

1. Contrôle préalable

Cette partie est conçue comme une vérification pour vous permettre de déterminer si vous comprenez les concepts abordés en cours ou non. Veuillez répondre par « Vrai » ou « Faux » aux questions suivantes et inclure une explication :

- 1.1. Le compilateur de langage évolué (C/C++, Fortran, ...) peut générer des pseudo-instructions assembleur.
- 1.2. L'objectif principal de l'outil Assembleur est de générer un code machine optimisé.
- 1.3. Les adresses de destination de toutes les instructions de saut sont complètement déterminées après l'édition de lien.

2. Compilation de programme

Voici un diagramme qui schématise le processus de création et d'exécution d'un programme à partir du code source de langage évolué comme le C.

```
1#include <stdio.h>
2#define MOT "World"
3#define MAX(A,B) (A) > (B) ? A : B
4
5int main(int argc, char * argv[]) {
6    int i = 2;
7    int j = 5;
8    int max;
9
10   max = MAX(i, j);
11   printf("Hello " MOT);
12   return 0;
13}
```

Langage de haut niveau



```
1      .file "helloWorld.c"
2      .section .rodata
3      .LC0:
4      .string "Hello World"
5      .text
6      .globl main
7      .type main, @function
8      main:
9          pushl %ebp
10         movl %esp, %ebp
11         andl $-16, %esp
12         subl $32, %esp
13         movl $2, 20(%esp)
14         ...
```

Langage assembleur



```
1 00000000 457f 464c 0101 0001
2 00000020 0001 0003 0001 0000
3 00000040 0100 0000 0000 0000
4 00000060 000b 0008 8955 83e5
5 00000100 0214 0000 c700 2444
6 00000120 3914 2444 0f18 444d
7 00000140 0000 8900 2404 fce8
8 00000160 c3c9 0000 6548 6c6c
9 00000200 4700 4343 203a 4728
10 00000220 2036 3032 3231 3330
11 ...
```

Code machine



Légende :



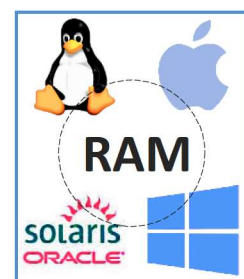
Compilateur



Assembleur et éditeur de liens



Système d'exploitation (Chargement et exécution)



2.1. Combien de passages dans le code l'outil Assembleur doit effectuer et pourquoi cela ?

2.2. Décrivez les six parties principales des fichiers objets générés par l'assembleur (En-tête, texte, données, table de relocalisation, table de symboles, informations de débogage).

3. Assemblage de code source MIPS

Soit un programme C qui contient une seule fonction `sum` qui calcule la somme des éléments dans un tableau. Voici ci-dessous une version compilée de ce programme en MIPS.

```
1 .import print.s          # print.s est un fichier différent
2 .data
3 array: .word 1,2,3,4,5
4 .text
5 sum:    la    $t0, array
6         li    $t1, 4
7         move  $t2, $0
8 loop:   beq   $t1, $0, end
9         addi  $t1, $t1, -1
10        sll   $t3, $t1, 2
11        add   $t3, $t0, $t3
12        lw    $t3, 0($t3)
13        add   $t2, $t2, $t3
14        j     loop
15 end:    move  $a0, $t2
16        jal   print_int # fonction définie dans print.s
17        ...
```

3.1. Quelles lignes contiennent des pseudo-instructions que l'assembleur doit convertir en des instructions réelles de l'ISA MIPS ?

3.2. Pour les instructions de branchement / saut, quelles étiquettes seront résolues lors de la première passe de l'assembleur ? et quelles autres dans la deuxième passe ?

3.3. Supposons que le code de ce programme, une fois chargé en mémoire, commence à l'adresse 0x00400000 (voir ci-dessous). Pourquoi y a-t-il un saut de 8 entre la première et la deuxième ligne ?

```
0x00400000:  sum:    la    $t0, array
0x00400008:          li    $t1, 4
0x0040000C:          move  $t2, $0
0x00400010:  loop:   beq   $t1, $0, end
0x00400014:          addi  $t1, $t1, -1
0x00400018:          sll   $t3, $t1, 2
0x0040001C:          add   $t3, $t0, $t3
0x00400020:          lw    $t3, 0($t3)
0x00400024:          add   $t2, $t2, $t3
0x00400028:          j     loop
0x0040002C:  end:    move  $a0, $t2
0x00400030:          jal   print_int
```

3.4. Donnez la table des symboles une fois que l'outil Assembleur a effectué toutes ses passes

4. Adressage MIPS

Il existe plusieurs modes d'adressage pour accéder à la mémoire dans MIPS :

- **Registre** : l'adresse est contenue dans le registre. e.g. « jr \$ra »
- **Indexé** : l'opérande est une adresse de base contenu d'un registre à laquelle est ajouté une valeur de déplacement. e.g. « lw \$a1, 0(\$s0) », « sb \$t1, 3(\$a0) ».
- **Indexé sur le PC** : Utilise le PC (en fait le PC actuel plus quatre) et ajoute l'immédiat de l'instruction (multiplié par 4) pour créer une adresse. Ce mode est utilisé par des instructions comme beq, bne. L'étiquette est remplacée par un immédiat qui indique le nombre d'instructions pour le branchement.
- **Pseudo-direct** : adresse obtenue par concaténation des quatre bits de poids fort du PC et les 26 bits [25:0] de l'instruction avec des bits LSB implicites de 00 (pouvez-vous dire pourquoi deux bits implicites de 00 ?). Ce mode est utilisé par les instructions de type J.

4.1. Vous devez sauter à une adresse de $2^{28} + 4$ octets de plus que le PC actuel. Comment faire ? Pour cette question, l'adresse de destination exacte est supposée connue au moment de la compilation. (Indication : vous avez besoin de plusieurs instructions)

4.2. Vous devez maintenant sauter à une instruction $2^{17} + 4$ octets plus élevée que le PC actuel lorsque \$t0 vaut 0. Vous pouvez supposer pour cette question que le saut ne s'effectue pas à une adresse appartenant un nouveau bloc de 2^{28} octets. Donnez les instructions MIPS ?

4.3. Soit les instructions MIPS suivantes (et leurs adresses associées), remplissez les champs vides pour les instructions indiquées (vous aurez besoin de votre fiche mips!)

| | | | | | | | | |
|-------------|-------|-----------------------|---|---|--|--|--|----------|
| 0x002cfff0: | loop: | addu \$t0, \$t0, \$t0 | 0 | | | | | |
| 0x002cfff4: | | jal foo | 3 | | | | | |
| 0x002cfff8: | | bne \$t0, \$0, loop | 5 | 8 | | | | |
| | : | | : | | | | | |
| 0x00300004: | foo: | jr \$ra | | | | | | # \$ra = |

