

Dans le cas de frama-c, la valeur initiale d'une variable  $v$  est notée  $\backslash at(v, Pre)$  et aussi  $\backslash old(v)$ . Nous utiliserons la notation  $v_0$  dans cet exercice. Dans l'exemple que nous allons traiter, il faut noter que  $v$  est une liste  $(x, y, z, r)$  où  $r$  désigne la variable correspondant à  $return\ val$  ou  $r = val$ .

Listing 2: schema de contrat

```

1 requires pre(v)
2 ensures post(\old(v),v)
3 type1 truc(type2 v)
4 /*@ assert A(v); */
5 v = f(v);
6 /*@ assert B(v); */
7 return val;
8 }

```

**Question 2.1** (2 points)

Le listing 1 décrit un contrat avec un code associé. Enoncer et simplifier les trois conditions de correction de l'annotation du listing 1.

**Question 2.2** (2 points) Proposer un jeu de trois valeurs pour  $p, q, r$ , afin que les conditions de vérification soient correctes.

Listing 3: schema de contrat

```

1 Exercice 3,
2 int main(){
3   int x=5;
4   int y;
5   int z;
6   /*@ assert x == 4 ; */
7   y = x + 6;
8   /*@ assert x == 5 && y + x == 16 ; */
9   z = x + y;
10  /*@ assert x == 5 && y + x == 16 && z + x + y == 32 ; */
11  return 0;
12 }

```

Soit le listing 3.

Appliquer la technique de remontée des plus faibles pré-conditions pour établir ou non la correction de cette annotation.

**Exercice 4** (2 points)

Simplifier les expressions suivantes:

1.  $WP(X:=45)(x+y+z==789)$
2.  $WP(X:=X-Y)(\exists k. k \in \mathbb{N} \wedge a + x = a * k + y)$

**Exercice 5** (4 points)

On rappelle que  $\{P\}S\{Q\}$  est défini par l'implication  $O \Rightarrow WP(S)(Q)$ . Pour chaque point énuméré ci-dessous, montrer que la propriété  $\{P\}S\{Q\}$  est valide ou pas en utilisant la définition suivante:

$$\{P\}S\{Q\} = P \Rightarrow WP(S)(Q)$$

1.  $\{x \leq y\} X:=Y-8; Y:=Y+5 \{2 * x \leq 6 * y\}$
2.  $\{x > y\} \text{IF } X \neq Y \text{ THEN } X:=1 \text{ ELSE } X:=0 \text{ FI } \{x = 17 \wedge y = 45\}$
3.  $\{x > y\} \text{IF } X \neq Y \text{ THEN } X:=1 \text{ ELSE } X:=0 \text{ FI } \{x = 7 \wedge y = 0\}$
4.  $\{x > y\} \text{IF } X \neq Y \text{ THEN } X:=1 \text{ ELSE } X:=0 \text{ FI } \{x > y\}$

**Exercice 6** (4 points)

Soient deux fonctions  $C$  power2 et  $p$  qui satisfont les contrats ci-dessous. Les deux fonctions calculent la même valeur pour un entier donné positif  $n$ . La fonction  $check$  est incomplète. Compléter la fonction  $check$  de manière à ce que l'utilisation de frama-c permette de conclure de l'équivalence des deux fonctions. Expliquer votre idée.