Correction

Vérifiez votre énoncé: les 6 entêtes doivent être `+1/1/xx+...` `+1/6/xx+`**.**

Ing1 2016 – CMP2 – 1h30 – Juin 2014 *Sans document ni machine*

Noircir les cases plutôt que cocher. Renseigner les champs d'identité. Les questions marquées du symbole ♣ peuvent avoir plusieurs réponses justes. Toutes les autres questions n'ont qu'une seule réponse juste; si plusieurs réponses sont valides, sélectionner la plus restrictive (par exemple s'il est demandé si 0 est *nul*, *non nul*, *positif*, ou *négatif*, sélectionner *nul*). Il n'est pas possible de corriger une erreur. Les réponses justes créditent; les incorrectes pénalisent; et les blanches et réponses multiples valent 0.

Nom et prénom :

....

....

....

....

Cochez votre identifiant (de haut en bas):

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9

1 Contrôle

Q.1 Avez-vous bien vérifié les en-têtes des 6 pages de ce sujet, comme indiqué en haut de cette première page ?

■ Oui ☐ Non

2 Généralités

Q.2 Parmi les étapes suivantes, laquelle ne fait pas partie du *back end* (partie terminale) d'un compilateur ?

☐ Les optimisations relatives au langage cible
☐ La sélection d'instructions
■ L'analyse sémantique
☐ L'analyse de vivacité

3 Typage

Q.3 Utiliser des références à la place de pointeurs en C++ produit du code

☐ moins sûr.
☐ plus rapide.
■ équivalent en vitesse d'exécution.
☐ plus lent.

Q.4 Quel est le type de la fonction `f` définie ci-dessous en Objective Caml ?

```
let f x = x ();;
```

☐ Ce code est invalide
☐ `'a -> unit`
■ `(unit -> 'a) -> 'a`
☐ `'a -> 'b`

Q.5 Quel est le type de la fonction `g` définie ci-dessous en Objective Caml ?

```
let g x = x x;;
```

- ☐ `'a -> unit`
- ■ Ce code est invalide
- ☐ `(unit -> 'a) -> 'a`
- ☐ `'a -> 'b`

4 Désucrage

Q.6 Quel est le problème avec le désucrage des boucles `for` du langage Tiger proposé ci-dessous ?

```
for i := min to max
  do body
```

⇝

```
let var i     := min
    var limit := max
in
  while i <= limit
  do
    (body; i := i + 1)
end
```

- ☐ La portée de `i` est modifiée.
- ☐ Le cas où *min* = `INT_MIN` n'est pas correctement traité.
- ☐ Les bornes `min` et `max` ne sont évaluées qu'une seule fois.
- ■ Le cas où *max* = `INT_MAX` n'est pas correctement traité.

5 Mémoire

Q.7 Le *frame pointer* sert à

- ☐ accéder aux variables globales du programme.
- ☐ accéder à l'instruction courante.
- ■ accéder aux variables locales d'une fonction.
- ☐ manipuler des données allouées dynamiquement sur le tas en automatisant la gestion de la mémoire.

Q.8 Quel mécanisme permet d'allouer de la mémoire dynamiquement sur la pile en C++ ?

- ☐ `new`
- ■ `alloca`
- ☐ `malloc`
- ☐ `std::allocator`

6 Traduction

Q.9 Lequel de ces langages est un langage de machine à pile ?

- ☐ Le langage LLVM
- ■ Le bytecode Java
- ☐ Le langage RTL de GCC
- ☐ Le langage Tree

Q.10 On considère le programme Tiger ci-dessous.

```
1 let
2   function f() =
3     let
4       function f1() = ()
5       function f2() = f1()
6     in
7     end
8 in
9 end
```

En supposant que le *static link* d'une fonction est situé à l'adresse pointée par son frame pointer (`fp`), quelle valeur `f2` doit elle passer en argument comme static link à `f1` lors de l'appel de la ligne 5 ?

- ☐ `fp`
- ☐ Ce programme ne compile pas.
- ■ `*fp`
- ☐ `**fp`

Q.11 Quel code Tiger a produit le code HIR ci-dessous ?

```
label l1
cjump ne const 1 const 0 name l2 name l0
label l2
sxp const 0
jump name l1
label l0
```

- ☐ `(1 <> 0; 0)`
- ☐ `if 1 then ()`
- ■ `while 1 do ()`
- ☐ `1 & 0`

Q.12 Quelle est la traduction de l'expression Tiger `a := a + 1`, vers une représentation intermédiaire haut niveau (HIR) exprimée dans le langage Tree ? On considérera que `a` est une variable stockée sur la pile à l'adresse `fp - 4` où `fp` désigne le frame pointer.

- ☐ `move(mem(temp a), binop(add, mem(temp a), const 1))`
- ☐ `move(binop(add, temp fp, const -4),`
  `binop(add, binop(add, temp fp, const -4), const 1))`
- ■ `move(mem(binop(add, temp fp, const -4)),`
  `binop(add, mem(binop(add, temp fp, const -4)), const 1))`
- ☐ `move(temp a, binop(add, temp a, const 1))`

Q.13 Parmi les exemples de variables ci-dessous, laquelle peut on placer dans un registre ?

- ☐ Une variable tableau
- ■ Une variable utilisée plusieurs fois comme *l-value*
- ☐ Une variable avec des utilisations non-locales
- ☐ Une variable dont on prend l'adresse

7 Canonisation

Pour chacun des programmes HIR ci-dessous, sélectionnez le programme « canonisé » (i.e., LIR) qui lui correspond. Par convention les termes '`s*`' désignent des instructions (*statement*), '`e*`' des expressions, '`l*`' des étiquettes (*label*) et '`t*`' des temporaires. Nous utilisons les notations du projet Tiger de l'EPITA : `sxp` au lieu de `exp` chez Andrew Appel, `seq` avec un nombre d'éléments arbitraire, etc.

Correction

Q.14 `seq(s1, seq(s2, s3), s4)`

- ☐ `seq(s1, s3, s4)`
- ■ `seq(s1, s2, s3, s4)`
- ☐ `seq(seq(seq(s1, s2), s3), s4)`
- ☐ `eseq(seq(s1, s2, s3), s4)`

Q.15 `mem(eseq(s, e))`

- ☐ `seq(s, sxp(mem(e)))`
- ☐ `seq(s, sxp(e))`
- ☐ `eseq(move(temp t, e), mem(e))`
- ■ `eseq(s, mem(e))`

Q.16 `sxp(call(label l, e1, eseq(s, temp t))`

- ■ `seq(move(temp t1, e1), s, sxp(call(label l, temp t1, temp t)))`
- ☐ `seq(s, sxp(call(label l1, e1, temp t)))`
- ☐ `seq(move(temp t1, e1), move(temp t2, s), sxp(call(label l, temp t1, temp t)))`
- ☐ `seq(s, move(temp t1, e1), sxp(call(label l, temp t1, temp t)))`

8 Génération de code

Q.17 Quel code Tiger a produit le code MIPS ci-dessous ?

```
        sw      $fp, -4 ($sp)
        move    $fp, $sp
        sub     $sp, $sp, 8
        sw      $ra, ($fp)
        li      $ra, 1
        blt     $ra, 2, l0
l2:     j       l4
l0:     li      $a0, 51
        jal     tc_print_int
        j       l2
l4:     lw      $ra, ($fp)
        move    $sp, $fp
        lw      $fp, -4 ($fp)
        jr      $ra
```

- ☐ `while 1 < 2 do print_int(51)`
- ■ `if 1 < 2 then print_int(51)`
- ☐ `(1 < 2; print_int(51))`
- ☐ `1 < 2 | print_int(51)`

Q.18 Quel(s) registre(s) n'est (ne sont) pas sauvegardé(s) sur la pile à l'entrée d'une fonction puis restauré(s) à la sortie de celle-ci ?

- ☐ Le frame pointer
- ■ Les registres *caller-save*
- ☐ L'adresse de retour
- ☐ Les registres *callee-save*

Q.19 Parmi les caractéristiques ci-dessous, laquelle est typique d'une machine CISC ?

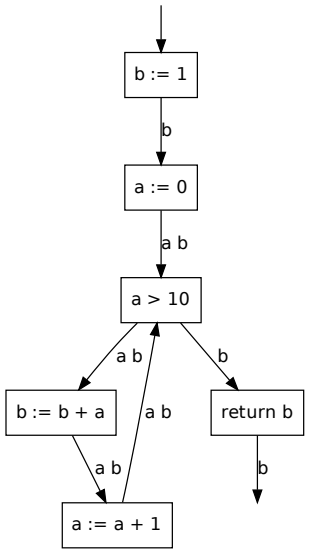
- ☐ Des instructions machine de taille fixe
- ☐ Une seule classe de registres entier/pointeurs
- ☐ La présence de 32 registres
- ■ Les opérations arithmétiques pouvant utiliser tant les registres que la mémoire

9 Analyse de vivacité

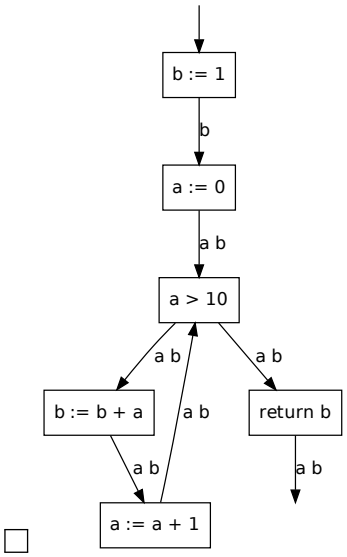
Q.20 Quel graphe de vivacité correspond au programme ci-dessous ?

```
    b := 1
    a := 0
L1: if a > 10 goto L2
    b := b + a
    a := a + 1
    goto L1
L2: return b
```

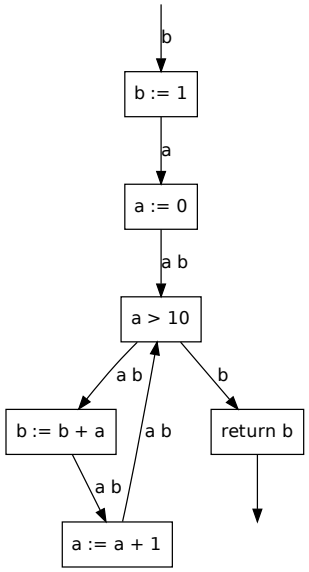
■



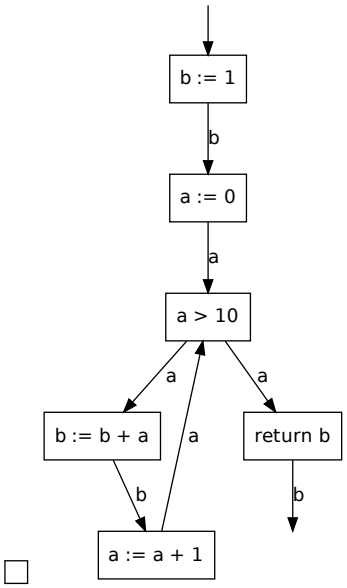
□



□

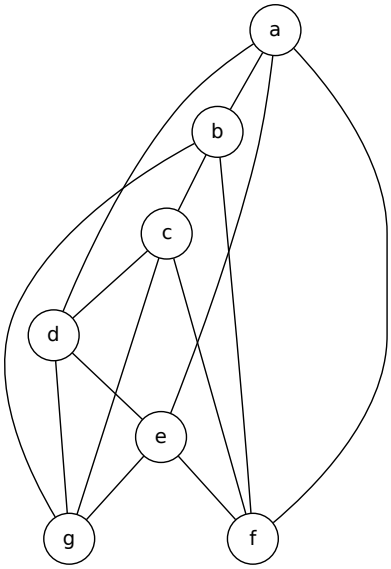


□



10 Allocation de registres

Q.21 On s'intéresse ici à coloration de graphe par simplification. Le graphe ci-dessous...



☐ ...est coloriable avec 4 couleurs sans faire appel à une étape de *spilling*.
☐ ...n'est pas coloriable avec 4 couleurs.
☐ ...est coloriable avec 4 couleurs en réalisant un *spill* effectif.
■ ...est coloriable avec 4 couleurs grâce à un *spill* potentiel (mais pas effectif).

Fin de l'épreuve.