TD-3 : Pipelines scalaires et prédiction de branchement

Exercice 1

On considère une architecture RISC possédant 4 types d'instructions :

- A = arithmétiques et logiques : registre- registre
- C = chargement : lecture mémoire
- R = rangement : écriture mémoire
- B = branchement. Les branchements conditionnels se font sur code condition

Cette architecture a deux implantations, l'une avec le pipeline P1 dont les phases sont décrites table I et l'autre avec le pipeline P2 qui est décrit table II. Dans les deux cas, les caches instructions et données sont séparés.

LI	Lecture de l'instruction		LI1	Début lecture de l'instruction
LR	Pour toutes les instructions, décodage de l'instruction et lecture des opérandes registre. Pour les types C et R, calcul de l'adresse mémoire Pour le type B, calcul de l'adresse de branchement		LI2	Fin lecture de l'instruction
EX	Pour le type A, opération UAL. Pour le type R, lecture du 3ème opérande. Pour les types C et R, accès mémoire		LR	Décodage de l'instruction et lecture des opérandes registre
RR	Rangement du résultat arithmétique (A) ou de la lecture (C) dans le banc de registres.		EX	Pour le type A, opération UAL. Pour le type R, lecture du 3ème opérande. Pour les types C et R, calcul de l'adresse mémoire. Pour le type B, calcul de l'adresse de branchement
			M1	Pour les types C et R, début accès mémoire
			M2	Pour les types C et R, fin accès mémoire
			RR	Rangement du résultat arithmétique (A) ou de la lecture (C) dans le banc de registres.
	Table 1 : PIPELINE 1			*Table 2 :PIPELINE 2*

1) Définir l'ensemble des dépendances qui peuvent exister entre une instruction qui génère une donnée ou une adresse et une instruction qui utilise cette donnée ou cette adresse.
2) Pour toutes les dépendances définies dans la question précédente, on introduit tous les mécanismes d'anticipation nécessaires (bypass) pour supprimer ou réduire les suspensions. Définir dans chaque cas le « bypass » nécessaire et en déduire le nombre de cycles de suspension (avec 0 quand il n'y a pas de suspension)..
3) Quelle est la taille du délai de branchement pour P1 et pour P2 ?
4) Quelles ont les ressources matérielles nécessaires aux deux pipelines ?

Exercice 2

On considère une architecture à cache commun instructions et données

1) Un pipeline à cinq étages (LI, LR, EX, MEM, RR) est-il utile ?
2) Proposer un pipeline d'exécution, qui permette la lecture du registre Rd pendant la phase EX des instructions de rangement, en supposant que le banc de registre n'admet que 2 accès simultanés en lecture.
3) Donner la liste des aléas de données de ce pipeline avec anticipation.

Exercice 3 : prédicteurs de branchement

Soit le programme C suivant :

```
long a=0, b=0, n=0, p=0;
main()
{
int i, n, p;
for (i=0; i<24; i++)
      {
      a = (a+1)%2
      b= (b+1)%3
      if (a>=b)
            n++;
            else p++;
      }
}
```

On considère le branchement conditionnel correspondant au if(a>=b). Le branchement est pris (P) si (a<b) et non pris (NP) autrement.
On associe un prédicteur à ce branchement. On utilise soit un prédicteur 1 bit, soit un compteur 2 bits. Le compteur 2 bits a 4 états : fortement non pris (FNP), faiblement non pris (fNP), faiblement pris (fP) et fortement pris (FP) auxquels on peut associer les valeurs 0, 1, 2 et 3.
Dans tous les cas, les prédicteurs sont initialisés à NP (ou FNP pour le compteur 2 bits)

Pour les 24 itérations de la boucle, quel est le nombre de prédictions correctes dans les cas suivants :

a) on utilise un prédicteur 1 bit par branchement
b) on utilise un prédicteur 2 bits par branchement
c) on utilise l'historique des 2 derniers branchements, avec un prédicteur 1 bit par configuration du registre d'historique
d) on utilise l'historique des 3 derniers branchements, avec un prédicteur 1 bit par configuration.

a																								
b																								
B																								
a)																								
b)																								
c)																								
d)																								

Exercice 4 : prédicteurs de branchements corrélés

Soit un prédicteur (2,2) selon le schéma de la Figure 1. On suppose que tous les compteurs sont initialisés à fNP (faiblement non pris) et que l'état initial des deux bits de corrélation est NP-NP.

Soit le code suivant, avec le jeu d'instructions NIOS

```
        ADDI R1,R0,2
B1 :    ADDI R2,R0,2
B2 :    ADD R3,R3,R1
        ADD R3,R3,R2
        ADDI R2,R2,-1
B1      BLT R2,R0, L1
        BEQ R0,R0, B1
L1 :    ADDI R1,R1,-1
B2 :    BLT R1,R0,L2
        BEQ R0,R0,B1
L2 :    STW R3,144(R0)
```

Notez que les branchements B1 et B2 ont des prédicteurs séparés.

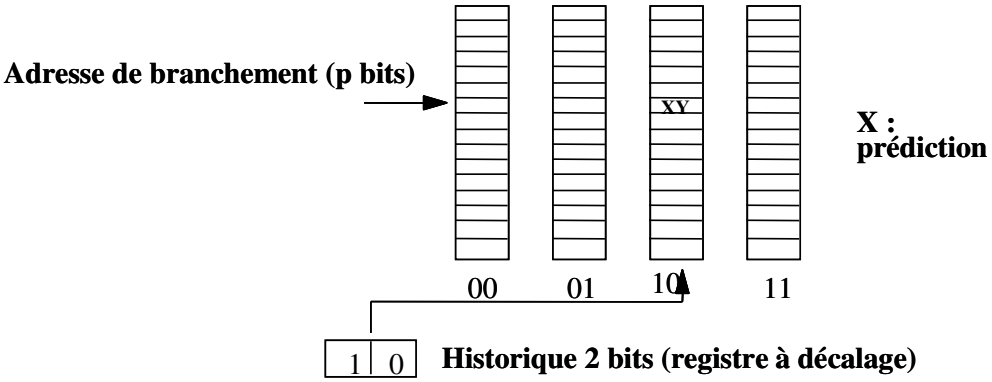

Figure 1 : prédicteur (2,2)

Remplir le tableau ci-dessous correspondant à l'exécution du programme :

R1						
R2						
Branchement						
Correlation						
Compteur						
Comportement branchement						
Prédiction						

R1						
R2						
Branchement						
Correlation						
Compteur						
Comportement branchement						
Prédiction						

Exercice 5 : comparaison de prédicteurs

On utilise trois prédicteurs de branchement différents

- le prédicteur bimodal (figure 1) utilise 14 bits d'adresse pour indexer des compteurs 2 bits
- le prédicteur global (figure 2) utilise un registre global d'historique des 10 derniers branchements pour indexer des compteurs 2 bits
- le prédicteur local (figure 3) utilise 14 bits d'adresse pour indexer 2^{14} historiques locaux des 10 derniers comportements d'un branchement. Chaque comportement indexe des compteurs 2 bits.

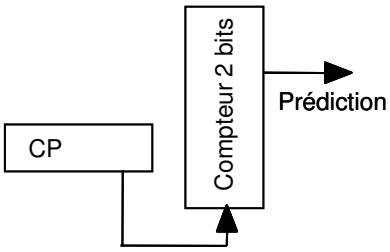

Figure 1 : prédicteur bimodal

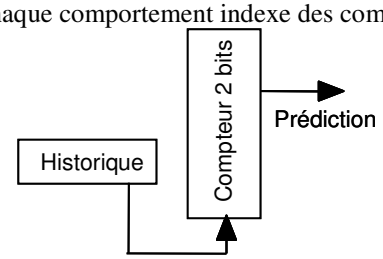

Figure 2 : Prédicteur global

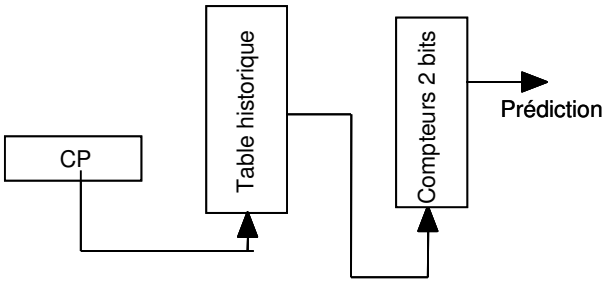

Figure 3 : Prédicteur local

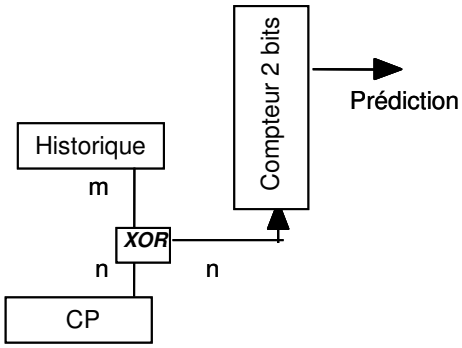

Figure 4 : Prédicteur gshare

1) Déterminer le nombre de bits nécessaires pour implanter chaque prédicteur

Soit la fonction

```
void more (int &x, int &y , int a, int &b, int &c){
      for (int = 0 ; i<100 ; i++} x=x^i;
            if (a<10) b++; // branchement B, jamais pris;
      for (int = 0 ; i<100 ; i++} y=y^i;
            if (a>=10) c++;  // branchement C, toujours pris}
```

2) Quelle est la précision sur la prédiction des branchements B et C pour les trois prédicteurs

3) Pourquoi le prédicteur gshare (figure 4) résout-il le problème du prédicteur global ?