

# TD n° 04

## Compilation Croisée

---

Le but de ce TD est de faire une première synthèse sur la création d'un système embarqué en incluant (presque) toutes les phases nécessaires à l'obtention d'un système fonctionnant sur une architecture différente de celle de votre station de travail et de créer un système embarqué avec un système d'exploitation qui soit fonctionnel.

### 1 Configuration de votre VM de travail

#### 1.1 Aménagement mémoire de la VM de travail

Lors de la compilation des sources pour produire ce compilateur, il est nécessaire de disposer d'une quantité de mémoire d'au moins 2Go pour éviter les problèmes de swap ou d'erreur car votre système ne dispose pas d'assez de mémoire. Disposer de suffisamment de mémoire permettra aussi d'accélérer cette étape de compilation qui est assez longue (30 minutes environ sur une machine avec 6 cœurs i7 4800MQ utilisés pour la compilation, sans compter les temps de téléchargement). Il est donc nécessaire d'augmenter les capacités de votre machine virtuelle de travail pour avoir au moins 2Go.

#### 1.2 Ajout d'un nouveau disque dur contenant les sources du cross-compilateur

Récupérer l'image disque suivante à ajouter à votre machine virtuelle de travail :

[http://trolen.polytech.unice.fr/cours/isle/td04/sdc-cross\\_compiler.7z](http://trolen.polytech.unice.fr/cours/isle/td04/sdc-cross_compiler.7z)

Cette image intègre les sources du cross-compilateur avec lequel nous allons travailler ainsi que les paquetages des sources nécessaires (afin d'éviter des temps de téléchargement trop longs durant la séance de TD).

Il est nécessaire de monter ce nouveau système de fichier à votre système de fichier racine de votre machine de travail. Je vous suggère de monter ce disque dur dans le dossier `/work/td04`.

### 2 Construire une chaîne de cross-compilation

La construction d'une chaîne de compilation croisée est une étape un peu longue et très importante. En effet, tout programme sera généré à l'aide de ce compilateur. Donc plus il est optimisé et adapté à votre plateforme cible, plus votre système final sera efficace. Notre but aujourd'hui est donc de fabriquer cet environnement de compilation croisée afin d'obtenir un système embarqué avec un OS qui soit fonctionnel.

#### 2.1 Quel système embarqué ?

Afin de construire une chaîne de compilation croisée, il faut déterminer le type de matériel pour lequel nous souhaitons mettre en place cet outil. Nous allons travailler avec `qemu` pour émuler un système ARM. Vous pourrez voir l'ensemble des plates-formes de type `arm` que `qemu` est capable d'émuler à l'aide de la commande :

```
qemu-system-arm -machine help
```

Nous allons travailler avec la plate-forme émulée `integratorcp` à savoir :

```
integratorcp ARM Integrator/CP (ARM926EJ-S)
```

Nous configurerons donc l'ensemble des outils pour les caractéristiques de cette machine qui sont les suivantes :

- ARM926E, ARM1026E, ARM946E, ARM1136 or Cortex-A8 CPU
- Two PL011 UARTs
- SMC 91c111 Ethernet adapter
- PL110 LCD controller
- PL050 KMI with PS/2 keyboard and mouse.
- PL181 MultiMedia Card Interface with SD card.

## TD n° 04

# Compilation Croisée

### 2.2 Préparation de votre environnement pour la compilation

Les éléments de cette section ont déjà été réalisés sur l'image du disque que vous avez récupérée. Ces informations sont présentes dans le cas où vous souhaiteriez repartir « *from scratch* ». Vous n'avez pas à faire les commandes de cette section 2.2.

Nous allons utiliser `crosstool-ng` comme environnement permettant de produire l'ensemble des outils nécessaires pour faire de la compilation croisée. Plusieurs éléments sont nécessaires sur votre machine de travail pour produire le cross-compileur. Vous veillerez donc à installer les paquetages suivants (la plupart d'entre eux doivent déjà être présents sur votre machine de travail) :

```
apt-get install automake build-essential bison bzip2 curl flex gperf gawk libexpat1-  
dev libncurses5-dev libtool libtool-bin ncurses-dev patch python-dev texinfo wget
```

**Attention :** `crosstool-ng` impose que la compilation soit effectuée en tant qu'utilisateur standard (et non super-utilisateur). Il est donc nécessaire par la suite de disposer d'un terminal en tant que user (commande `su`).

Téléchargez les sources de `crosstool-ng`, les configure et lancer la compilation et l'installation du programme utilitaire `ct-ng`. Cette étape produit les outils nécessaires à la configuration (dont la commande `ct-ng`) de la chaîne de compilation croisée, mais sans produire le cross-compileur lui-même.

```
export VERSION=1.22.0  
wget http://crosstool-ng.org/download/crosstool-ng/crosstool-ng- \$\{VERSION\}\$ .tar.bz2  
./configure --prefix=/work/td04/ct-ng  
make install
```

### 2.3 Configuration de la chaîne de compilation croisée souhaitée

**Attention :** `crosstool-ng` impose que la compilation soit effectuée en tant qu'utilisateur standard (et non super-utilisateur). Il est donc nécessaire par la suite de disposer d'un terminal en tant que user (commande `su`).

Une fois `ct-ng` en place, il est nécessaire de l'ajouter au chemin de recherche des exécutables disponibles sur votre système :

```
export PATH=$PATH:/work/td04/ct-ng/bin
```

La commande `ct-ng` accepte de nombreuses options :

```
ct-ng help  
ct-ng list-samples  
ct-ng show arm-unknown-linux-uclibcgnueabi
```

La première commande permet d'avoir de l'aide générique sur les commandes possible de `ct-ng`, la deuxième permet d'avoir la liste des exemples prédéfinis de cross-compileur et la troisième permet de connaître les informations précises sur une configuration donnée.

Nous allons créer un dossier dans `td04` pour contenir la configuration particulière du cross compileur que l'on va produire.

```
mkdir /work/td04/arm-uclibc  
ct-ng arm-unknown-linux-uclibcgnueabi  
ct-ng menuconfig
```

Vous noterez que nous créons un **cross-compileur pour ARM qui fonctionne avec la librairie C  $\mu$ Clibc**.

Changer les options suivantes à cette configuration de base :

```
Path et misc options:  
Local tarballs directory /work/td04/src  
Prefix directory /work/td04/x-tools/ $\{CT\_TARGET\}$   
Operating System  
Linux kernel 2.6.32.68
```

## TD n° 04

# Compilation Croisée

```
C Compiler  
gcc version 4.9.3
```

Pour information, une chaîne de cross-compilation n'est pas relocalisable (on ne peut pas déplacer les fichiers après la compilation).

### 2.4 Compilation de la chaîne de compilation croisée

Il ne vous reste plus qu'à lancer la compilation grâce à la simple commande :

```
ct-ng build
```

Cette commande intègre la gestion de la parallélisation des compilations donc il n'est pas besoin de lui passer un paramètre du type `-j Number of jobs`.

Suivant la vitesse de votre machine (et de votre connexion Internet si vous devez télécharger les paquetages nécessaires au fur et à mesure des besoins), cette opération pourra prendre entre 30 et 60 minutes. Au fur et à mesure de la compilation, vous pourrez regarder ce qui est créé dans le répertoire `/work/td04/x-tools`.

Pendant que votre chaîne de compilation croisée se compile, terminez le TD précédent.

## 3 Utilisation de la chaîne de compilation croisée

Nous disposons donc maintenant d'une chaîne de cross-compilation pour produire des exécutables pour une cible ARM, ces programmes utilisent la `µClibc` (et non la librairie C de GNU, la `glibc`). Nous allons utiliser celle-ci pour produire un système complet fonctionnant sur une plate-forme ARM.

### 3.1 Utilisation d'un noyau pour tester

Vous disposez dans le dossier `/work/td04` d'un fichier contenant un noyau linux compilé pour ARM. Vous pourrez ainsi lancer `qemu`, lui faire émuler une architecture ARM et avoir un début de démarrage de la machine.

```
qemu-system-arm -M integratorcp -m 16M -kernel zImage-arm
```

Après les messages d'initialisation du noyau, vous obtiendrez bien entendu une erreur vous indiquant qu'il n'y a pas de système de fichier racine (nous ne lui en avons pas fourni). Nous allons donc en réaliser un, comme nous avons pu le faire lors du TD précédent.

### 3.2 Compilation de BusyBox pour ARM

Le but de ce TD est de faire un système de fichier pour la cible avec la contrainte supplémentaire de produire un système de fichier avec des programmes pour architecture ARM à l'aide de la chaîne de cross-compilation que nous venons de mettre en place. N'oubliez pas de positionner les variables d'environnement du Shell dans lequel vous lancerez la cross-compilation pour ARM (modification des variables `ARCH` et `CROSS_COMPILE` de votre Shell ou passage en paramètre à `make`).

Si vous rencontrez une erreur à la compilation de `busybox`, cela provient de l'inclusion de la commande `sync`. Désactivez cette commande dans `busybox` qui se trouve dans `Coreutils`.

Vous vérifierez grâce à la commande `file` que l'exécutable `busybox` que vous avez créé est bien généré pour la bonne architecture et avec les bonnes propriétés (format ELF, lié statiquement par exemple).

### 3.3 Création d'un système de fichiers pour la cible

Nous allons modifier le système de fichier `root.img` que vous avez obtenu lors du TD précédent. Nous allons donc en faire une copie sous le nom `root-arm.img`.

## TD n° 04

# Compilation Croisée

Une fois votre système de fichier rempli avec le résultat de la compilation de BusyBox pour votre nouvelle cible embarquée ARM, vous pourrez tester que votre système est fonctionnel grâce à `qemu` à l'aide d'une ligne de commande du type :

```
qemu-system-arm -M integratorcp -m 16M -kernel vmlinuz-2.6.32.68-arm -initrd rootarm.img -append "root=/dev/ram0"
```

Vous devez vérifier que votre cible ARM fonctionne bien avec ce système.

### 3.4 Un programme Hello World pour la cible

Depuis votre machine de travail, crée un programme « Hello World ! »<sup>1</sup> que vous compilerez pour x86 et pour ARM avec chargement dynamique des bibliothèques et en tant qu'exécutable statique (vous obtiendrez donc 4 exécutables). Vous veillerez à l'ajouter à votre système ce programme « Hello World » pour vérifier qu'il fonctionne bien sur la cible (vous pourrez le vérifier pour la cible x86 et ARM).

Notez toutes les tailles de chacun des fichiers programmes obtenus pour les différentes configurations et réfléchissez à ce que vous avez réalisé pour répondre aux questions d'une prochaine évaluation...

### 3.5 Compilation de votre noyau pour ARM

Vous avez utilisé le noyau dans le fichier `zImage-arm` que je vous ai fourni. Il est maintenant temps de faire votre propre noyau. Vous allez donc recompiler le noyau 2.6.32-68 pour ARM. A votre avis, pouvez-vous récupérer le fichier de configuration du noyau que vous avez compilé lors du précédent TD ? Pourquoi ?

Bien sûr, la configuration est différente de la version du noyau pour le PC car les périphériques donc les pilotes nécessaires inclus dans le noyau ne sont pas les mêmes pour la carte réseau, pour les bus gérés, ...

Il est donc nécessaire d'inclure les pilotes pour ces périphériques dans le noyau et donc de faire une configuration adaptée à la cible. Pour vous éviter de faire la configuration de ce noyau, vous pouvez récupérer le fichier de configuration correspondant à l'adresse suivante :

```
http://trolen.polytech.unice.fr/cours/isle/td04/config-2.6.32.68-arm
```

Vous recompileriez donc le noyau avec cette configuration pour la cible ARM et veillerez à ce que la cible fonctionne bien avec votre noyau et votre système de fichiers en tentant de contacter le serveur Web de votre cible comme lors du précédent TD.

```
qemu-system-arm -M integratorcp -m 16M -kernel vmlinuz-2.6.32.68-arm -initrd rootarm.img -append "root=/dev/ram0" -net nic,model=smc91c111 -net user,id=mynet0,net=192.168.10.0/24,dhcpstart=192.168.10.10 -redir tcp:5555::80
```

Si vous contactez bien le serveur Web de votre cible embarquée, bravo ! Vous venez de construire votre premier système embarqué pour une cible ARM. Vous avez gagné le droit de bientôt travailler avec du vrai matériel.

<sup>1</sup> Pour ceux qui ne sauraient plus réaliser un « Hello World ! » en C, vous pourrez consulter l'adresse suivante : [Polytech'Nice – Sophia / Université Nice – Sophia Antipolis  
930, Route des Colles – B.P. 145 - 06903 Sophia Antipolis Cedex – France  
Tél : +33 \(0\)4 92 96 50 50 – Fax : +33 \(0\)4 92 96 50 55 – <http://www.polytech.unice.fr/>](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_programmes>Hello world</a></p>
</div>
<div data-bbox=)