

RÉPONSES

Feuille de travaux dirigés n° 2

Performances

Exercice 2.1

On souhaite comparer les performances de deux systèmes différents : S_1 et S_2 . Le système S_1 coûte 10 000 € et le système S_2 15 000 €. Les mesures suivantes ont été faites sur ces deux systèmes :

Programme	Temps sur S_1	Temps sur S_2
1	10 s	5 s
2	3 s	4 s

Nous dirons qu'une machine est plus rentable qu'une autre si le quotient des performances divisées par le coût est plus grand.

1. Un utilisateur se préoccupe uniquement des performances obtenues sur le programme 1. Quelle machine est la plus rentable pour exécuter le programme 1 seulement ? De combien ?

▽ **Correction** _____

On a :

$$R_{S_1} = 1 \times 10^{-5} \qquad R_{S_2} \approx 1,333 \times 10^{-5}$$

D'où : S_2 est 4/3 fois plus rentable que S_1 .

2. Un autre utilisateur s'intéresse au débit de sortie des systèmes S_1 et S_2 tel qu'il est mesuré avec une charge de travail qui utilise de manière identique les programmes 1 et 2. Quel système détient les meilleures performances pour cette charge de travail ? De combien sont-elles meilleures ? Quel système est le plus rentable pour cette charge ? De combien ?

▽ **Correction** _____

$$P_{S_1} \approx 2,166 \times 10^{-1}$$

$$P_{S_2} = 2,25 \times 10^{-1}$$

$$R_{S_1} \approx 2,166 \times 10^{-5}$$

$$R_{S_2} = \frac{3}{2} \times 10^{-5}$$

3. Les mesures supplémentaires suivantes ont été faites :

Programme	Instructions sur S_1	Instructions sur S_2
1	20×10^6	16×10^6

Déterminer la « fréquence » d'exécution des instructions (nombre d'instructions par seconde) pour chaque machine exécutant le programme 1 ;

▽ **Correction**

- S_1 : 2 MIPS
- S_2 : 3,2 MIPS

4. Si la fréquence d'horloge du système S_1 est de 20 MHz et celle du système S_2 est de 30 MHz, déterminer le nombre de cycles d'horloge par instruction (CPI) pour le programme 1 sur les deux systèmes;

▽ **Correction**

$$\text{CPI}_{S_1P_1} = 10 \text{ cycles par instruction}$$
$$\text{CPI}_{S_2P_1} = 9,375 \text{ cycles par instruction}$$

5. En supposant que le CPI du programme 2 sur chaque machine est le même que le CPI du programme 1, déterminer le nombre d'instructions du programme 2 s'exécutant sur chaque machine.

▽ **Correction**

- Sur S_1 : 6×10^6 instructions
- Sur S_2 : $12,8 \times 10^6$ instructions

Exercice 2.2

Un programme s'exécute en 10 s sur un ordinateur A qui dispose d'une horloge à 100 MHz. Vous tentez d'aider un concepteur à construire une machine B qui exécutera ce programme en 6 s. Le concepteur a établi qu'une augmentation substantielle de la fréquence d'horloge est possible, mais que cette augmentation affectera le reste de la conception du processeur, imposant à la machine B d'utiliser 1,2 fois plus de cycles d'horloge que la machine A pour ce programme. Quel objectif de fréquence d'horloge devez-vous donner au concepteur ?

▽ **Correction**

200 MHz

Exercice 2.3

Supposons que nous ayons deux mises en œuvre différentes de la même architecture de jeu d'instructions. Pour un programme donné, la machine A a un temps de cycle d'horloge de 10 ns et un CPI de 2, et la machine B un temps de cycle d'horloge de 20 ns et un CPI de 1,2 pour le même programme. Quelle machine est la plus rapide pour ce programme ? De combien ?

▽ **Correction**

UC_A est 1,2 fois plus performante que UC_B .

Exercice 2.4 (Traité dans le fascicule)

Un concepteur de compilateur essaie de choisir entre deux séquences de code pour une machine donnée. Les concepteurs du matériel ont fourni les informations suivantes :

Classe d'instruction	CPI pour la classe
A	1
B	2
C	3

Pour une expression particulière d'un langage de haut niveau, le concepteur du compilateur envisage deux séquences de code qui nécessitent les nombres d'instructions suivants :

Séquence de code	# instructions pour la classe		
	A	B	C
1	2	1	2
2	4	1	1

1. Quelle séquence de code exécute le plus d'instructions? Laquelle sera la plus rapide? Quel est le CPI de chaque séquence?

▽ **Correction**

– Séquence 1 : $2 + 1 + 2 = 5$ instructions

– Séquence 2 : $4 + 1 + 1 = 6$ instructions

On a :

– # cycles UC_1 : $2 \times 1 + 1 \times 2 + 2 \times 3 = 10$ cycles

– # cycles UC_2 : $4 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3 = 9$ cycles

On utilise la même machine dans les deux cas, donc la fréquence est la même et le temps de cycle aussi. Cela implique que UC_2 est plus rapide que UC_1 . On a :

$$CPI = \frac{\text{\# cycles}}{\text{\# instructions}}$$

D'où :

$$CPI_{UC_1} = \frac{10}{5} = 2$$

$$CPI_{UC_2} = \frac{9}{6} = 1,5$$

2. Supposons maintenant que nous mesurions le code généré à partir d'un même programme par deux compilateurs différents et que nous obtenions les résultats suivants :

	# instructions pour la classe (en millions)		
	A	B	C
Compilateur 1	5	1	1
Compilateur 2	10	1	1

Supposons que la fréquence d'horloge de la machine est de 100 MHz. Quelle séquence de code s'exécutera le plus rapidement en termes de MIPS? En terme de temps d'exécution?

▽ **Correction**

$$MIPS = \frac{\text{Fréquence d'horloge}}{CPI \times 10^6} = \frac{100 \text{ MHz}}{CPI \times 10^6}$$

Et :

$$CPI = \frac{\text{\# cycles}}{\text{\# instructions}} \text{ avec } \text{\# cycles} = \sum_{i=1}^n (CPI_i \times C_i)$$

Il vient :

$$CPI_1 = \frac{(5 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3) \times 10^6}{(5 + 1 + 1) \times 10^6} = \frac{10}{7} \approx 1,43$$

$$CPI_2 = \frac{(10 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3) \times 10^6}{(10 + 1 + 1) \times 10^6} = \frac{15}{12} = 1,25$$

$$\text{MIPS}_1 = \frac{100 \times 10^6}{(10/7)10^6} = 70$$

$$\text{MIPS}_2 = \frac{100 \times 10^6}{(15/12)10^6} = 80$$

On a :

$$\text{Temps}_{\text{UC}} = \frac{\# \text{ instructions} \times \text{CPI}}{\text{Fréquence}}$$

Donc :

$$\text{Temps}_{\text{UC}_1} = \frac{(5 + 1 + 1) \times 10^6 \times \frac{10}{7}}{100 \times 10^6} = \frac{7 \times \frac{10}{7}}{100} = 0,1 \text{ s}$$

$$\text{Temps}_{\text{UC}_2} = \frac{(10 + 1 + 1) \times 10^6 \times \frac{15}{12}}{100 \times 10^6} = \frac{12 \times \frac{15}{12}}{100} = 0,15 \text{ s}$$

Exercice 2.5

Vous êtes le concepteur en chef d'un nouveau processeur. La conception du processeur et celle du compilateur sont terminées et vous devez maintenant décider si vous produisez le modèle dans son état actuel ou si vous consacrez encore du temps supplémentaire à son amélioration. Dans un premier temps, vous discutez de ce problème avec votre équipe « génie matériel » et parvenez aux options suivantes :

- A. *Laisser le modèle tel qu'il est.* On appelle cette machine Mbase. Elle a une fréquence d'horloge de 50 MHz. Les mesures suivantes ont été faites à l'aide d'un simulateur :

Classe d'instruction	CPI pour la classe	Fréquence d'occurrence
A	2	40 %
B	2	25 %
C	3	25 %
D	4	10 %

- B. *Optimiser le matériel.* L'équipe chargée du matériel affirme qu'elle peut améliorer le modèle afin de lui donner une fréquence d'horloge de 60 MHz. Appellons Mopt cette machine. Les mesures suivantes ont été faites à l'aide d'un simulateur :

Classe d'instruction	CPI pour la classe	Fréquence d'occurrence
A	2	40 %
B	3	25 %
C	3	25 %
D	5	10 %

1. Quel est le CPI moyen de chaque machine ?

▽ **Correction**

$$\text{CPI}_{\text{Mbase}} = 2,45$$

$$\text{CPI}_{\text{Mopt}} = 2,8$$

2. De combien Mopt est-elle plus rapide que Mbase ?

▽ **Correction**

$$\text{Mopt} = 1,05 \times \text{Mbase}$$

Vous discutez ensuite avec l'équipe chargée du compilateur. Cette équipe vous propose d'améliorer le compilateur de la machine afin d'augmenter les performances. Appelons Mcomp cette combinaison de la machine de base et du compilateur amélioré. Les diminutions du nombre d'instructions du code produit par le nouveau compilateur sont estimées comme suit :

Classe d'instruction	Pourcentage d'instructions exécutées par rapport à la machine de base
A	90 %
B	90 %
C	85 %
D	95 %

Si la machine Mbase exécutait, par exemple, 500 instructions de classe A, Mcomp exécuterait $0,9 \times 500 = 450$ instructions de classe A pour le même programme.

3. De combien Mcomp est-elle plus rapide que Mbase ?

▽ **Correction**

Mcomp est 12 % plus rapide que Mbase.

Le groupe chargé du compilateur, après avoir discuté avec le groupe chargé du matériel, fait remarquer qu'il est possible de mettre en œuvre à la fois les améliorations matérielles et les améliorations du compilateur. La nouvelle combinaison machine optimisée/compilateur amélioré est appelée Mtout.

4. De combien Mtout est-elle plus rapide que Mbase ?

▽ **Correction**

$$M_{\text{tout}} = 1,176 \times M_{\text{base}}$$

Vous devez maintenant décider d'incorporer à la machine de base, soit les améliorations du matériel, soit les améliorations du compilateur, soit les deux. Vous estimez que les temps suivants seraient nécessaires pour mettre en œuvre les optimisations décrites :

Optimisation	Temps de réalisation (mois)	Nom de la machine
Matériel	4	Mopt
Compilateur	3	Mcomp
Les deux	5	Mtout

5. Sachant que les performances des processeurs s'améliorent approximativement de 50 % par an, soit environ 3,4 % par mois, et en supposant que la machine de base a les mêmes performances que ses rivales sur le marché, quelles optimisations (si vous décidez en ce sens) choisiriez-vous de mettre en œuvre ?

▽ **Correction**

La seule optimisation intéressante est celle conduisant à Mcomp.