Critère de code  
Projet MORE

Rapport de recherche n° 0397 – Octobre 2010 - 31 pages

**Abstract:** The MORE (Multicriteria Optimizations for Real-time Embedded systems) project is aimed at developing a platform allowing iterative code optimization according to three criteria : code size, energy consumption caused by memory accesses and the worst cased execution time. This project is based on Ottawa software platform from IRIT laboratory. We intend to describe first this project with commonly point of view then oriented developer.

**Keywords:** optimization, embedded systems, multi-criteria, technical documentation

---

<sup>1</sup> Inria Nancy Grand Est – jonathan.ponroy@inria.fr

<sup>2</sup> Inria Nancy Grand Est – olivier.zendra@inria.fr

## **Projet ANR MORE : Technical documentation**

**Résumé:** Le projet MORE (Multicriteria Optimizations for Real-time Embedded systems) est un projet visant à proposer une plateforme permettant d'optimiser du code de façon itérative selon 3 critères et de façon conjointe : la taille du code, la consommation énergétique liée aux accès à la mémoire et le temps d'exécution pire cas. Ce projet repose sur la plateforme logicielle Ottawa.de l'IRIT et que nous proposons dans ce document de décrire, tout d'abord de manière général puis orienté développeur.

**Mots clés:** optimisation, système embarqués, multi-critères, documentation technique

## Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUCTION.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2 INFORMATION GÉNÉRALE.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3 LA PLATEFORME OTAWA .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>4 SYSTEMC .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>5 ETUDE DE L'ENERGIE .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>6 CACTI.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>7 BENCHMARKS ET CROSS COMPILATEUR.....</b>   | <b>7</b>  |
| 7.1    GENERATION DU CROSS-COMPILATEUR .....  | 8         |
| 7.2    GENERATION DES BENCHS AVEC LE CROSS-COMPILATEUR .....                            | 8         |
| <b>8 OTAWA ET LE PROJET MORE .....</b>  | <b>9</b>  |
| 8.1    PRE REQUIS LOGICIEL .....  | 9         |
| 8.2    RECUPERER ET COMPILER OTAWA.....   | 9         |
| 8.3    OTAWA DANS ECLIPSE.....  | 11        |
| <b>9 FONCTIONNEMENT DU PIPELINE PROCESSEUR.....</b>                                     | <b>12</b> |
| 9.1    QUELQUES PRECISIONS SUR CERTAINS MODULES.....                                    | 12        |
| <b>10 FONCTIONNEMENT DE LA MEMOIRE CACHE.....</b>                                       | <b>12</b> |
| 10.1    DIRECT MAPPED CACHE.....  | 12        |
| 10.2    FULL ASSOCIATIVE CACHE .....  | 13        |
| 10.3    N-WAY SET ASSOCIATIVE CACHE .....   | 14        |
| 10.4    POLITIQUES D'ECRITURE.....  | 14        |
| 10.5    DIAGRAMME DE CLASSE DU CACHE MODELISE .....                                     | 14        |
| 10.6    GENERICSTATE ET MEMORYSYSTEM.....   | 15        |
| <b>11 IMPLEMENTATION DU CALCUL DE L'ENERGIE .....</b>                                   | <b>16</b> |
| 11.1    IMPLEMENTATION DE LA HIERARCHIE MEMOIRE .....                                   | 16        |
| 11.2    SPM ET STATISTIQUE DES DONNEES .....  | 20        |
| 11.3    CALCUL DE L'ENERGIE.....  | 20        |
| <b>12 CREATION DES DIAGRAMMES A PARTIR DES RESULTATS SOUS OPEN<br/>    OFFICE .....</b> | <b>20</b> |
| <b>13 DOCUMENTATION DOXYGEN DANS OTAWA .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>14 GUIDE D'UTILISATION DE L'OUTIL DE CALCUL DE L'ENERGIE .....</b>                   | <b>26</b> |

## 1 Introduction

Ce document a pour but d'aider un développeur à acquérir les connaissances requises ainsi que les informations sur les logiciels utilisés et les développements réalisés au sein de l'INRIA Nan-

cy Grand Est. Celui-ci sera complété au fur et à mesure des prises de connaissances et des développements réalisés.

## 2 Information générale

Le projet MORE (Multicriteria Optimizations for Real-time Embedded systems) (<http://www.irit.fr/recherches/ARCHI/MARCH/MORE/doku.php>) est un projet visant à proposer une plateforme permettant d'optimiser du code de façon itérative selon 3 critères et de façon conjointe.

Ces trois critères sont :

- La taille du code
- la consommation énergétique liée aux accès à la mémoire
- Le temps d'exécution pire cas WCET (Worst-case execution time)

Dans le cadre de ce projet, 3 équipes se sont associées en apportant leurs connaissances :

- L'IRIT et l'équipe TRACES (<http://www.irit.fr/recherches/ARCHI/MARCH/>) qui est spécialisée dans l'étude du WCET. Cette étude est réalisée sur leur plateforme logiciel Ottawa ([www.otawa.fr](http://www.otawa.fr)) et sur laquelle les deux autres équipes vont insérer leur module. Hugues cassé ([casse@irit.fr](mailto:casse@irit.fr)) et Christine Rochange ([rochange@irit.fr](mailto:rochange@irit.fr)) sont les développeurs d'Ottawa dans l'équipe TRACE. Il gère le dépôt ainsi que le site du projet MORE. Pour toutes questions techniques et création de comptes, c'est à eux qu'il faudra s'adresser.
- Le LIP6 et l'équipe ALSOC vont apporter leurs connaissances dans la compression de code. Karine Heydemann ([karine.heydemann@lip6.fr](mailto:karine.heydemann@lip6.fr)) et Haluk Ozaktash développent le module de compression de code dans Ottawa. Haluk Ozaktash a une bonne connaissance de Ottawa et peut être interrogé pour obtenir des informations supplémentaires
- Le LORIA et l'équipe TRIO qui va apporter leurs connaissances dans l'étude de la consommation énergétique. L'étude et le développement sont menés par Olivier Zendra ([Olivier.Zendra@inria.fr](mailto:Olivier.Zendra@inria.fr)), Maha Idrissi Aouad ([maha.idrissiaouad@inria.fr](mailto:maha.idrissiaouad@inria.fr)) et Jonathan Ponroy ([jonathan.ponroy@inria.fr](mailto:jonathan.ponroy@inria.fr)).

Comme vous l'aurez compris, la pierre angulaire du projet est la plateforme logicielle Ottawa que nous allons maintenant décrire dans ce document d'abord de façon général puis plus orienté développeur.

## 3 La plateforme Ottawa

Nous allons décrire de manière générale ce qu'est Ottawa. Pour les personnes qui voudraient en savoir plus, vous pouvez visiter le site [www.otawa.fr](http://www.otawa.fr) ou contacter les développeurs de l'équipe TRACES indiqués ci-dessus.

Ottawa est une plateforme logiciel visant à simuler des plateformes matériels afin de mieux pouvoir étudier leurs comportements. A l'origine, elle a été développée pour étudier le WCET mais peut être étendue pour étudier d'autres aspects comme la consommation énergétique ou la compression de code.

## 4 SystemC

Pour réaliser cette simulation, Ottawa repose sur un framework écrit en C++ appelé SystemC mais également sur d'autres bibliothèques. SystemC est une bibliothèque, qui fournit des classes C++ adaptées à la modélisation de matériel ainsi qu'un moteur de simulation événementiel rapide. Ainsi, on peut simuler une porte combinatoire AND à 2 entrées comme le montre la Figure 1.

```
#include "systemc.h"
SC_MODULE(and2)
{
    sc_in<bool> e1;
```

```

sc_in<bool> e2;
sc_out<bool> s;

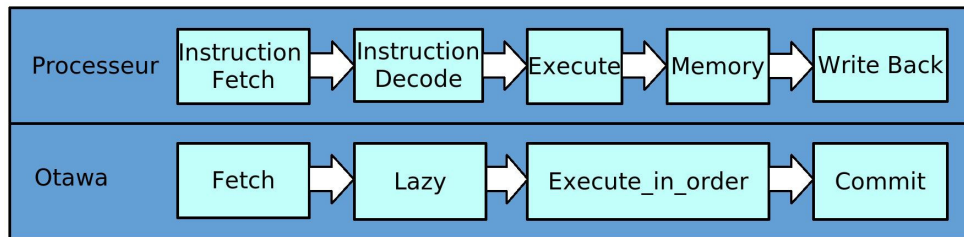
void compute_and()
{
    s = e1 & e2;
};

SC_CTOR(and2)
{
    SC_METHOD(compute_and);
    sensitive(e1);
    sensitive(e2);
}
};

```

**Figure 1 : code en SystemC d'une porte NAND**

Comme précisé sur la Figure 1, Ottawa utilise des bibliothèques pour pouvoir simuler les instructions PowerPC notamment GLISS qui a permis d'écrire facilement un simulateur d'instruction ppc et sur lequel se repose Ottawa. En effet, Ottawa n'exécute pas réellement les instructions mais à pour but de simuler le fonctionnement de l'environnement matériel (cache, mémoire,...) ainsi que l'aspect temporel de l'exécution (WCET).



**Figure 2. Pipeline d'un processeur et pipeline d'Ottawa**

Sur la Figure 2, vous pouvez voir la correspondance entre le pipeline d'instructions d'un processeur et le pipeline implémenté dans Ottawa. Ce pipeline est créé dans la fonction `GenericProcessor::build` se trouvant dans le fichier `GenericProcessor.cpp`. Cette fonction est chargée de créer les blocs ainsi que les liaisons entre eux en utilisant le framework SystemC.

La Figure 3 présente de façon plus précise les connexions entre les blocs du pipeline selon les principes du SystemC.



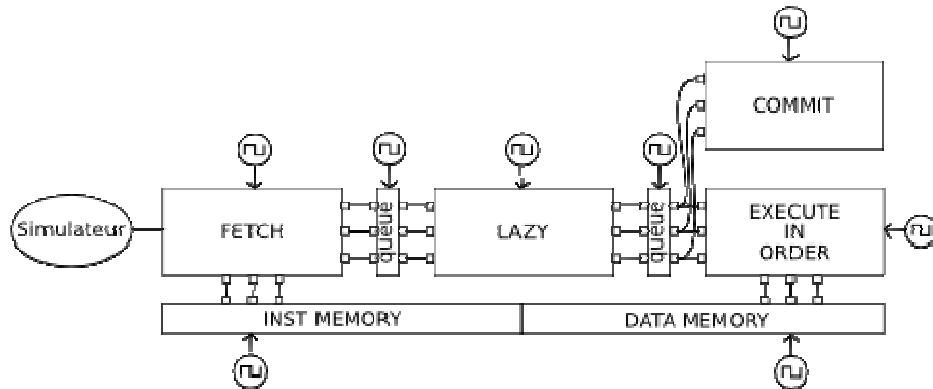


Figure 3 : Pipeline d'Otawa

Chacun des blocs est rythmé par une horloge SystemC comparable à une véritable horloge de processeur. A chaque front d'horloge, une instruction passe d'un bloc au suivant en passant par une queue. Le pipeline récupère les instructions du vrai simulateur (à gauche) qui exécute réellement ces instructions.

L'implémentation de ces blocs se trouve dans le répertoire ogensim :

- FETCH dans Fetch.h/cpp
- LAZY dans LazyStage.h/cpp
- EXECUTE\_IN\_ORDER, EXECUTE\_OUT\_OF\_ORDER et COMMIT dans Execute.h/cpp

Otawa permet donc au final de faire tourner du code powerPC par exemple sur une architecture donnée et de récupérer différentes informations via des features liés au WCET ou au accès de données en mémoire, etc. Une liste complète des features est disponible dans INSTALL\_DIR/share/Otawa/autodoc.

## 5 Etude de l'énergie

Dans le cadre du projet MORE, le LORIA doit étudier la consommation d'énergie qui dépend d'une architecture mémoire et des règles qui la régit. En général, une architecture mémoire se compose d'un processeur, d'un ou plusieurs niveaux de cache et d'une mémoire de masse comme le montre la Figure 4.

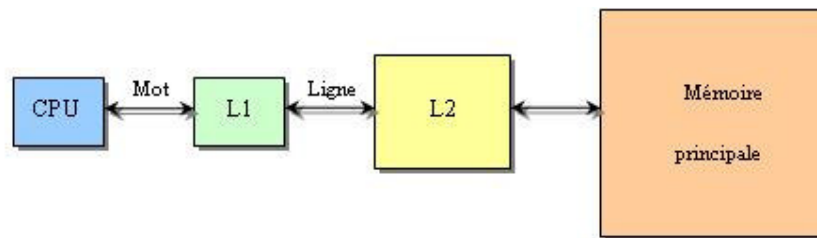


Figure 4 : Les niveaux de cache mémoire

La mémoire cache est petite mais rapide tandis que la mémoire principale est grande mais lente. Cette architecture permet d'accélérer en moyenne l'exécution du code ainsi que l'accès aux données mais cette architecture à un coût énergétique. On va donc étudier la gestion de ces différentes mémoires et leurs coûts afin de les optimiser, le but étant de minimiser le coût énergétique global.

Le calcul du coût énergétique peut, dans sa version la plus simple, se résumer en la sommation de termes tels que nombre d'accès à une mémoire \* coût énergétique d'accès à cette mémoire. Pour plus de précision sur les formules du calcul du coût, les différentes façon de gérer les différents niveau de mémoire, veuillez vous reporter au rapport du projet MORE disponible sur le site web MORE.

## 6 CACTI

Les informations nécessaires pour calculer le coût énergétique sont :

- le nombre d'accès mémoires
- le coût d'accès énergétique

La première donnée est, ou sera, obtenu grâce à Ottawa. La deuxième donnée est fourni quant à elle par un logiciel du nom de CACTI. En lui fournissant les caractéristiques d'une mémoire, il peut nous fournir, entre autre, des données sur le coût énergétique d'une écriture et d'un lecture dans cette mémoire. C'est un outil utilisable en ligne de commande. Vous trouverez à la fin de ce document, en annexe, la manière d'utiliser CACTI.

Maintenant que nous avons décrit de façon général le projet MORE et les différents outils utilisés, nous allons maintenant rentrer plus dans le détail de ce qui intéresse le développeur. Dans la suite nous allons donc voir comment récupérer OTAWA et ce qui a été développé dans le cadre du projet MORE, l'architecture de Ottawa, comment compiler, etc.

## 7 Benchmarks et cross compilateur

Pour pouvoir utiliser le simulateur Ottawa, il nous faut avoir des binaires powerPC (format supporté par Ottawa). Dans le cadre du projet MORE, plusieurs binaires PPC (aussi appelé benchmark) regroupés en famille ont été sélectionné. Certains benchmarks ne sont pas utilisés par toutes les équipes. Voici, la liste des benches est leur répartition par équipe (Tableau 1).

| Famille    | Bench       | Equipe |      |      |
|------------|-------------|--------|------|------|
|            |             | LORIA  | IRIT | LIP6 |
| SN-RT      | Fir         | OK     |      |      |
|            | Jfdctint    | OK     |      |      |
| MiBenchs   | Bitcount    |        |      |      |
|            | gsm         | OK     |      |      |
|            | sha         | OK     |      | OK   |
| Mälardalen | adpcm       | OK     | OK   | OK   |
|            | cnt         | OK     |      |      |
|            | crc         |        | OK   |      |
|            | matmul      |        | OK   |      |
|            | compress    | OK     | OK   | OK   |
| Papabench  | autopilot   | OK     |      | OK   |
|            | fly_by_wire | OK     |      | OK   |
| WCET_bench | Nsischneu   | OK     | OK   | OK   |
|            | Statemate   | OK     |      | OK   |

|            |       |    |  |    |
|------------|-------|----|--|----|
| Mediabench | Djpeg | OK |  | OK |
| Spec 2000  | gzip  | OK |  | OK |

**Tableau 1 : Benchmarks par équipe**

### 7.1 Génération du cross-compileur

Pour pouvoir générer ces benchmarks, il nous faut un cross compilateur, c'est à dire un logiciel qui permet de générer un code machine pour une architecture B alors que la compilation se fera sur une machine d'architecture A. Pour cela, il existe un script se trouvant sur la page du projet MORE, rubrique compilateur : `build.sh` (que l'on trouvera également sous le nom de `cross-tool_build.sh`). Celui-ci va compiler un cross-compileur, par exemple un gcc mais qui génère du code pour powerPC et qui suffira d'utiliser comme tout compilateur gcc.

Vous avez deux manières de le lancer qui reviennent exactement au même :

- `./crosstool_build.sh`
- `./crosstool_build.sh bin_utils gcc_bootstrap newlib gcc_final gdb`

Il est possible que vous rencontriez des difficultés lors de la construction du cross-compileur. Dans ce cas, reportez vous à la section Difficultés rencontrées juste en dessous de ce paragraphe.

La deuxième méthode sera utile si vous rencontrez une erreur de type « problème de résolution de nom » à une des 5 étapes. Si, cela arrive lors de l'étape `newlib` par exemple, il suffira de taper `./crosstool_build.sh newlib gcc_final gdb` pour terminer l'ensemble du processus. A la fin, dans le répertoire caché `.gcc-4.1.2-newlib-1.15.0/powerpc-eabi/bin` qui se trouve au même niveau que le script `crosstool_build.sh`, vous trouverez le cross-compileur.

Difficultés rencontrées :

- **problème de version de makeinfo ou texinfo** : il est possible que soit installé une version trop récente de l'application `texinfo` (4.11 sur Ubuntu Intrepid) pour le cross-compileur qui n'accepte que des versions entre 4.4 et 4.9 inclus. Dans ce cas, il vous faudra downgrader l'application `texinfo`. Pour ubuntu, vous pourrez trouver des versions antérieures ici. Pensez à désinstaller la version actuelle avant d'installer la version antérieure puis à bloquer la version pour éviter de mettre à jour `texinfo` lors d'une mise à jour du système.
- **warnings being treated as errors** : Lors de la compilation du cross-compileur, vous pourriez tomber sur cette erreur. Dès lors, à chaque warning, la compilation s'arrête. Ce la est dû au fait que l'option `-WERROR` soit présente dans les options de compilation. Pour pouvoir enlever cette option, vous devez rajouter dans la variable `OPTS` du script `crosstool_build.sh`, l'option `-disable-werror`.
- **Error : no termcap library found** : installer le package `libncurses5-dev`

### 7.2 Génération des benchmarks avec le cross-compileur

Comme indiqué ci-dessus, nous allons compiler les benchmarks comme nous compilons n'importe quelles autres codes C/C++. C'est simplement le gcc pour powerPC que l'on vient de créer qui va remplacer le gcc habituel. On utilise les mêmes outils tel que le `makefile`.

Tous les benchmarks se trouvent sur le serveur CVS ainsi que sur le wiki MORE. Pour récupérer ces benchmarks sur le serveur CVS, il vous faudra demander un compte à Hugues Cassé. Une fois, celui-ci obtenu, il vous suffira de taper la ligne suivante pour récupérer l'ensemble des benchmarks :

```
cvsc -d :pserver:login@cvs.irit.fr:2401/usr/local/CVS_IRIT/CVS_OTAWA co benches
```

Chaque benchmark contient un répertoire sauf pour `fly_by_wire` et `autopilot` qui se trouvent dans le répertoire `papabench`. Dans chaque répertoire, vous trouverez un `makefile` pour générer le(s) benchmark(s) correspondant généré soit dans le répertoire des sources pour les plus simples ou dans un répertoire `bin`. Certain contiendront dans leur nom cette chaîne de caractère « `O1.powerpc-eabi.bin` ». A partir de ces informations, vous devriez réussir à retrouver les binaires de ces benchmarks.

Les `makefile` fonctionneront à conditions que la variable `PATH` soit définie de la façon suivant dans le fichier `~/bashrc` :

```
export PATH=[répertoire d'exécution de crosstool_build.sh]/.gcc-4.1.2-newlib-1.15.0/powerpc-eabi/bin:$PATH
```

## 8 Ottawa et le projet MORE

### 8.1 Pré requis logiciel

#### 8.1.1 SystemC

Vous pouvez télécharger SystemC sur <http://www.systemc.org>. Vous devrez créer un compte gratuitement pour pouvoir le télécharger. (Le téléchargement peut être long : 1kio/s constaté). Puis compilez le en suivant les instructions du fichier `INSTALL` (`./configure`, `make`, `make install`) . Même si le `make install` échoue, l'important est d'avoir le répertoire `include` pour qu'`OTAWA` puisse utiliser `systemc`.

**ATTENTION !!!** : erreur de compilation concernant `getenv`, rajouter dans le fichier `src/sysc/utills/sc_utills_ids.cpp` les lignes suivantes:

```
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include "sysc/utills/sc_report.h"
using namespace std;
```

et supprimer « `std::` » devant `getenv` vers la ligne 110 environ.

#### 8.1.2 EFENC

Pour l'installer, il suffit de faire une recherche du package « `electric-fence` » dans votre gestionnaire de package.

#### 8.1.3 Autres packages nécessaires

Vous devrez chercher et installer les packages suivants :  
`Automake`, `bison`, `flex`, `libxml2-dev`, `libtool`, `patch`

#### 8.1.4 Difficultés rencontrées

Dans `./build-more-XXX.sh`, possible nécessité de mettre à jour les lignes concernant les versions de `automake`, `autoconf` et `libtool` défini dans une variable `CHECK`

## 8.2 Récupérer et compiler Ottawa

Logiquement, vous trouverez toutes les informations nécessaires dans l'intranet du site web de MORE, dans le tableau des dernières nouvelles, « `Script de construction Ottawa` ». Si vous n'arrivez pas à accéder à l'intranet, il faut contacter Hugues Cassé ([casse@irit.fr](mailto:casse@irit.fr)) pour obtenir un compte.

Il n'est pas nécessaire d'avoir un compte CVS pour télécharger Ottawa. Par contre, pour enregistrer ses modifications sur le CVS, il faut alors demander un compte à Hugues Cassé.

Une fois cela fait, voici la procédure à suivre:

- Créer un répertoire dans lequel va être installer Ottawa, par exemple `~/MORE`.

- Copier le build dans le répertoire, et taper `tar xvzf build-more-XXX.tgz`
- Définir la variable `CVSROOT` à `pserver:login@cvs.irit.fr/usr/local/CVS_IRIT/CVS_OTAWA` : soit en tapant la commande « `export CVSROOT=:pserver:login@cvs.irit.fr/usr/local/CVS_IRIT/CVS_OTAWA` » en remplaçant `login` par celui donné par Ugues Cassé. Soit, en copiant cette même commande dans votre `~/.bashrc` et en relançant un terminal pour recharger le `bashrc`.
- taper `cvs login`
- puis `./build-more-XXX.sh --dev --with-systemc=CHEMIN_DE_SYSTEMC` en absolue où `CHEMIN_DE_SYSTEMC` pourrait être `/user/Home/MORE/systemc/` (**!!! Attention de ne pas oublier le caractère « / » à la fin du chemin de systemc**)
- ATTENTION : ce script ne marche que si le login avec lequel vous vous connectez à la machine est le même que le login utilisé pour vous connecter à CVS. Si ce n'est pas le cas, il faudra y rajouter juste avant `cvs_user=$LOGNAME` la ligne `LOGNAME=votrelogin`

Ensuite, il suffit d'attendre... En cas de problème, vous pouvez demander à Hugues Cassé.

### 8.2.1 Ajout de source dans Ottawa

Ottawa utilise plusieurs outils pour pouvoir avoir une gestion simplifiée de la compilation. Automake autoconf permettent ainsi de générer automatiquement des makefiles à partir de fichier `Makefile.am`.

### 8.2.2 Ajout d'un fichier source dans un répertoire existant

Pour pouvoir ajouter un fichier dans un répertoire déjà existant et que celui-ci soit pris en compte dans le processus de compilation, il faut ajouter dans le fichier `Makefile.am` du répertoire où vous voulez ajouter le fichier, le nom de votre source (ex : `monCode.cpp`) dans la variable `xxx_SOURCES`.

```
AM_CXXFLAGS = @OTAWA_CXXFLAGS@ @SYSTEMC_CXXFLAGS@ -Wall
-O2

Bin_PROGRAMS=simuLoria

simuLoria_LDADD = @LOADER_LIBS@ @OTAWA_LIBS@
@OGENSIM_LIBS@ ../LIP6/cacti/libcacti.la ../energy/libenergy.la -lpthread -lm

simuLoria_DEPENDENCIES = @LOADER_DEPS@ @OTAWA_DEPS@
@OGENSIM_DEPS@ ../LIP6/cacti/libcacti.la

simuLoria_SOURCES = \
    simuLoria.cpp \
    InfosCacti.cpp
```

Figure 5 : Exemple de makefile

Attention : prenez bien soin de choisir l'ordre, surtout si une source A dépend d'un autre source B alors il faudra placer la source B avant la source A dans la liste pour qu'elle soit compiler en premier.

Ainsi, lors d'un prochain make, le nouveau fichier sera pris en compte.

### 8.2.3 Ajout d'un fichier dans un répertoire à créer

Pour pouvoir ajouter un fichier dans un répertoire que vous devez créer préalablement, il faudra de la même manière faire connaître le répertoire dans des fichiers de configuration. Voici la procédure à suivre :

- créer le répertoire que vous désirez : par exemple, créer src/MORE/monRepertoire
- aller dans le répertoire src/MORE
- dans le fichier Makefile.am, ajouter votre répertoire monRepertoire dans la variable SUBDIRS
- dans le répertoire src/MORE/monRepertoire, ajouter un fichier source. ex : monCode.cpp
- récupérer un Makefile.am se trouvant au même niveau et mettez le dans src/MORE/monRepertoire
- Dans ce fichier Makefile.am, mettez votre source monCode.cpp dans la variable xxx\_SOURCES (supprimer les sources précédentes qui ne vous intéressent plus)
- Dans le fichier configure.ac se trouvant à la racine de Ottawa, ajouter le Makefile que vous voudriez que automake génère en ajoutant dans la variable AC\_CONFIG\_FILES([...]) ceci : src/MORE/monRepertoire/Makefile

Si vous avez bien suivi cette procédure, en faisant un make soit à la racine du projet ou au niveau supérieur ou même en compilant dans Eclipse (cf. rubrique suivante), vous devriez voir apparaître votre nouveau Makefile qui aura servi à compiler votre fichier monCode.cpp.

## 8.3 Ottawa dans Eclipse

Eclipse est un IDE multi langage et il est possible de travailler sur Ottawa dans cet éditeur. Grâce à lui, vous pourrez gérer la compilation, l'exécution et la gestion collaborative CVS.

Pour importer Ottawa dans Eclipse, vous devez suivre les étapes suivantes :

- cliquer sur file->new->C++ Project
- donner un nom de projet, par exemple, OttawaProject
- décocher « default location »
- dans le champ location, indiquer le répertoire de Ottawa, par exemple, <install\_dir>/otawa/otawa
- dans project type, choisir Makefile project -> Empty project
- dans Toolchain, choisir Linux GCC
- valider

Eclipse va alors charger tout Ottawa dans le menu à gauche, charger les numéros de version des fichiers et logiquement déjà faire une première compilation. Si ce n'est pas le cas, il vous suffira de lancer la compilation par vous même.

Pour compiler le projet, il suffira d'aller dans le menu « project » et cliquez sur « Build All ». La compilation peut prendre plusieurs minutes.

### 8.3.1 Exécution sur un benchmark dans Eclipse

Comme précisé plus haut dans cette documentation, Ottawa est un simulateur et celui-ci nécessite des paramètres pour le lancer tel que les fichiers de configuration du processeur et de la mémoire cache. Il est possible de le faire directement dans Eclipse.

Voici la démarche à suivre pour créer un run pour le bench fir:

- Allez dans le menu run puis runs configuration. Une fenêtre s'ouvre.

- Cliquez deux fois sur C/C++ Local Application. Vous verrez apparaître New\_configuration
- A droite, dans le champ name et tapez « simuloria\_fir »
- Dans le champ Project, cliquez sur le bouton browse et choisissez OttawaProject
- Dans le champ C/C++ application, cliquez sur le bouton Search project... et choisissez le simulateur simuLoria.
- Dans l'onglet arguments, dans le champ program arguments, taper les paramètres du simulateur. Par exemple, -p < chemin absolue du fichier config1.xml > -c <chemin absolue du fichier idcache.xml > < chemin absolue du fichier fir > **Attention : ne pas mettre des caractères interprétés comme ~, car ceux ci ne sont pas interprété dans Eclipse**

Maintenant, vous avez un run prêt à être lancé en un clic et vous pouvez en créer d'autres de la même manière.

## 9 Fonctionnement du pipeline processeur

### 9.1 Quelques précisions sur certains modules

#### 9.1.1 Sérialisation/désérialisation

En plus de la documentation que l'on trouve à ce sujet dans Ottawa, on peut ajouter que la sérialisation d'une classe nécessite que celle-ci possède un constructeur pas défaut ne prenant aucun paramètre ou des paramètres ayant une valeur par défaut.

Egalement, si la désérialisation xml->objet est possible, l'inverse ne l'est pas, tout du moins dans la branche MORE de ELM.

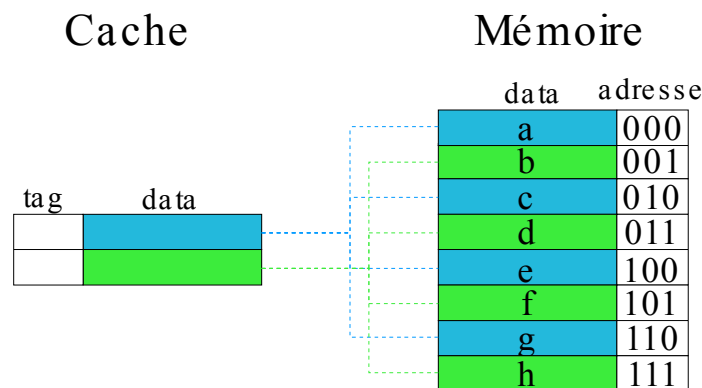
## 10 Fonctionnement de la mémoire cache

Dans ce paragraphe, nous allons expliquer comment fonctionne plus précisément la mémoire cache. On va donc supposer qu'il n'y qu'un cache, une mémoire de masse et un processeur. Il existe plusieurs types de cache et pour certain de ces caches, on peut appliquer certaines stratégies dite de remplacement.

Les 3 types de cache sont le Direct Mapped cache, le Full Associative cache et le N Way set associative cache qui est un mélange entre les deux premiers. Chaque comportement que l'on va indiquer dans la suite est intégralement « gravé » dans la puce avec des composants électronique (porte AND par exemple)

### 10.1 Direct Mapped Cache

Le direct mapped cache est un cache où chaque ligne du cache est associée à plusieurs lignes déterminées et fixe de la mémoire de masse. Ainsi, si j'ai une mémoire de 8 lignes et que je ne dispose que d'un cache de 2 lignes, j'obtiendrai une association comme sur la Figure 6.



Il y a  $8=2^3$  lignes dans cette mémoire donc l'adressage de la mémoire se fera sur 3 bits. Le processeur veut accéder à la donnée se trouvant à l'adresse 101. Le cache étant vide, il y a défaut de cache dit obligatoire étant donnée qu'il s'agit de la première demande. Le contrôleur de cache va donc faire une copie de la donnée en mémoire et d'une partie de son adresse dans le cache comme sur la Figure 7.

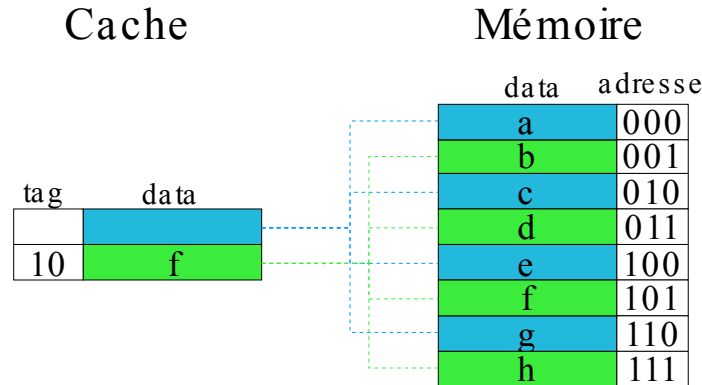


Figure 7 : Etat du cache après une demande de donné

Maintenant, imaginons que le processeur redemande la donnée se trouvant à l'adresse 101. La première chose que le contrôleur de cache va faire c'est de vérifier que la donnée ne se trouve pas déjà dans le cache. Pour cela, il va découper l'adresse en 2, le tag et l'index. L'index va lui permettre de retrouver la ligne du cache où la donnée pourrait éventuellement être. Il y a  $2=2^1$  ligne dans la cache donc 1 bit lui suffit pour connaître l'index de la ligne : le bit de poids le plus faible. Il s'agit de la ligne de cache d'adresse 1. Si on avait eu un cache de  $4=2^2$  lignes, il aurait fallu utiliser les 2 premiers bits de poids le plus faible pour connaître l'index de la ligne.

Une fois la ligne trouvée, il suffit de comparer le reste de l'adresse appelé tag avec le tag se trouvant à la ligne 1 du cache. Si c'est le même, la donnée est déjà présente dans le cache sinon il y a défaut de cache.

En réalité, l'adresse ne sera pas découpée en 2 (tag et index) mais en 3 (tag, index et offset) car chaque ligne de la mémoire de masse contient en fait plusieurs octets et l'offset permet de récupérer un octet particulier.

Ici, il n'y a pas de stratégie de remplacement contrairement aux 2 autres types de cache.

## 10.2 Full Associative cache

Contrairement au Direct Mapped cache, dans le cas du Full associative cache, une ligne de la mémoire de masse peut se placer n'importe où dans le cache. Il n'y a pas de place prédéfinie. Donc lorsque l'on cherche à savoir si une donnée est disponible dans le cache, on va comparer le tag de l'adresse à toutes les entrées du cache et ceci, en parallèle. Ici, l'adresse n'est plus découpée qu'en 2 morceaux : le tag et l'offset.

Les défauts de cache sont corrigés en remplissant au fur et à mesure le cache et lorsque celui-ci est plein, il faut alors choisir d'écraser une donnée déjà présente dans le cache. C'est là qu'interviennent les stratégies de remplacement qui sont au nombre de 3 :

- La stratégie de choix aléatoire : la ligne est choisie de manière aléatoire parmi les lignes possible.
- La stratégie LRU (Least Recently Used) : La ligne choisie est celle qui a été la plus anciennement référencée.



- La stratégie FIFO (First In First Out) : les lignes de ma mémoires cache sont effacées dans l'ordre où elles sont arrivées dans la mémoire cache

### 10.3 N-way Set Associative cache

Il s'agit d'un compromis entre les deux premières solutions. En fait, tout se passe comme si il y avait plusieurs Direct Mapped cache en parallèle. Prenons par exemple, un 2-way set associative cache. L'index va permettre de sélectionner un « ensemble » ou « set » du cache comme pour le Direct Mapped cache. Dans chaque ensemble par contre, le tag de l'adresse sera comparé aux adresses présentes dans cet ensemble à la manière d'un Full Associative cache. Bien entendu, la stratégie de remplacement est également présente dans ce type de cache.

### 10.4 Politiques d'écriture

Les accès en lecture sur le cache sont les plus nombreux (lecture d'opérandes, accès aux instructions) et ne posent pas de réels problèmes, alors que les accès en écriture, moins nombreux, nécessitent une gestion rigoureuse de la cohérence des données au travers de la hiérarchie mémoire. Là encore, diverses politiques sont mises en oeuvre lors de la modification d'une donnée :

- **Écriture simultanée** (write-through) : lorsqu'une ligne du cache est modifiée, cette ligne est écrite tout de suite dans un niveau mémoire inférieur de la hiérarchie. Cette politique garantit la cohérence entre les niveaux mais augmente le trafic sur le bus de données. Généralement, pour éviter que les écritures entravent le fonctionnement de l'UC, elles sont placées dans un tampon d'écriture ou write-buffer et effectuées pendant que l'UC se consacre à d'autres tâches.
- **Recopie** ou write-back : la ligne est marquée modifiée et elle sera recopiée en mémoire lorsqu'elle sera la cible d'un remplacement.

De plus, lorsque l'UC veut écrire une donnée dans une ligne absente du cache, l'une des deux options suivantes est généralement utilisée :

- **Écriture attribuée** ou write-allocate : la ligne est chargée dans le cache avant d'être modifiée.
- **Écriture non attribuée** ou no write allocate : la ligne est modifiée directement dans le niveau inférieur de la hiérarchie et non chargée dans le cache.

L'option write-allocate est généralement associée à la politique d'écriture write-back, et l'option no write-allocate à la politique d'écriture write-through (ce qui est cohérent dans la mesure où une écriture nécessitera sa mise à jour directement dans la mémoire, on évite ainsi des transferts supplémentaires).

### 10.5 Diagramme de classe du cache modélisé

Maintenant que nous avons décrit le fonctionnement du cache dans la réalité, nous allons décrire comment le cache est finalement modélisé. Ce diagramme de classe décrit le fonctionnement de la mémoire cache simulée.

Les classes de ce diagramme sont réparties dans des fichiers de la façon suivante :

- memory.h/cpp : définition et implémentation des classes **MemorySystem** et **MemoryStats**
- GenericState.h/cpp : définition et implémentation de la classe **GenericState**
- Cache.h : définition et implémentation de la classe **Cache**
- CacheDriver.h : définition de la classe **CacheDriver**
- AbstractCacheDriver.h : définition des classes **AbstractCacheDriver**, **LRUCacheDriver**, **FIFOCacheDriver** et **DirectMappedCacheDriver**
- sim\_AbstracCacheDriver.cpp : implémentation des classes **AbstractCacheDriver**, **LRUCacheDriver**, **FIFOCacheDriver** et **DirectMappedCacheDriver**

La classe `hard::Cache` contient les caractéristiques d'un cache (capacité, nombre de voies, taille d'un block, etc). Les comportements, qui seront déduits des caractéristiques du cache, sont définis dans les classes `xxxDriver`.

Dans Ottawa, seules les adresses mémoires sont utilisés pour simuler les accès aux caches. Ainsi, on trouvera dans la classe `AbstractCacheDriver`, un pointeur `lines` sur un tableau de `tag` de taille `nombre de voie * nombre de lignes par voie`.

Ensuite, dans les classes `LRUCacheDriver`, `FIFOCacheDriver` et `DirectMappedCacheDriver` sont définies les fonctions `touch` et `replace` qui seront chargées de réorganiser le tableau pour chaque type de cache. Ces fonctions sont implémentées pour simuler la stratégie FIFO et LRU. Par contre, on verra que `touch` n'est pas implémenté dans la classe `DirectMappedCacheDriver` car la stratégie de remplacement est intrinsèque pour ce type de cache.

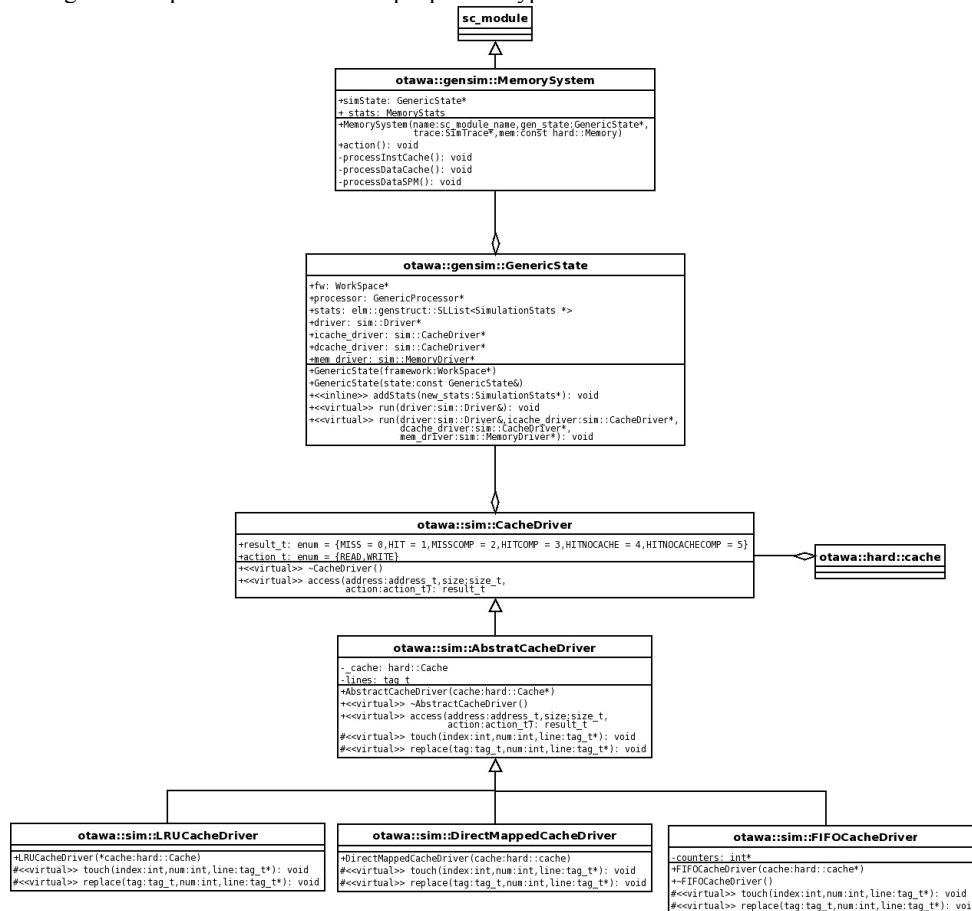


Figure 8 : Diagramme de classe de la gestion des caches mémoires

### 10.6 GenericState et MemorySystem

Quelques mots sur ces 2 classes. `GenericState` est une classe qui fournit des services pour contrôler la simulation en général. Elle contient le processeur, les différents drivers et une liste de classe de statistique (cf `SimulationStats`) qui vont évoluer durant la simulation. C'est également grâce à cette classe que l'on va pouvoir contrôler la simulation.

## 11 Implémentation du calcul de l'énergie

### 11.1 Implémentation de la hiérarchie mémoire

#### 11.1.1 Fichier de configuration

Le fichier de configuration permet de définir la hiérarchie mémoire afin de pouvoir simuler celle-ci.

Vous pouvez voir la grammaire du fichier de configuration de la hiérarchie mémoire à cette adresse. Si vous rencontrez un problème de connexion, vous pouvez contacter Hugues Cassé.

Ci-dessous, vous pouvez voir un exemple de fichier de configuration respectant cette grammaire.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<memory>
  <banks>
    <bank>
      <name>DRAM</name>
      <address>
        <space>0x00000000</space>
        <offset>0x00000000</offset>
      </address>
      <size>0x8FFFFFFF</size>
      <type>DRAM</type>
      <latency>12</latency>
      <power>10</power>
      <modes>
        <mode id="eveille">
          <name>eveille</name>
          <latency>11</latency>
          <static_power>11</static_power>
          <dynamic_power>11</dynamic_power>
          <transitions>
            <transition>
              <latency>5</latency>
              <power>5</power>
              <dest ref="endormi"/>
            </transition>
          </transitions>
        </mode>
        <mode id="endormi">
          <name>endormi</name>
          <latency>15</latency>
          <static_power>3</static_power>
          <dynamic_power>4</dynamic_power>
          <transitions>
            <transition>
              <latency>5</latency>
              <power>5</power>
              <dest ref="eveille"/>
            </transition>
          </transitions>
        </mode>
      </modes>
      <block_bits>4</block_bits>           //puissance de 2
      <cached>true</cached>
      <on_chip>true</on_chip>
      <writable>true</writable>
      <port>
        <number>1</number>
      </port>
    </bank>
  </banks>
</memory>
```

```

        <bus ref="Bus1"/>
    </port>
</bank>
<bank>
    <name>SCRATCH PAD MEMORY</name>
    <address>
        <space>0x00000000</space>
        <offset>0xA0000000</offset>
    </address>
    <size>0x0FFFFFFF</size>
    <type>SPM</type>
    <latency>10</latency>
    <power>10</power>
    <block bits>4</block bits>
    <cached>>false</cached>
    <on_chip>>true</on_chip>
    <writable>>true</writable>
    <port>
        <number>1</number>
        <bus ref="Bus1"/>
    </port>
</bank>
<bank>
    <name>non-volatile memory</name>
    <address>
        <space>0x00000000</space>
        <offset>0xB0000000</offset>
    </address>
    <size>0x00000100</size>
    <type>ROM</type>
    <latency>10</latency>
    <power>10</power>
    <block_bits>4</block_bits> //puissance de 2
    <cached>>false</cached>
    <on_chip>>true</on_chip>
    <writable>>false</writable>
    <port>
        <number>1</number>
        <bus ref="Bus1"/>
    </port>
</bank>
</banks>
<buses>
    <bus id="Bus1">
        <name>Bus1</name>
        <type>LOCAL</type>
    </bus>
</buses>
</memory>

```

**Figure 9 : Fichier de configuration de la hiérarchie mémoire**

Ce fichier doit respecter également d'autres règles. Par exemple, deux bancs de même type de mémoire doivent avoir les mêmes caractéristiques (cached, on\_chip, etc). Pour deux bancs de type DRAM, ceux-ci doivent être juxtaposés dans l'espace d'adressage et donc ne pas être séparés par un banc de type différent. Ces règles sont les conséquences d'un choix techniques qui aurait pu être tout autre.

### 11.1.2 Diagramme de classe

Pour simuler la hiérarchie mémoire en terme de structure, on a ajouté à la classe **GenericState**, qui contient déjà 2 CacheDriver pour le cache d'instructions et le cache de données, 2 classes **SPMDriver** et **DRAMDriver** correspondant à la SPM et à la DRAM. Ces 2 classes héritent de

**MemoryDriver**. On pourra ajouter par la suite deux classes supplémentaires comme **IODriver** et **ROMDriver** si on le désire. Comme vous pouvez le remarquer, l'**AbstractCacheDriver** a connaissance du **DRAMDriver** afin de pouvoir correctement simuler le comportement du cache vis à vis de la mémoire de niveau supérieur lors d'un miss.

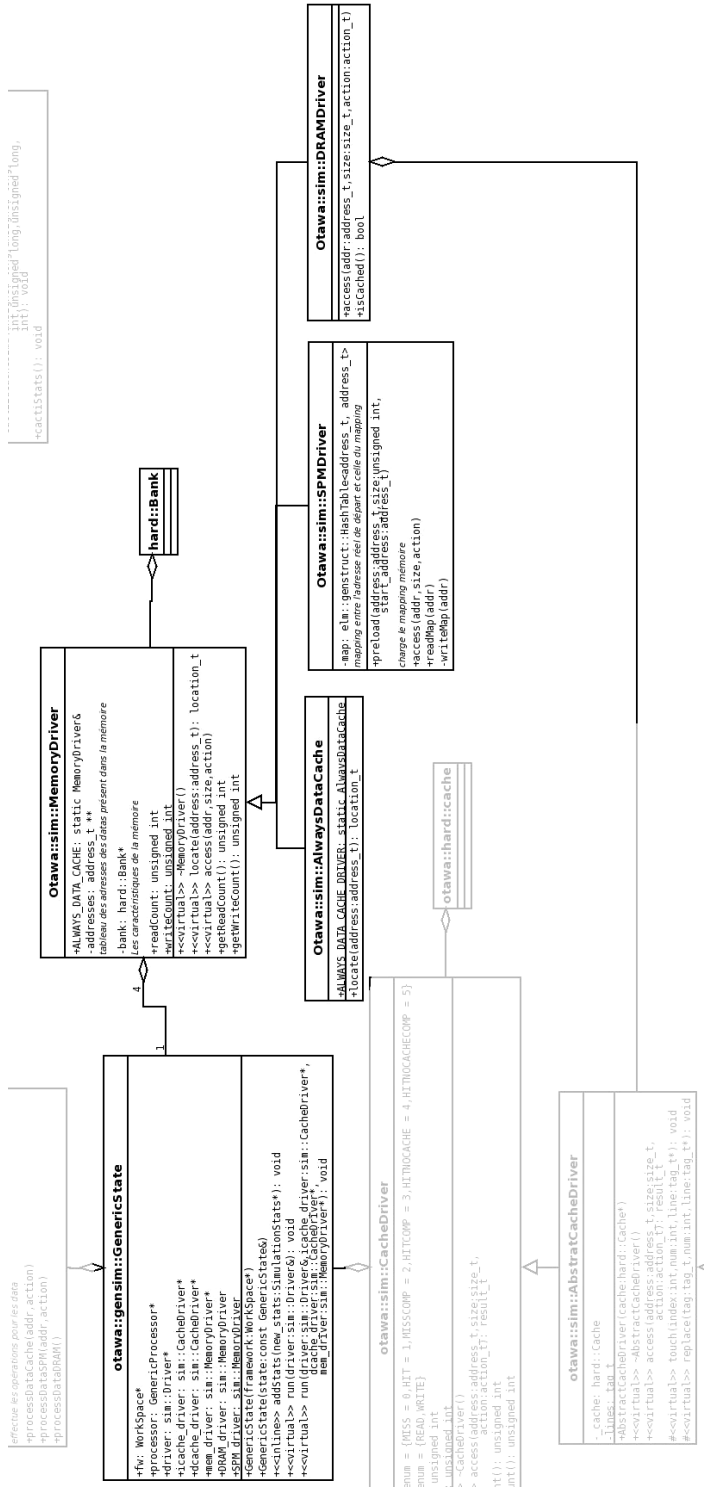


Figure 10 : diagramme de classes de gestion de la memoire de masse

Enfin, chaque entité mémoire (cache, SPM, DRAM) possède deux compteurs, **readCount** et **writeCount** qui sont incrémentés lors de l'appel à la méthode `access`. Ces compteurs sont accessibles par des accesseurs afin de pouvoir calculer l'énergie consommée.

### 11.2 SPM et statistique des données

Dans la SPM existe, pour simplifier, deux conteneurs. Un conteneur contient les adresses des données qui sont disponible dans la SPM, et une map qui fait la correspondance entre les adresses d'entrées qui n'auront pas pu être mis dans la SPM et leurs adresses de placement dans la DRAM.

Avant de pouvoir charger la SPM, la première étape est de pouvoir enregistrer l'ensemble des adresses des accès aux données (détaillé dans le paragraphe Guide d'utilisation de l'outil de calcul de l'énergie), des tailles d'accès et des types d'action. Une fois que celles-ci sont enregistré, elles pourront être chargés à travers l'objet `DataAccessStatistic` et à partir du quelle, on pourra obtenir une liste d'adresses triées selon différents critères. Les critères sont :

- `firstUsed` : les adresses sont placées par ordre d'apparitions
- `frequency` : les adresses sont placées par ordre décroissant du nombre d'apparitions
- `size` : les adresses sont placées par ordre croissant de la taille d'accès
- `numberonsize` : les adresses sont placées par ordre décroissant de la division du nombre d'apparitions sur la taille de l'accès

Une fois obtenu cette liste triée, on peut demander à pré charger la SPM grâce à la fonction `preload()` de la classe **SPMDriver**.

### 11.3 Calcul de l'énergie

Pour calculer l'énergie consommée lors de l'utilisation d'un bench, nous utilisons une application, Cacti dont les sources ont été intégrées à Ottawa par le LIP6 et qui a réalisé une interface d'utilisation. Cette interface nous permet d'obtenir le coût unitaire énergétique en lecture et en écriture de chaque entité mémoire.

Le calcul de l'énergie consommée est réalisé grâce à la classe **EnergyEstimator** chargée de récupérer les coûts unitaires énergétiques ainsi que des compteurs de lecture/écriture de chaque entité. Le coût total revient alors à une somme de :

`cout unitaire lecture/écriture * compteurs de lecture/écriture`

## 12 Création des diagrammes à partir des résultats sous Open Office

Ce qui suit est un résumé non exhaustif qui permet de créer un diagramme à partir des données grâce au langage de macro Open Office Basic (ressemblant énormément à VB).

Voici un exemple de données brutes à traiter

| A   | B  | AK           |
|---|--|--------------|
| Bench   | Parameters   | Energy Total |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/bitcount/src/bitcnts-O1.powerpc-eabi.bin |  | 100 32722.   |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/bitcount/src/bitcnts-O1.powerpc-eabi.bin |  | 300 36946.   |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/bitcount/src/bitcnts-O1.powerpc-eabi.bin |  | 500 41073.   |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/bitcount/src/bitcnts-O1.powerpc-eabi.bin |  | 700 45236.   |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/bitcount/src/bitcnts-O1.powerpc-eabi.bin |  | 900 49428.   |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/80x60xtype1.jpg.ppm ./data_djpeg/80x60xtype1.jpg     | 79853        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/160x120xtype1.jpg.ppm ./data_djpeg/160x120xtype1.jpg | 2.72E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/320x240xtype1.jpg.ppm ./data_djpeg/320x240xtype1.jpg | 1.05E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/640x480xtype1.jpg.ppm ./data_djpeg/640x480xtype1.jpg | 4.13E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/80x60xtype2.jpg.ppm ./data_djpeg/80x60xtype2.jpg     | 36894        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/160x120xtype2.jpg.ppm ./data_djpeg/160x120xtype2.jpg | 1.19E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/320x240xtype2.jpg.ppm ./data_djpeg/320x240xtype2.jpg | 4.15E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/640x480xtype2.jpg.ppm ./data_djpeg/640x480xtype2.jpg | 1.68E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/80x60xtype3.jpg.ppm ./data_djpeg/80x60xtype3.jpg     | 74594        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/160x120xtype3.jpg.ppm ./data_djpeg/160x120xtype3.jpg | 2.48E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/320x240xtype3.jpg.ppm ./data_djpeg/320x240xtype3.jpg | 9.24E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/640x480xtype3.jpg.ppm ./data_djpeg/640x480xtype3.jpg | 3.53E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/80x60xtype4.jpg.ppm ./data_djpeg/80x60xtype4.jpg     | 81674        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/160x120xtype4.jpg.ppm ./data_djpeg/160x120xtype4.jpg | 2.69E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/320x240xtype4.jpg.ppm ./data_djpeg/320x240xtype4.jpg | 9.51E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/jpeg/bin/djpeg-O1.powerpc-eabi.bin       | -dct int -ppm -outfile ./data_djpeg/640x480xtype4.jpg.ppm ./data_djpeg/640x480xtype4.jpg | 3.67E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/11ko.txt   | 44317        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/11ko.htm   | 86388        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/11ko.exe   | 1.34E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/11ko.jpg   | 1.51E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/30ko.txt   | 83098        |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/30ko.htm   | 2.00E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/gzip/src/gzip-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_gzip/30ko.exe   | 2.79E+00     |
| /home/more/Bureau/MORE/benches/azib/src/azib-O1.powerpc-eabi.bin        | ./data_azib/30ko.ioo   | 3.84E+00     |

Figure 11 : Données brutes issu d'un tableur

Nous voulons dans cet exemple traiter les données concernant le bench bitcounts (ligne 2 à 6) et obtenir le diagramme de la Figure 12:

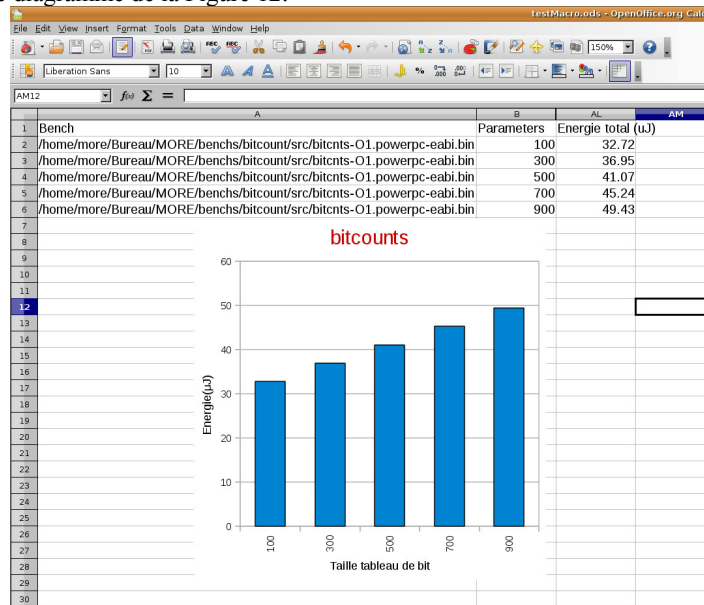


Figure 12: Diagramme produit par une macro



Voici la macro qui permet de créer le diagramme ci dessus ainsi qu'un deuxième diagramme qui traite le bench gzip. Le code est suffisamment explicite pour que vous compreniez ce qui s'y passe.

Voici quelques ressources qui peuvent vous permettre de mieux comprendre le code:

<http://api.openoffice.org/docs/common/ref/com/sun/star/module-ix.html>

<http://ooo.developpez.com/faq/?page=Calc>

[http://wiki.services.openoffice.org/wiki/Documentation/BASIC\\_Guide](http://wiki.services.openoffice.org/wiki/Documentation/BASIC_Guide)

```
Sub Main
    ' add bench here
    Dim benchNbr as integer
    benchNbr = 2
    Dim benchList(0 to benchNbr-1) As string
    Dim benchPatterns(0 to benchNbr-1) As string
    benchList(0)="bitcounts"
    benchPatterns(0)="bitcnts"
    dataRange = ThisComponent.Sheets(0).GetCellRangeByName("A1:AK" &
dataNbr(ThisComponent.Sheets(0)))

    For I = 0 To benchNbr-1
        filteringData(benchList(I), benchPatterns(I), dataRange)
    next I

    computeBitcount(benchList(0))
    computeGZIP(benchList(1))

End Sub

sub clean
    'For I = 0 To benchNbr-1
    ' getByIndex()
    'next I
end sub

'hide columns selected by the range
sub hideColumns(aera as New com.sun.star.table.CellRange)
    aeraAddr = aera.getRangeAddress()
    For I = aeraAddr.StartColumn To aeraAddr.EndColumn

        ThisComponent.getSheets().getByIndex(aeraAddr.sheet).Columns(I).IsV
isible = false
    Next I
end sub

'compute the count of data
Function dataNbr(sheet as object)
    Dim oCenseur As Object
    oCenseur = sheet.createCursor
    oCenseur.gotoEndOfUsedArea(False)
    dataNbr = oCenseur.RangeAddress.EndRow+1
end Function

'filtering and copy in new sheet
sub filteringData(benchName as string, benchPattern as string,
dataRange as Object)
    Dim aDestAddr As New com.sun.star.table.CellAddress
    Dim aFilterFields(0) As new com.sun.star.sheet.TableFilterField

    If not ThisComponent.Sheets.hasByName(benchName) Then
```

```

ThisComponent.sheets.insertNewByName(benchName, thisComponent.sheets
.getCount)
End if

sheet = ThisComponent.getSheets().getByName(benchName)
aFilterDesc = dataRange.createFilterDescriptor(True)
' destination address
Dim destCell As Object
destCell = sheet.getCellByPosition( 0, 0 )
' filter definition
' filter column
aFilterFields(0).Field = 0
aFilterFields(0).IsNumeric = False
aFilterFields(0).Operator = com.sun.star.sheet.FilterOperator.EQUAL
aFilterFields(0).StringValue = ".*" & benchPattern & ".*"

' filter setting up
aFilterDesc.setFilterFields( aFilterFields() )
aFilterDesc.OutputPosition = destCell.getCellAddress ' destination
address
aFilterDesc.CopyOutputData = True 'with data copy
aFilterDesc.ContainsHeader = True ' with column label
aFilterDesc.SkipDuplicates = True ' without duplicate data
aFilterDesc.UseRegularExpressions = true

dataRange.filter(aFilterDesc)

end sub

'create a data pilot from a data range to a destination cell
sub createDataPilot(dataRange as Object, destCell As Object)
dataRangeAddr = dataRange.getRangeAddress()
sheet=ThisComponent.getSheets().getByIndex(dataRangeAddr.sheet)
benchName=sheet.getName()

' get the DataPilotTables collection
Dim DPTables As Object
DPTables = sheet.getDataPilotTables()
' create a DataPilot descriptor
Dim DPDesc As Object
DPDesc = DPTables.createDataPilotDescriptor()
DPDesc.setSourceRange(dataRangeAddr)
DPDesc.setPropertyValue("IgnoreEmptyRows", true)
DPDesc.setPropertyValue("ShowFilterButton", false)
DPDesc.setPropertyValue("ColumnGrand", false)
DPDesc.setPropertyValue("RowGrand", false)

' get the DataPilot fields
Dim Fields As Object
Fields = DPDesc.getDataPilotFields()
' define one field for properties
Dim aFieldObj As Object
' set the 1st col as row field
aFieldObj = Fields.getByIndex(0)
aFieldObj.setPropertyValue("Orientation",
com.sun.star.sheet.DataPilotFieldOrientation.COLUMN)

' set the 2nd col as row field
aFieldObj = Fields.getByIndex(1)
aFieldObj.setPropertyValue("Orientation",
com.sun.star.sheet.DataPilotFieldOrientation.ROW)

```

```

' set the 3rd col as data field (no calc its SUM)
aFieldObj = Fields.GetByIndex(2)
aFieldObj.setPropertyValue("Orientation",
com.sun.star.sheet.DataPilotFieldOrientation.DATA)
'aFieldObj.setPropertyValue("Function",
com.sun.star.sheet.GeneralFunction.SUM)

cellAddress = destCell.getCellAddress

if DPTables.hasByName(benchName) then
    DPTables.getByName(benchName)
else
    DPTables.insertNewByName(benchName, cellAddress, DPDesc)
end if

end sub

sub computeBitcount(sheetName as string)
sheet = ThisComponent.getSheets().getByName(sheetName)
aera = sheet.getCellRangeByName("C1:AK1")
hideColumns(aera)
Cell = sheet.getCellRangeByName("AL1")
Cell.String = "Energie total (uJ)"
Cell = sheet.getCellRangeByName("AL2")
Cell.Formula = "=AK2/1000"
aera = sheet.getCellRangeByName("AL2:AL" & dataNbr(sheet))
aera.fillseries(com.sun.star.sheet.FillDirection.TO_BOTTOM, com.sun.star.sheet.FillMode.SIMPLE, 0, 1, 0)

aera = sheet.getCellRangeByName("B1:AL" & dataNbr(sheet))
graph(sheet.getName(), aera.getRangeAddress(), true, "Taille tableau de bit", true, "Energie (uJ)", false)
end sub

sub computeGZIP(sheetName as string)
sheet = ThisComponent.getSheets().getByName(sheetName)
aera = sheet.getCellRangeByName("C1:AK1")
hideColumns(aera)

Cell = sheet.getCellRangeByName("AL1")
Cell.String = "type"
Cell = sheet.getCellRangeByName("AL2")
Cell.Formula = "=MID(B2;LEN(B2)-3;3)"
Cell = sheet.getCellRangeByName("AM1")
Cell.String = "taille"
Cell = sheet.getCellRangeByName("AM2")
Cell.Formula =
"=VALUE(MID(B2;SEARCH("[:digit:]*ko";B2);SEARCH("ko";B2)-SEARCH("[:digit:]*ko";B2)))"
Cell = sheet.getCellRangeByName("AN1")
Cell.String = "Energie total (uJ)"
Cell = sheet.getCellRangeByName("AN2")
Cell.Formula = "=AK2/1000"

aera = sheet.getCellRangeByName("AL2:AL" & dataNbr(sheet))
aera.fillseries(com.sun.star.sheet.FillDirection.TO_BOTTOM, com.sun.star.sheet.FillMode.SIMPLE, 0, 1, 0)
aera = sheet.getCellRangeByName("AM2:AL" & dataNbr(sheet))
aera.fillseries(com.sun.star.sheet.FillDirection.TO_BOTTOM, com.sun.star.sheet.FillMode.SIMPLE, 0, 1, 0)
aera = sheet.getCellRangeByName("AN2:AL" & dataNbr(sheet))
aera.fillseries(com.sun.star.sheet.FillDirection.TO_BOTTOM, com.sun.star.sheet.FillMode.SIMPLE, 0, 1, 0)

```

```

dataRange = sheet.getCellRangeByName( "A1:AN" & dataNbr(sheet))
destCell = sheet.getCellRangeByName("A1")
createDataPilot(dataRange,destCell)

oCasseur = sheet.createCursorByRange(destCell)
'oCasseur.gotoEnd()
oCasseur.collapseToCurrentRegion()
Cible = oCasseur.getRangeAddress()

Cible.StartRow = Cible.StartRow + 1

graph(sheet.getName(),Cible,true,"Taille (Ko)",true,"Energie (µJ)",
true)
end sub

' create a graph from a data range
sub graph(benchName as string, dataRangeAddr as Object,
firstColIsLabel as boolean, xlabel as string, firstRowIsLabel as
boolean, ylabel as string, hasLegend as boolean)
'dataRangeAddr = dataRange.getRangeAddress()
sheet=ThisComponent.getSheets().getByIndex(dataRangeAddr.sheet)
Dim Rect As New com.sun.star.awt.Rectangle
Dim Source(0) As New com.sun.star.table.CellRangeAddress
Dim oCharts As Object , oChart As Object
'sheet where we will create the graph
oCharts = sheet.Charts
'--- specify position and size of graph ---
Rect.X = 5000 'horizontal
Rect.Y = 5000 'vertical
Rect.Width = 10000 'Largeur
Rect.Height = 10000 'Hauteur

Source(0) = dataRangeAddr

'Création du graphique
if ocharts.hasByName(benchName) then
oCharts.getByName(benchName)
else
oCharts.addNewByName(benchName,Rect ,Source(),True , True)
end if

'Place le graphique dans la feuille de calcul
oChart = oCharts.getByName(benchName).EmbeddedObject

With oChart
'Type de graphique (Scatters)
.Diagram =
oChart.createInstance("com.sun.star.chart.BarDiagram")

'Lissage des lignes (0: pas de lissage, 1: spline cubique, 2:
spline B)
.Diagram.SplineType = 0
'Change le symbole des points
.Diagram.SymbolType =
com.sun.star.chart.ChartSymbolType.SYMBOL1

'Dim col As New com.sun.star.awt.Gradient
'col.Style = com.sun.star.awt.GradientStyle.LINEAR
'col.StartColor = RGB(255,0,0)

```

```

'col.EndColor = RGB(0,255,0)
'col.StartIntensity = 150
'col.EndIntensity = 150
'col.Angle = 450
'col.StepCount = 100

'dataSeries = .Diagram.GetDataRowProperties(0)

'dataSeries.FillStyle = com.sun.star.drawing.FillStyle.GRAIENT
'dataSeries.FillGradient = col

'Modifie la couleur de fond du graphique
.Diagram.wall.FillColor =RGB(150,150,150)

'Spécifie la valeur maxi de l'étiquette des ordonnées
'.Diagram.YAxis.Max = 50000

'Attribue un titre à l'axe des abscisses
.Diagram.HasXAxisTitle = True
.Diagram.XAxisTitle.string = xlabel

'Attribue un titre à l'axe des ordonnées
.Diagram.HasYAxisTitle = True
.Diagram.YAxisTitle.string = ylabel

'La première ligne(colonne) contient les étiquettes des séries
.DataSourceLabelsInFirstColumn = firstColIsLabel
.DataSourceLabelsInFirstRow = firstRowIsLabel

'Roration des étiquettes pour l'axe des abscisses
.Diagram.XAxis.TextRotation = 9000 '90 degrés

'redéfinit la taille des étiquettes pour les abscisses et les
ordonnées
.Diagram.YAxis.CharHeight = 8
.Diagram.XAxis.CharHeight = 8

'Attribue un titre au graphique puis un couleur à la chaîne de
caractères
.HasLegend = hasLegend
.HasMainTitle = True
.Title.String = benchName
.Title.CharColor = RGB(200,0,0)
.Title.CharHeight =16

End With
end sub

```

Figure 13 : Macro de generation des diagrammes

## 13 Documentation Doxygen dans Ottawa

## 14 Guide d'utilisation de l'outil de calcul de l'énergie

L'utilisation de l'outil consiste en une ligne de commande. Nous allons considérer 2 cas, un sans SPM et l'autre avec SPM.

Dans le cas sans SPM, voici des exemples de commande :

- ./simulatorConso --processorConfig config1.xml --cacheConfig idcache.xml  
~/benchs/fir/fir

Lance le simulateur avec la configuration processeur `config1.xml`, la configuration des caches `idcache.xml`, avec une hiérarchie mémoire par défaut composée uniquement d'une DRAM de 4Go, sur le bench `fir`

- `./simulatorConso --processorConfig config1.xml --cacheConfig idcache.xml --memoryConfig memory.xml ~/benchs/fir/fir`

Lance le simulateur comme précédemment mais avec une hiérarchie mémoire donnée que l'on supposera sans SPM.

Lorsque vous lancez une de ces commandes vous obtiendrais un affichage ressemblant à ceci :

```
Cache path: ./MORE/LORIA/simuLoria/idcache.xml

Info: (I804) /IEEE_Std_1666/deprecated: sc_sensitive_neg is
deprecated use sc_sensitive << with neg() instead

Info: (I804) /IEEE_Std_1666/deprecated: sc_sensitive_pos is
deprecated use sc_sensitive << with pos() instead
-----run-----
j'ai une hiérarchie mémoire par défaut

Info: (I804) /IEEE_Std_1666/deprecated: sc_start(double) deprecated,
use sc_start(sc_time) or sc_start()

      Stats from the cache system
*****
Instruction Cache      Data Cache
-----
Number of cache accesses      14361      3472
Number of cache hits          14236      3382
Number of cache misses        125        90
Number of cache reads         14361      2429
Number of cache writes         0         1043
nbr of c. read misses dirty   0         0
nbr of c. write misses dirty  0         0
-----

      Stats from the memory
*****
SPM      DRAM
-----
Number of accesses      680
Number of READ accesses      680
Number of WRITE accesses    0
Number of SPM successes
Number of SPM fails
-----

      Cacti energy unit (in nJ)
*****
READ      WRITE
-----
icache :      0.0407833      0.0440015
dcache :      0.00572382      0.00516604
spm :      no specified      no specified
DRAM :      44.7483      44.7421
-----

      Energy estimation (in nJ)
*****
ALL      READ      WRITE
```

```

-----
energy total :      31033.8
energy CPU :      0
energy BUS :      0
energy memory :      31033.8      31028.4      5.38818
energy icache :      585.689      585.689      0
energy dcache :      19.2913      13.9032      5.38818
energy SPM :
energy DRAM :      30428.8      30428.8      0
energy decomp :      0

```

**Figure 14 : Exemple de sortie du simulateur de consommation**

Dans le cas où l'on veut utiliser une SPM, il faudra alors procéder en 2 étapes. La 1er étape consiste à utiliser l'option « `--accessDump targetFile.access` » qui permet d'enregistrer les accès aux données dans un fichier :

- `./simulatorConso --processorConfig config1.xml --cacheConfig idcache.xml --accessDump ~/benchs/fir/data.access ~/benchs/fir/fir`

Cette commande va enregistrer dans le fichier la suite des adresses des accès aux données dans le fichier `~/benchs/fir/data.access`

La 2ème étape consiste maintenant à précharger le fichier avant de lancer la simulation grâce à l'option « `--loadAccess targetFile.access --spmPolicy [firstUsed|highFrequency|smallSizeFirst|highFrequencyOnSize]` » :

- `./simulatorConso --processorConfig config1.xml --cacheConfig idcache.xml -memoryConfig memory.xml --loadAccess ~/benchs/fir/data.access --spmPolicy high-Frequency ~/benchs/fir/fir`

Cette commande va lancer la simulation en chargeant la SPM (qu'on suppose configuré dans le fichier `memory.xml`) à partir du fichier `~/benchs/fir/data.access` dont les adresses auront été triées par nombre d'apparitions.

Vous obtiendrez un affichage qui ressemblera à ceci :

```

MEMORY
- BANKS
  0: SCRATCH PAD MEMORY 1
    address = 0x00000000|0x00000000, BlockSize = 4, size = 100, SPM
    on chip, writable
  1: DRAM 1
    address = 0x00000000|0x00001000, BlockSize = 4, size = 1000000,
DRAM
    cached, on chip, writable

- BUSES
  0: Bus1, LOCAL
Opening of /home/maha/Bureau/MORE/benchs/fir/data.access

Info: (I804) /IEEE_Std_1666/deprecated: sc_sensitive_neg is
deprecated use sc_sensitive << with neg() instead

Info: (I804) /IEEE_Std_1666/deprecated: sc_sensitive_pos is
deprecated use sc_sensitive << with pos() instead
-----run-----
j'ai une hiérarchie mémoire

Info: (I804) /IEEE_Std_1666/deprecated: sc_start(double) deprecated,
use sc_start(sc_time) or sc_start()

```

```

Stats from the cache system
*****
Instruction Cache      Data Cache
-----
Number of cache accesses  14361      0
Number of cache hits      14236      0
Number of cache misses    125        0
Number of cache reads     14361      0
Number of cache writes    0           0
nbr of c. read misses dirty 0           0
nbr of c. write misses dirty 0           0
-----

Stats from the memory
*****
SPM      DRAM
-----
Number of accesses      4328      500
Number of READ accesses 3041      500
Number of WRITE accesses 1287      0
Number of SPM successes 3472
Number of SPM fails     0

Cacti energy unit (in nJ)
*****
READ      WRITE
-----
icache :    0.0407833    0.0440015
dcache :    0.00572382   0.00516604
spm :       0.00167341   0.00119395
DRAM :      13.6486      13.6425
-----

Energy estimation (in nJ)
*****
ALL      READ      WRITE
-----
energy total :    7416.6
energy CPU :      0
energy BUS :      0
energy memory :    7416.6    7415.06    1.53661
energy icache :    585.689    585.689    0
energy dcache :    0          0          0
energy SPM :       6.62545    5.08884    1.53661
energy DRAM :      6824.28    6824.28    0
energy decomp :    0
    
```

Figure 15 : Autre exemple de sortie du simulateur de consommation d'énergie