Architecture des ordinateurs
Cours 8

Responsable de l'UE : Emmanuelle Encrenaz
Supports de cours : Karine Heydemann

Contact : emmanuelle.encrenaz@lip6.fr

Plan du cours 8

Contrat appelant - appelé

Conventions d'appels

Règles définissant le protocole d'échange de valeurs entre une fonction appelante et une fonction appelée, notamment :

- Comment sont passés les arguments (appelante $\rightarrow$ appelée)
- Comment est passée l'adresse de retour (appelante $\rightarrow$ appelée)
- Comment est passée la valeur de retour (appelée $\rightarrow$ appelante)
- Quels registres sont à sauvegarder, comment et par qui (appelée ou appelante)

Les conventions d'appel sont définies dans l'*Application Binary Interface* d'une architecture

Conventions d'appel

Utilité et importance

- Les respecter permet à une fonction d'être appelée par tout code qui connait sa signature (nom, nombre, ordre et type des arguments)
- Les respecter permet d'appeler une fonction juste en connaissant sa signature
- Les respecter permet d'écrire du code compatible avec du code qui les respecte aussi : fonctions de bibliothèques, code généré par un autre compilateur, code assembleur écrit par collègue ou une entité tierce

Fonctions imbriquées et récursives

- Fonctions imbriquées : il n'y a rien de plus à faire pour appeler une fonction depuis une fonction que de suivre scrupuleusement les conventions d'appel !
- Fonction récursives : c'est une fonction qui s'appelle elle-même mais cela ne change rien, il suffit de suivre les conventions d'appel

Résumé : fonction et appel de fonction en MIPS

Fonctions

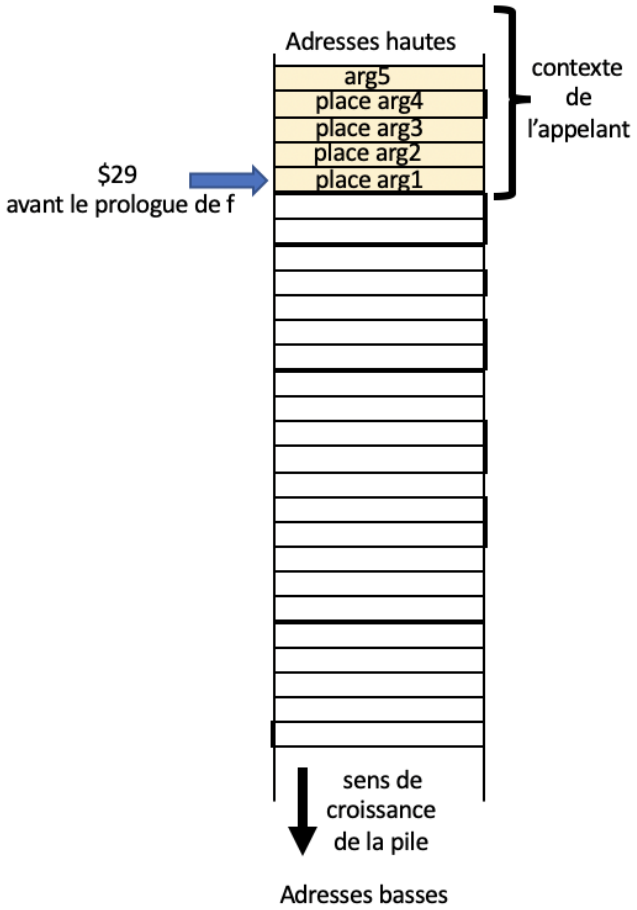
1. Alloue son contexte d'exécution sur la pile
2. Sauvegarde les registres persistants qu'elle utilise + `$31`
3. Récupère la valeur des arguments de l'appel dans `$4-$7` + les suivants sur la pile
4. Réalise un traitement à partir des valeurs des arguments
5. Place la valeur du résultat dans `$2`
6. Restaure les registres persistants + `$31`
7. Désalloue son contexte d'exécution
8. Effectue un saut à l'adresse de retour avec `jr $31`

Appel de la fonction `f`

- Passage des arguments dans `$4-$7` + les suivants sur la pile
- Saut à la fonction `f` avec passage de l'adresse de retour dans `$31` avec l'instruction `jal f`
- Récupération de la valeur de retour dans `$2`

Etat de la pile à l'entrée d'une fonction

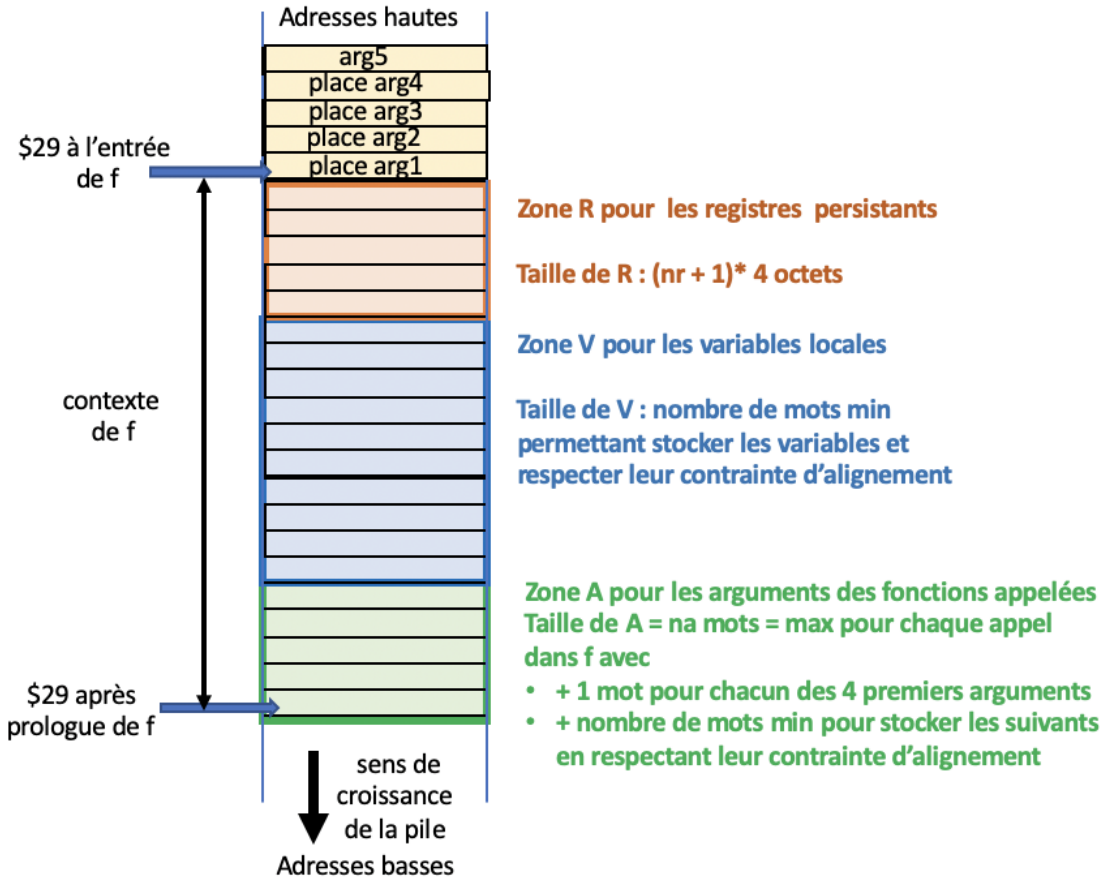
- Le pointeur de pile pointe vers le contexte de la fonction appelante qui contient au sommet des emplacements pour les arguments de la fonction appelée
- Le pointeur de pile désigne l'emplacement du premier argument de la fonction



Prologue et épilogue d'une fonction `f`

Contexte d'exécution d'une fonction

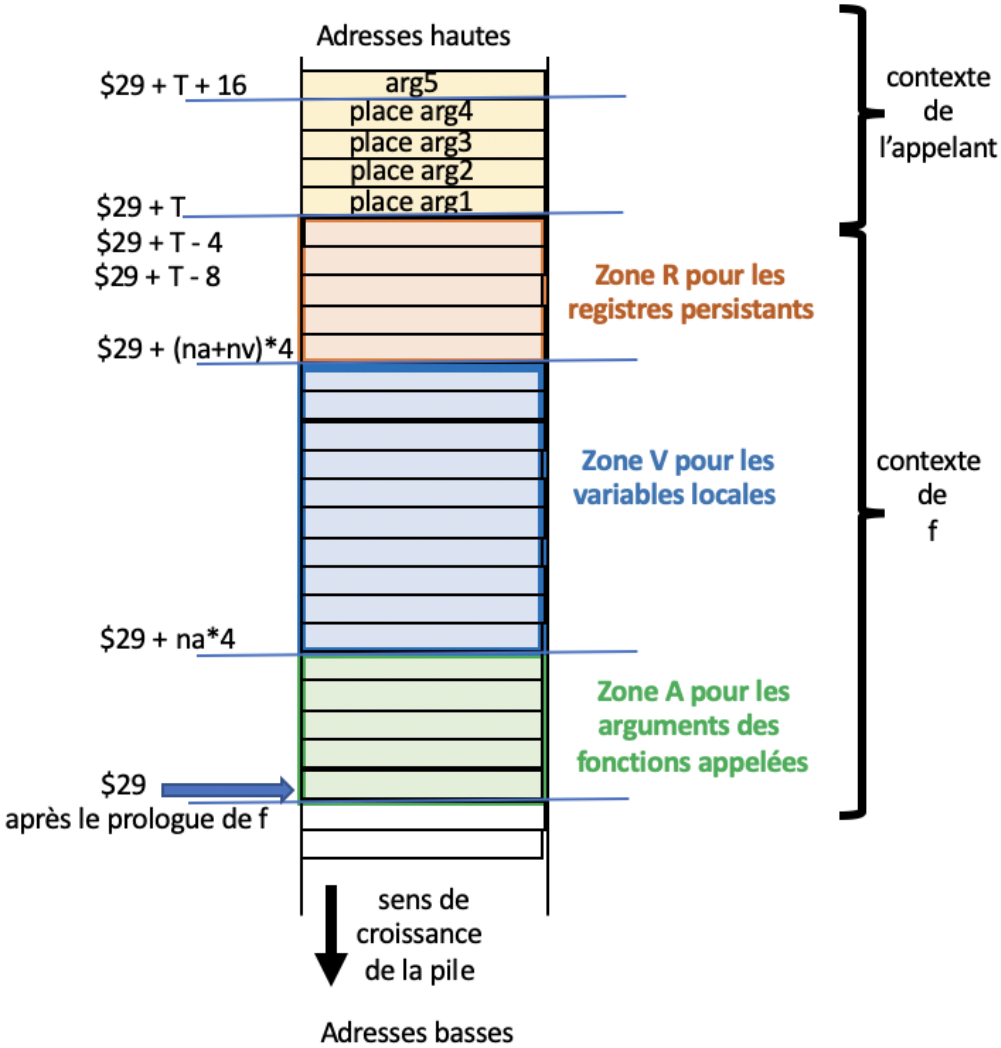
- Alloué/désalloué par la fonction `f` dans son prologue/épilogue
- Contient 3 zones d'emplacements :
  1. Zone `R` : sauvegarde des registres persistants utilisés dans la fonction `f` + `$31`
  2. Zone `V` : variables locales de `f`
  3. Zone `A` : arguments des fonctions appelées par `f`
- Le contexte de la fonction appelante est en dessous (du point de vue du sommet de la pile) de celui de la fonction appelée



Contexte d'une fonction `f`

En partant du somment de pile, on trouve

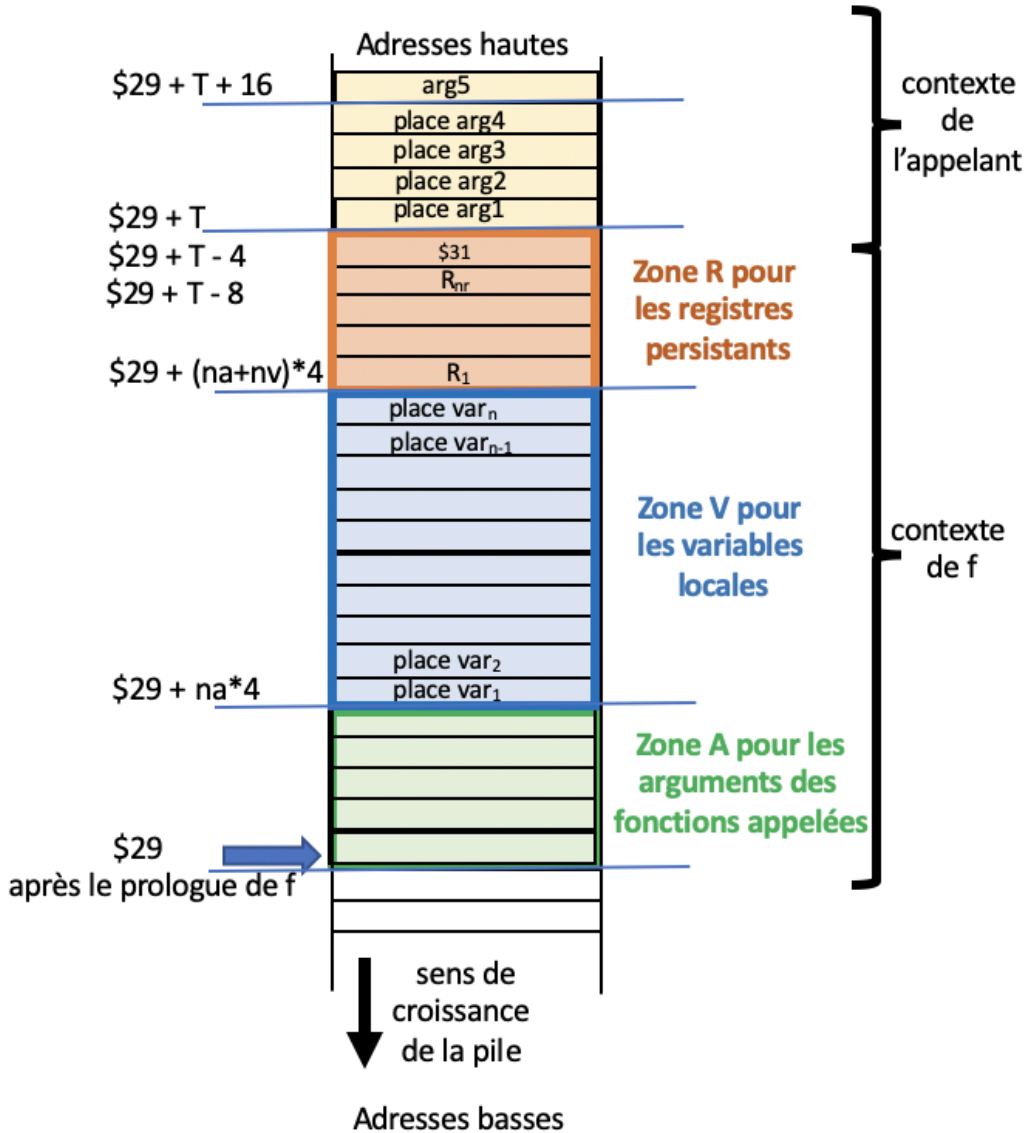
- la zone `A` pour les arguments des fonctions appelées par `f`
- la zone `V` pour les variables locales de `f` :
  la première déclarée a pour adresse `$29 + na*4`
- la zone `R` avec les emplacements pour la sauvegarde du contenu des registres persistants utilisés dans la fonction `f` + `$31` :
  `$31` est rangé le plus profondément à `$29+(na+nv+nr+1)*4-4` soit `$29+T-4`
- Le contexte de la fonction appelante contient les emplacements pour les arguments de `f` :
  l'emplacement du premier se trouve à `$29+T`, le 5ème argument est à `$29+T+16`



Contenu du contexte d'une fonction `f`

En partant du somment de pile, on trouve

- la zone `A` pour les arguments des fonctions appelées par `f`
- la zone `V` pour les variables locales de `f` :
  la première déclarée a pour adresse `$29 + na*4`
- la zone `R` avec les emplacements pour la sauvegarde du contenu des registres persistants utilisés dans la fonction `f` + `$31` :
  `$31` est rangé le plus profondément à `$29+(na+nv+nr+1)*4-4`
  soit `$29+T-4`
- Le contexte de la fonction appelante contient les emplacements pour les arguments de `f` :
  l'emplacement du premier se trouve à `$29+T`, le 5ème argument est à `$29+T+16`



Écriture du `main` : recommandations

Détermination de la taille du contexte

- Dans le code source, déterminer `na` le nombre de mots max pour stocker les arguments des fonctions appelées. Pour chaque appel, on compte :
  - 1 mot pour chacun des 4 premiers arguments
  - Pour les suivants, autant de mots que nécesssaire en fonction de leur taille et leur contrainte d'alignement

  Si 4 ou moins d'arguments max pour tous les appels, alors `na` = nombre d'arguments max.
- À partir du code source, déduire le nombre d'octets puis de mots `nv` nécessaires aux variables locales : (voir cours 6)

Écriture du code

- Écrire le prologue : allocation du contexte, si besoin initialisation des variables locales en pile
- Écrire le code du corps du `main`
- Écrire l'épilogue : désallocation du contexte puis terminaison du programme

Maximum de 3 nombres

```
int x = 2, y = 4, z = 5;
void main(){
  int res = max3(x,y,z);
  printf("%d",res);
  exit();
}
int max2(int a, int b){
  if (a < b)
    return b;
  else
   return a;
}

int max3(int a, int b, int c){
  int tmp;
  tmp = max2(a,b);
  return max2(tmp,c);
}
```

- Le `main` appelle la fonction `max3`
- La fonction `max3` appelle 2 fois la fonction `max2`

Code exemple : programme principal

```
.data
x:    .word 2
y:    .word 4
z:    .word 5
.text
  addiu $29, $29, -16 # nv =1 + na = 3
  # tmp = max3(x,y,z)
  lui    $8, 0x1001
  lw     $4, 0($8)  # $4 = 1er arg = x
  lw     $5, 4($8)  # $5 = 2nd arg = y
  lw     $6, 8($8)  # $6 = 3eme arg = z
  jal    max3
  ori    $4, $2, 0  # affichage res
  ori    $2, $0, 1  # affichage entier
  syscall
# terminaison
  addiu $29, $29, +16
  ori    $2, $0, 10
  syscall
```

```
int x = 2, y = 4, z = 5;
void main(){
  int res = max3(x,y,z);
  printf("%d",res);
  exit();
}
```

- Application stricte des conventions d'appel
- NB : on se passe entièrement de `res` mais son emplacement est alloué sur la pile (et désalloué)

Écriture d'une fonction : recommandations

Étapes conseillées

0. Se représenter la pile à l'entrée de la fonction
1. Écrire le code du corps de la fonction :
   - 1ère étape car on ne connait pas les registres persistants à sauvegarder avant de l'avoir écrit
   - Écrire les lectures et écritures en pile (d'arguments ou variables locales qui ont une adresse relative au pointeur de pile) avec `??` pour l'immédiat des instructions de transfert mémoire correspondantes
   - Choisir les registres qu'on veut associer avec les variables locales (si optimisées en registre)
2. Déterminer la taille du contexte
   - Lister les registres persistants utilisés dans le corps, en déduire `nr` puis T_R sans oublier `$31`
   - À partir du code source de la fonction, déterminer `na` le nombre de mots max pour stocker les arguments des fonctions appelées
     `na` = nombre d'arguments max si tous les appels ont moins de 4 arguments.
   - À partir du code source de la fonction, déduire le nombre de d'octets T_V puis de mots `nv` nécessaires aux emplacements des variables locales : (voir cours 6)

Écriture d'une fonction : recommandations

Étapes conseillées

4. Écrire le prologue :
   - Allocation des emplacements sur la pile
   - Sauvegarde des registres persistants
   - Sauvegarde des arguments et initialisation des variables locales si besoin
5. Dans le corps de la fonction, adapter les déplacements relatifs aux pointeurs de pile quand nécessaire (accès à aux variables locales, ou aux arguments de la fonction).
   NB : si besoin dessiner la pile pour déterminer les adresses des variables locales et des arguments.
6. Écrire le prologue soit dans l'ordre :
   - Restauration des registres (= lecture des valeurs sauvegardées sur la pile)
   - Désallocation des emplacements sur la pile
   - Retour à l'appelant

Maximum de 3 nombres, rappel de max2

```c
int max2(int a, int b){
  if (a < b)
    return b;
  else
   return a;
}

int max3(int a, int b, int c){
  int tmp;
  tmp = max2(a,b);
  return max2(tmp,c);
}
```

```
max2: # nv=0 + na=0 + nr=1 +1
  addiu $29, $29, -8
  sw    $31, 4($29)
  sw    $16, 0($29)

  # corps
  # test (a < b)
  slt   $16, $4, $5 # $16=1 si a < b
  bne   $16, $0, b_max
  ori   $2, $4, 0   # cas a > b
  j     fin_max2
b_max:
  ori   $2, $5, 0
fin_max2:

  # epilogue
  lw    $31, 4($29)
  lw    $16, 0($29)
  addiu $29, $29, +8
  jr    $31
```

Code exemple : fonction `max3`

```
max3: # nv=1 + na=2 + nr=0 + 1
  addiu $29, $29, -16 # 4 mots
  sw    $31, 12($29)
  # sauvegarde 3eme arg (c)
  sw    $6, 24($29)

  # tmp = max2(a,b) -- $4=a, $5=b
  jal   max2
  # $2 vaut max2(a,b) (tmp)
  # max2(tmp,c)
  ori   $4, $2, 0     # 1er arg = tmp
  lw    $5, 24($29)   # 2eme arg = c
  jal   max2
  # $2 vaut max2(tmp,c)

  lw    $31, 12($29)
  addiu $29, $29, +16
  jr    $31
```

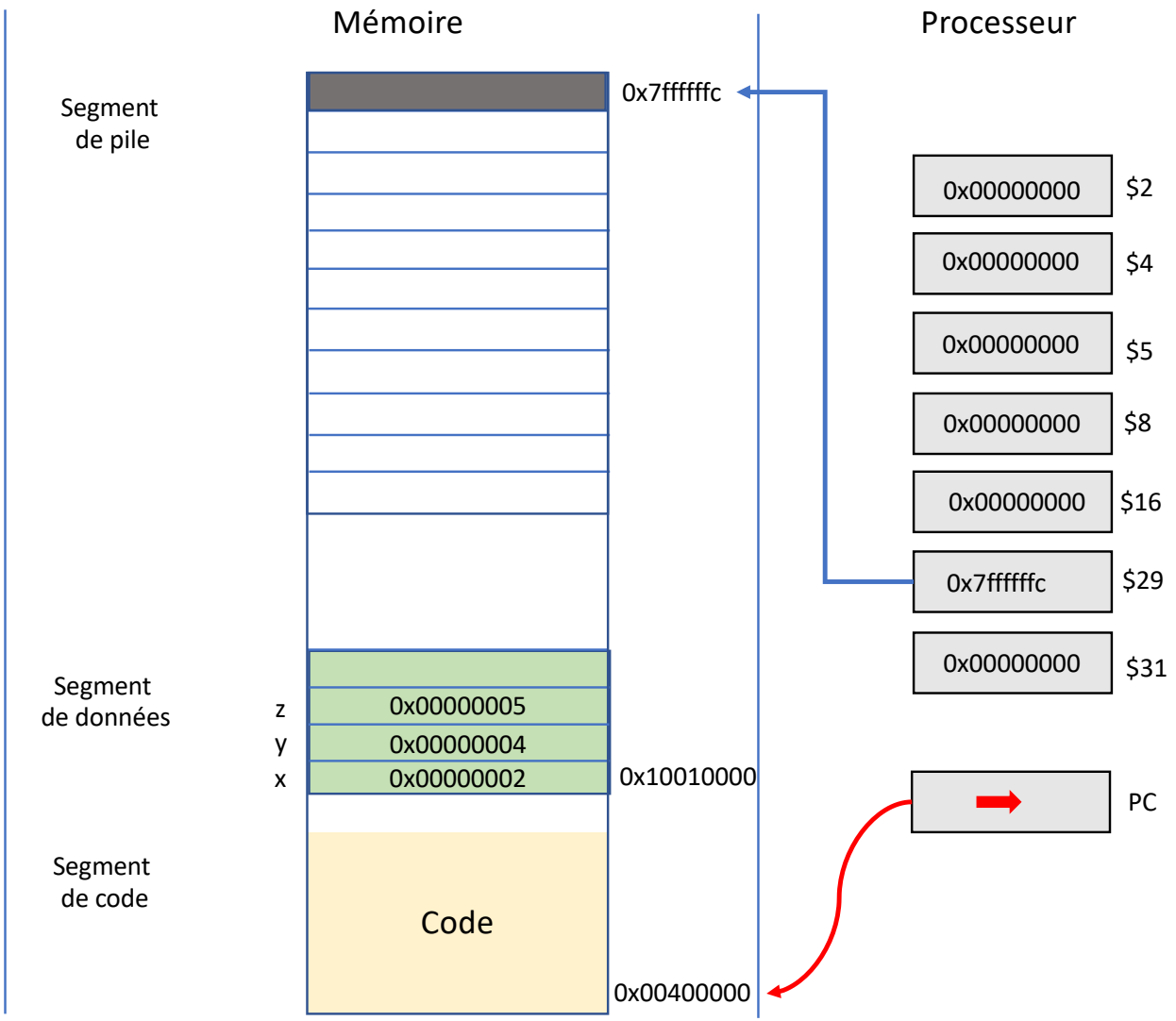
```
int max2(int a, int b){
  if (a < b)
    return b;
  else
   return a;
}

int max3(int a, int b, int c){
  int tmp;
  tmp = max2(a,b);
  return max2(tmp,c);
}
```

- On doit sauvegarder la valeur de `c` (3ème arg), dans son emplacement situé dans le contexte de la fonction appelante, car sa valeur est utilisée dans le 2ème appel à `max2`
- La valeur de retour de `max3` est la valeur de retour du 2ème appel à `max2`
- On se passe entièrement de `tmp` mais son emplacement est alloué sur la pile (et désalloué)

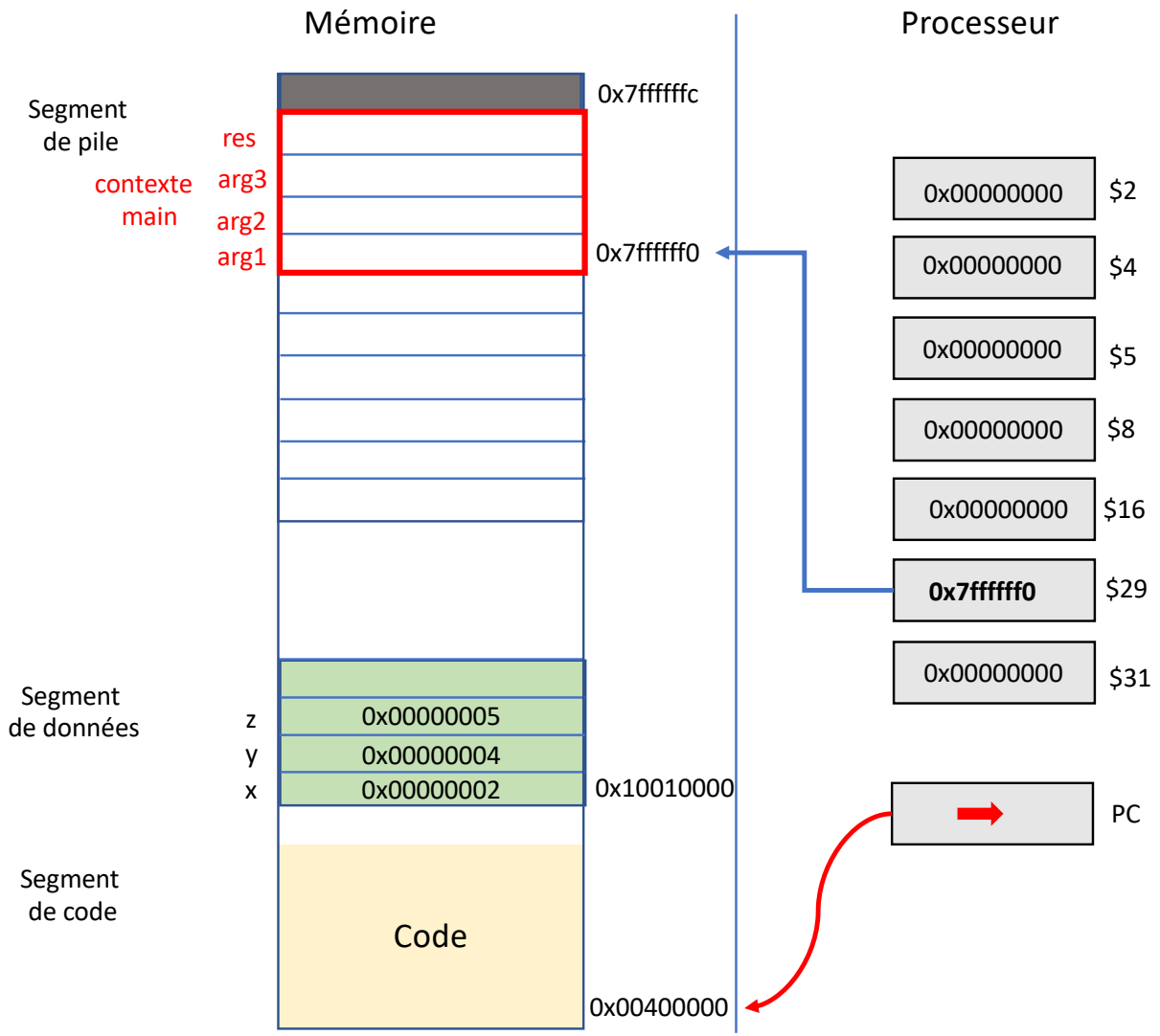
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



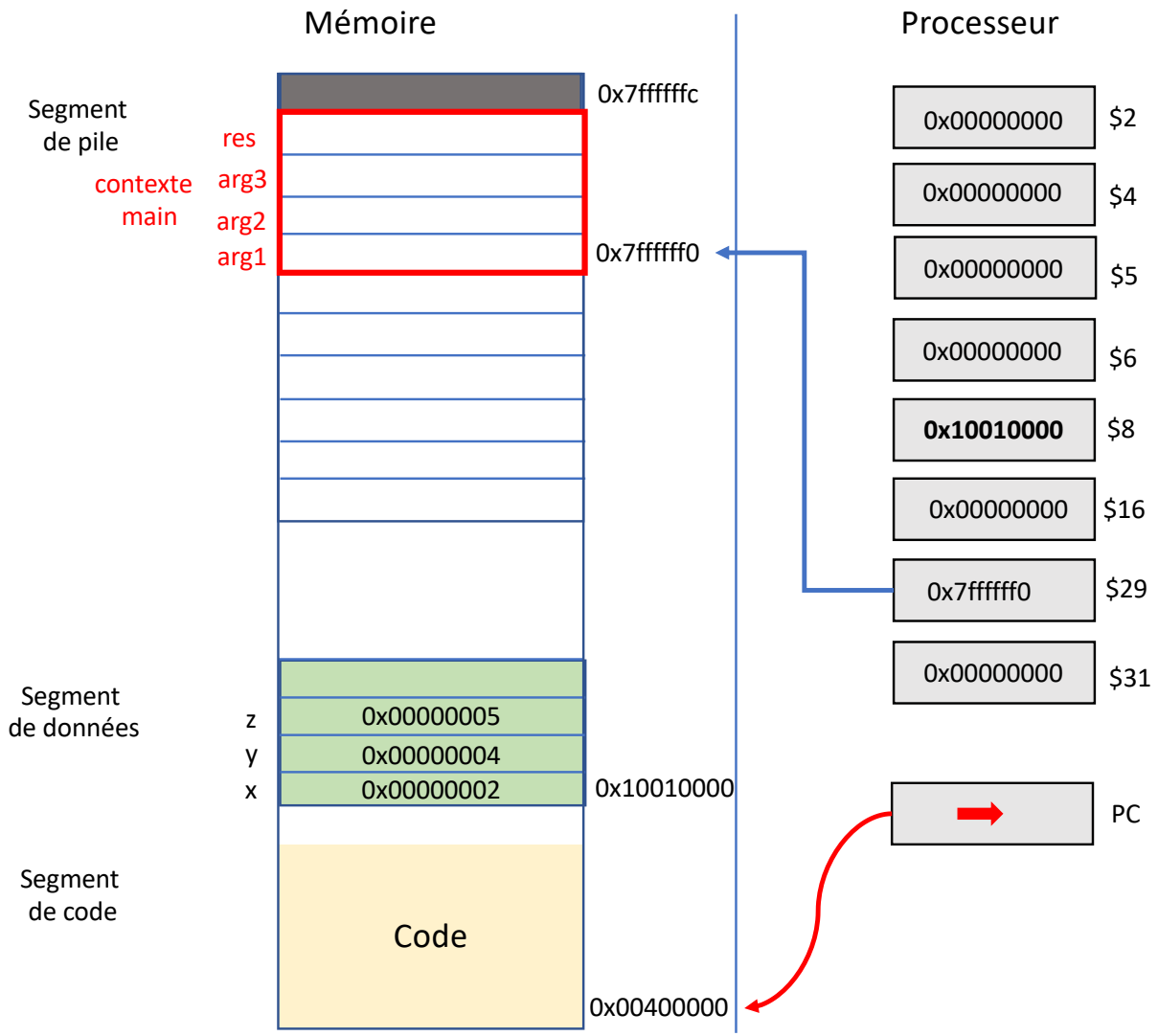
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



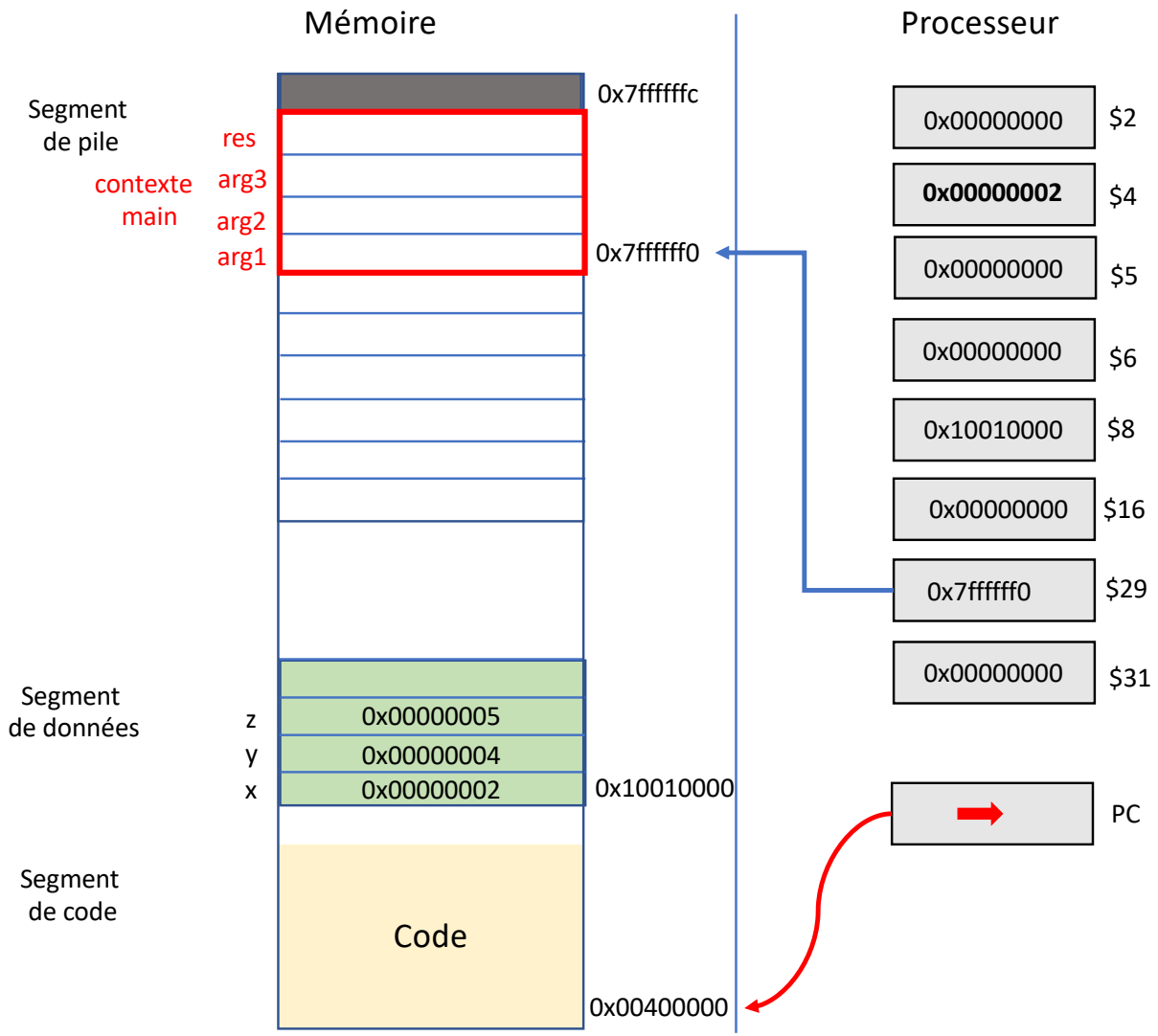
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



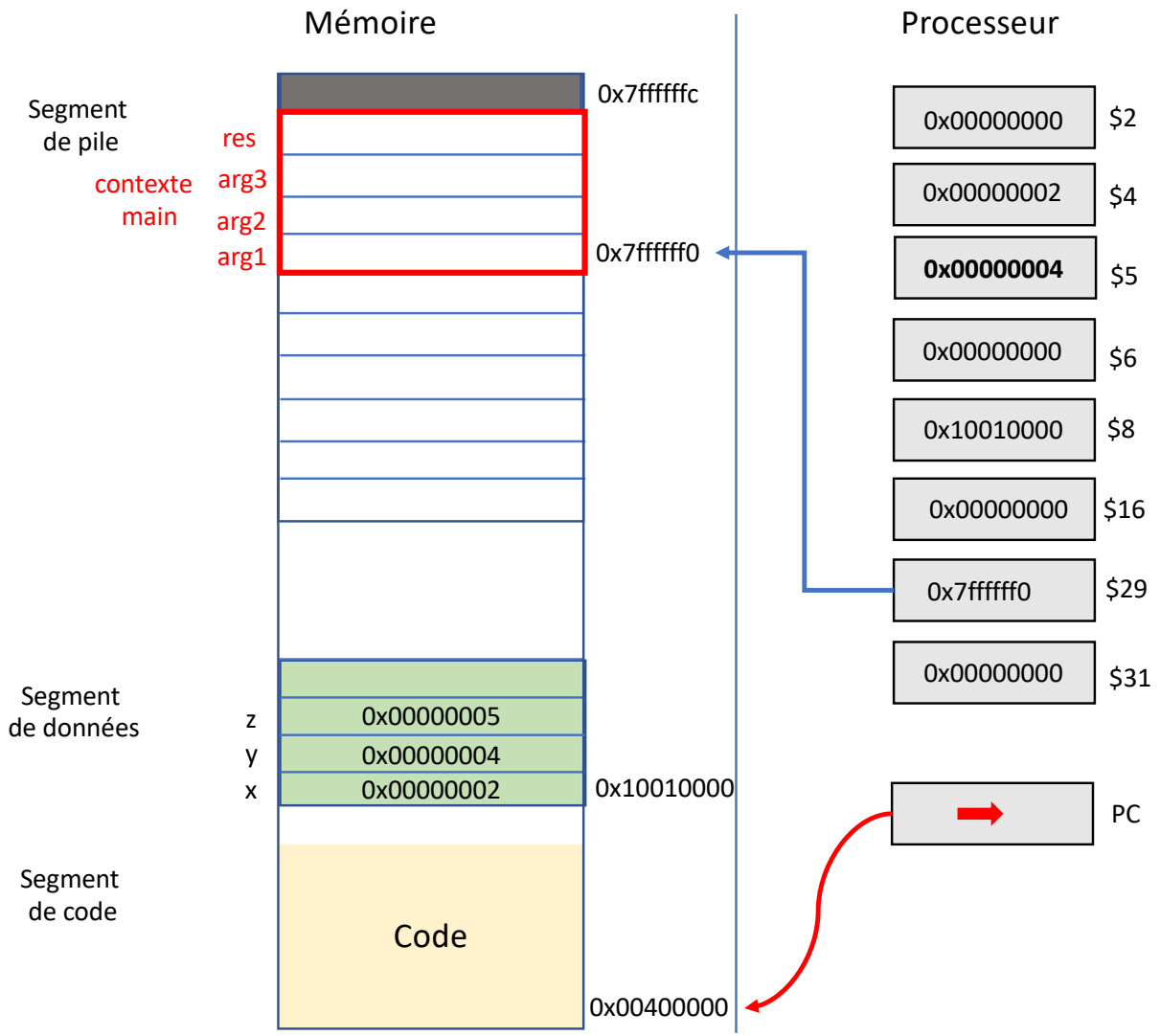
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



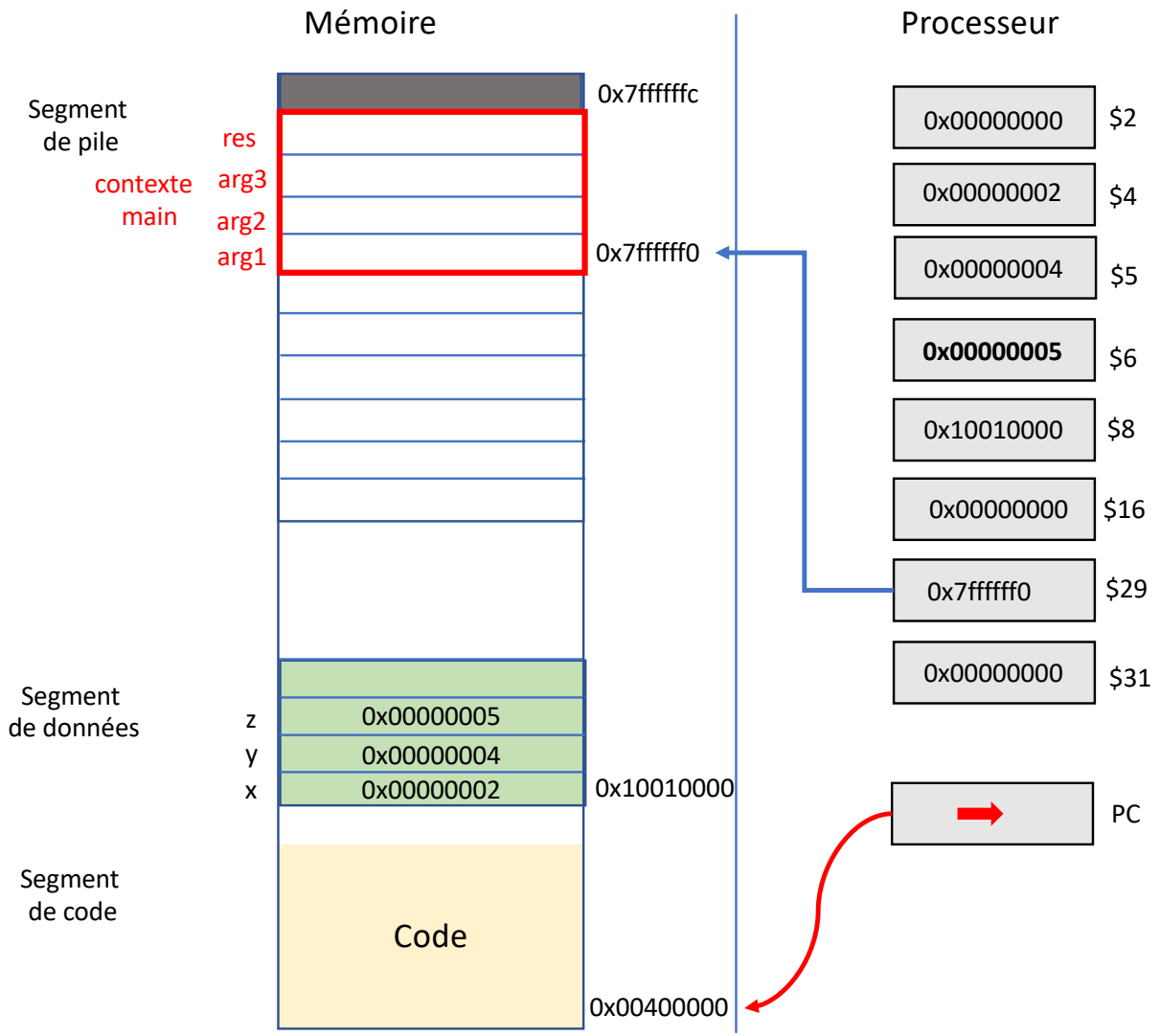
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



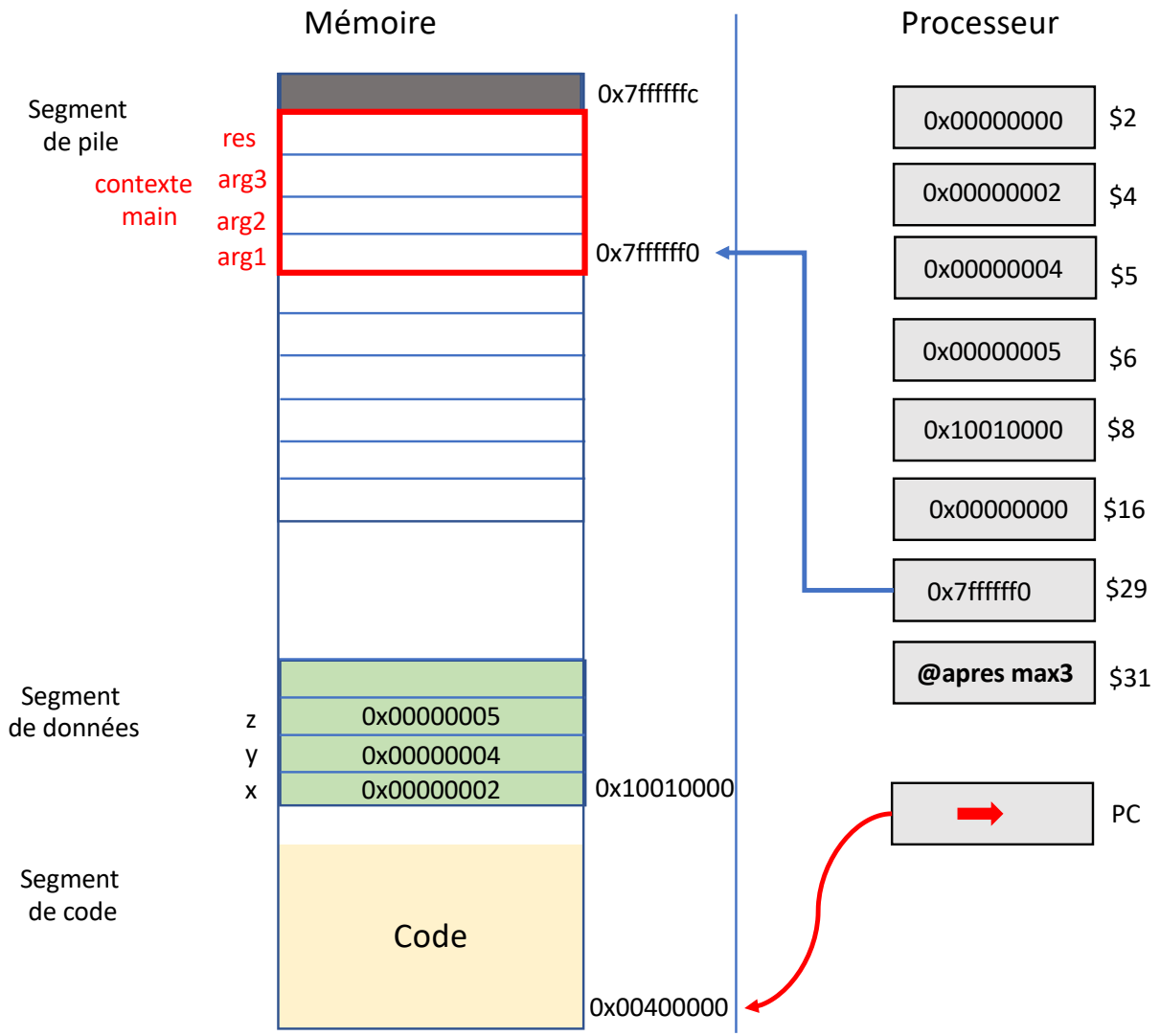
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



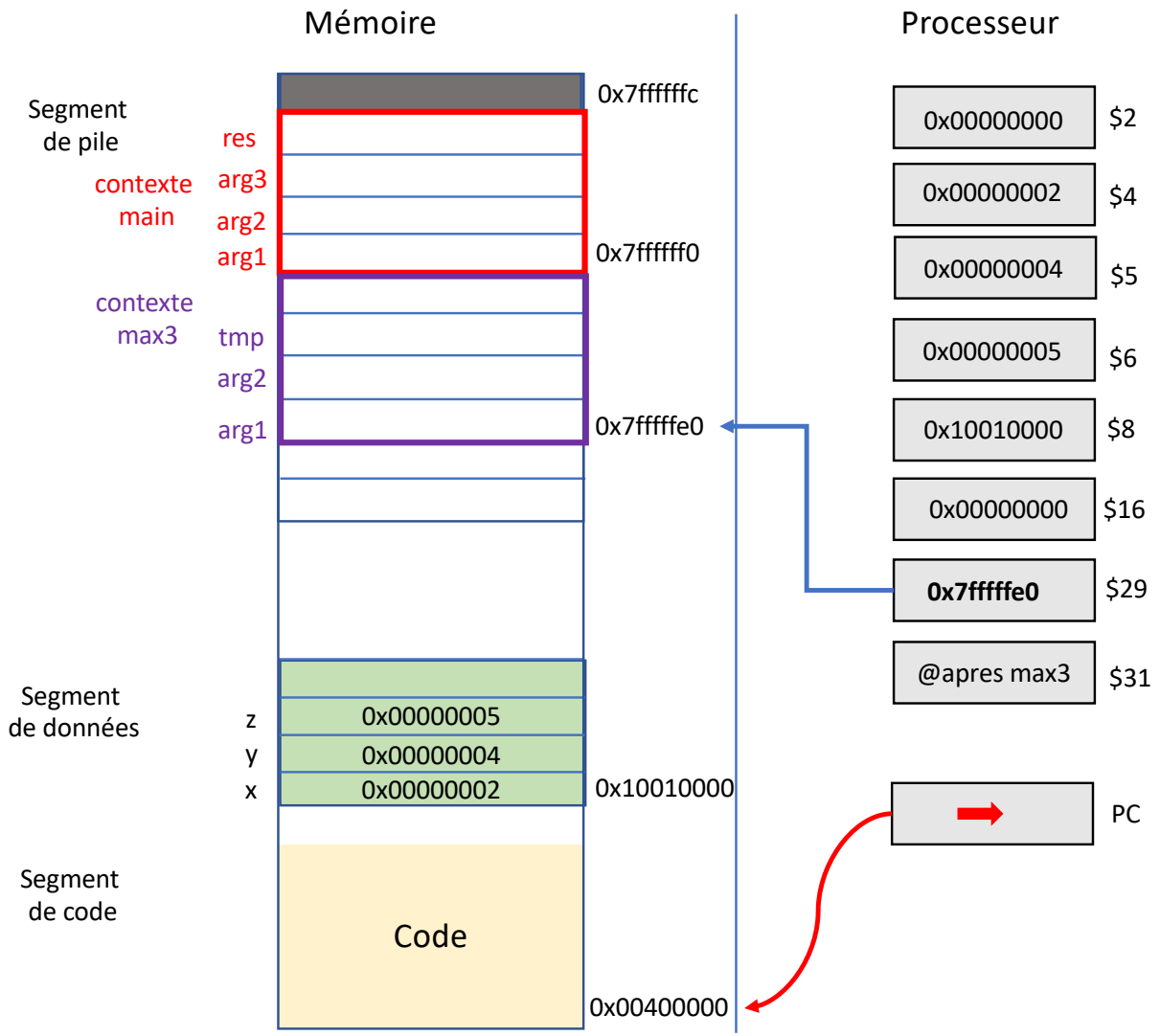
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



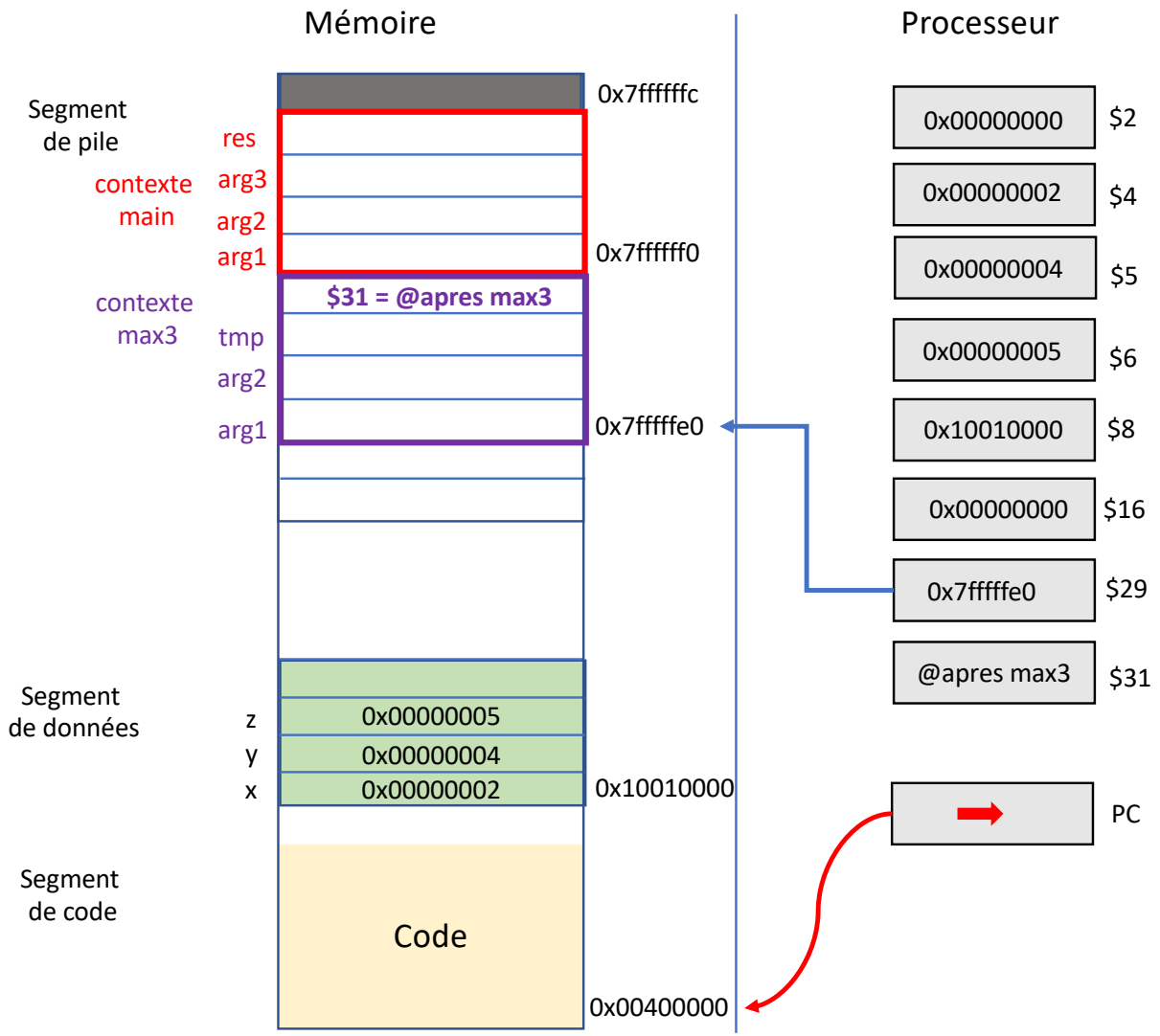
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



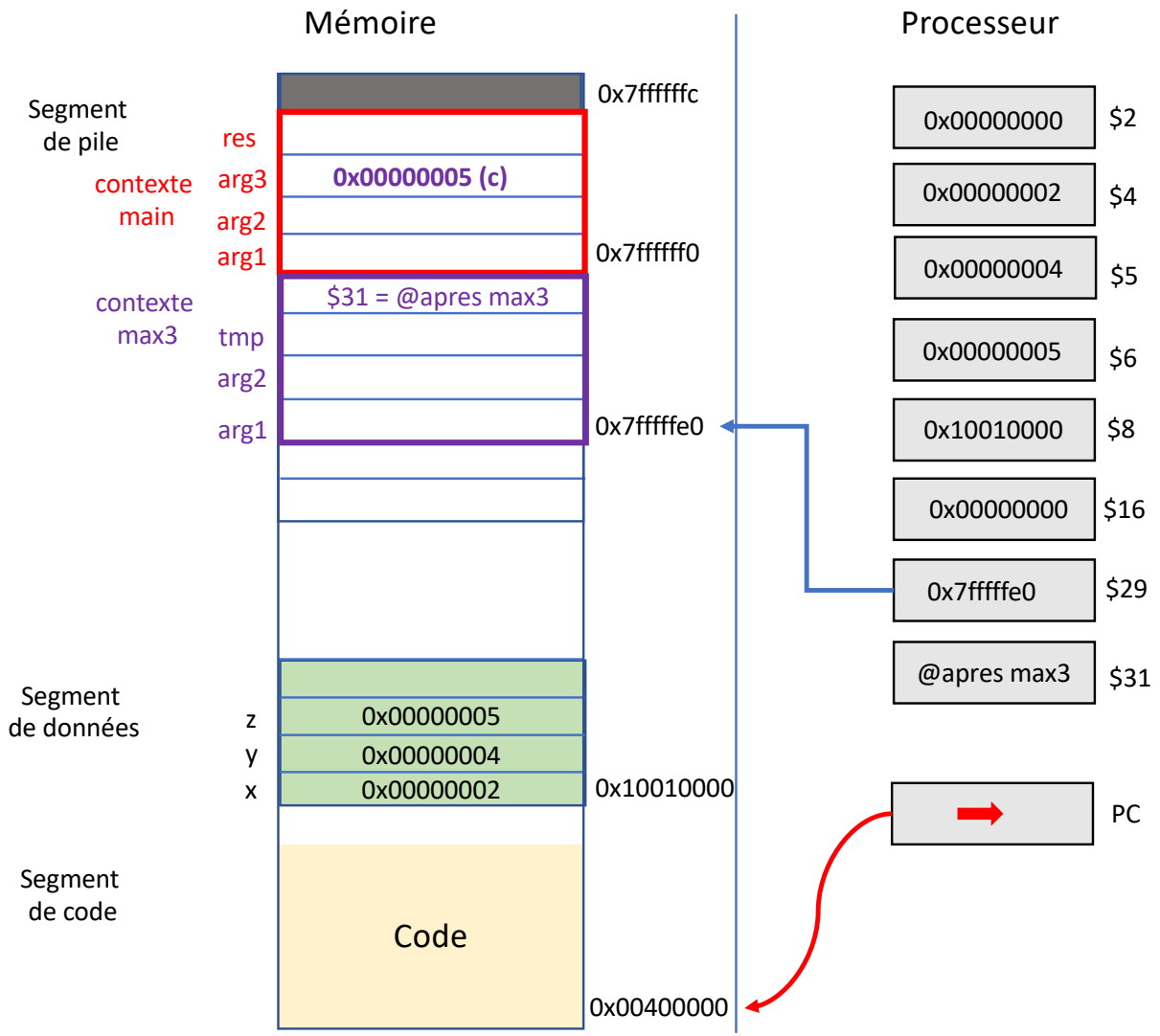
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



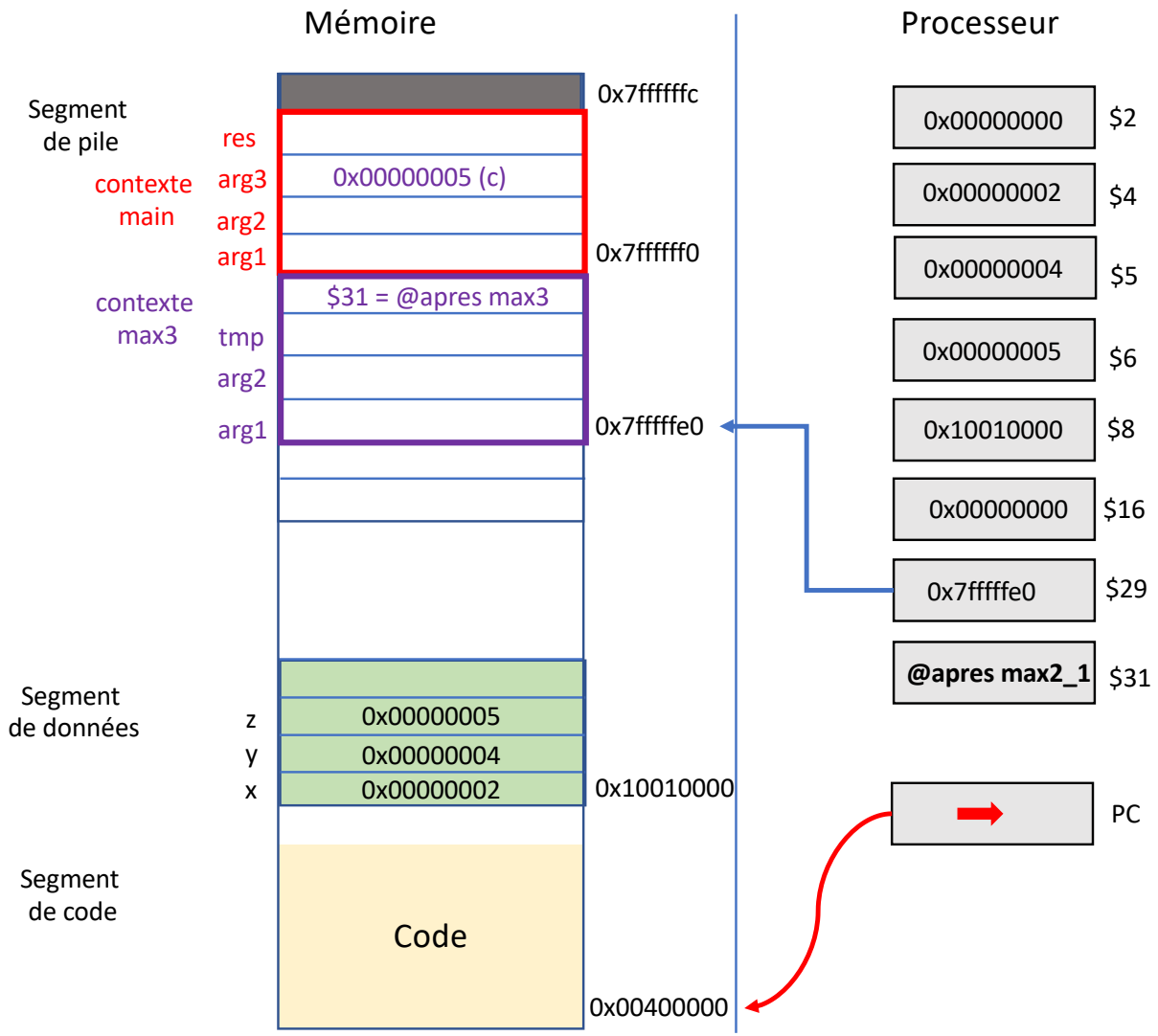
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



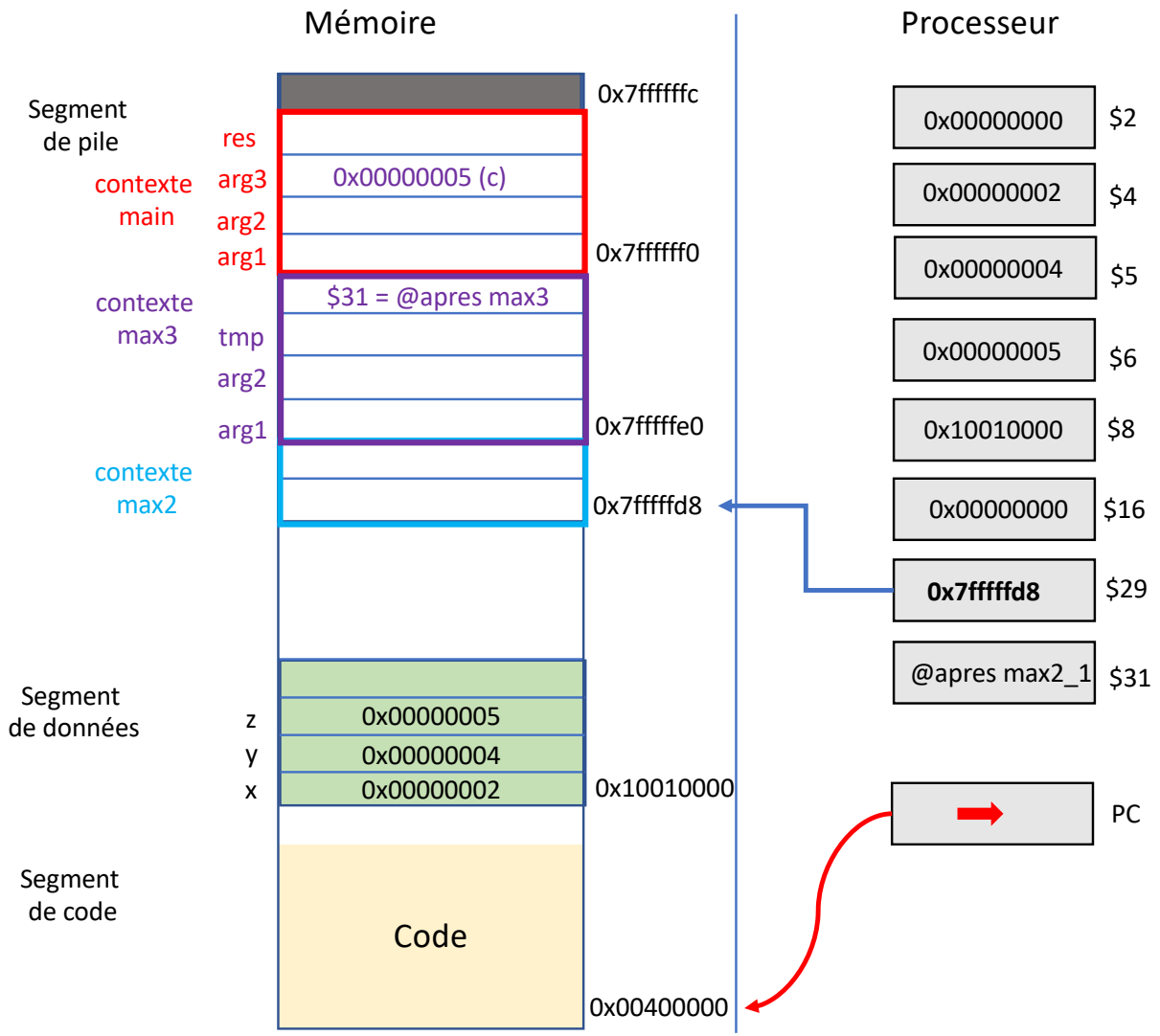
Exécution et évolution de la pile

```
.data
  x: .word 2
  y: .word 4
  z: .word 5
.text
  addiu $29, $29, -16       # 1 var locale  + 3 param max
  lui   $8, 0x1001
  lw    $4, 0($8)           # 1er arg    = x
  lw    $5, 4($8)           # 2ème arg = y
  lw    $6, 8($8)           # 3ème arg = z
  jal   max3                # appel à max3
  ori   $4, $2, 0
  ori   $2, $0, 1           # affichage
  syscall
  addiu $29, $29, +16       # désallocation  pile
  ori   $2, $0, 10
  syscall
max3:    #-------------------------------------------------
  addiu $29, $29,-16        # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
  sw    $31, 12($29)
  sw    $6,  24($29)        # sauvegarde 3eme arg (c)
  jal   max2
  ori   $4,  $2,  0         # 1er arg=tmp
  lw    $5,  24($29)        # 2eme arg = c
  jal   max2
  lw    $31, 12($29)
  addiu $29, $29,+16
  jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
  addiu $29, $29,-8         # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
  sw    $31, 4($29)
  sw    $16, 0($29)
  slt   $16, $4, $5         # $16 vaut 1 si a < b
  beq   $16, $0, a_max
  ori   $2, $5, 0           # valeur de retour dans $2
  j     fin
a_max:
  ori   $2, $4, 0           # valeur de retour dans $2
fin:
  lw    $31, 4($29)
  lw    $16, 0($29)
  addiu $29, $29,+8
  jr $31
```



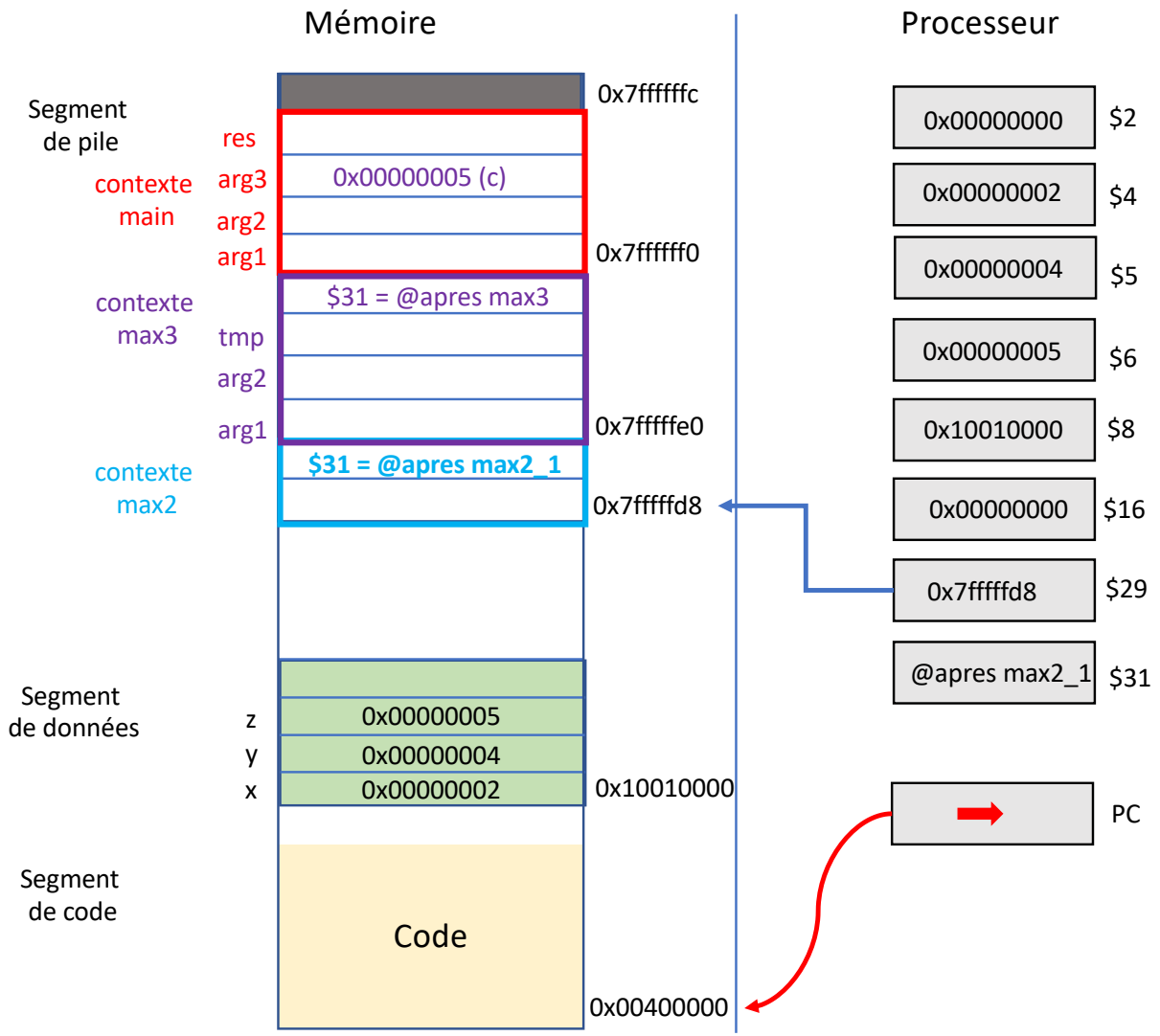
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



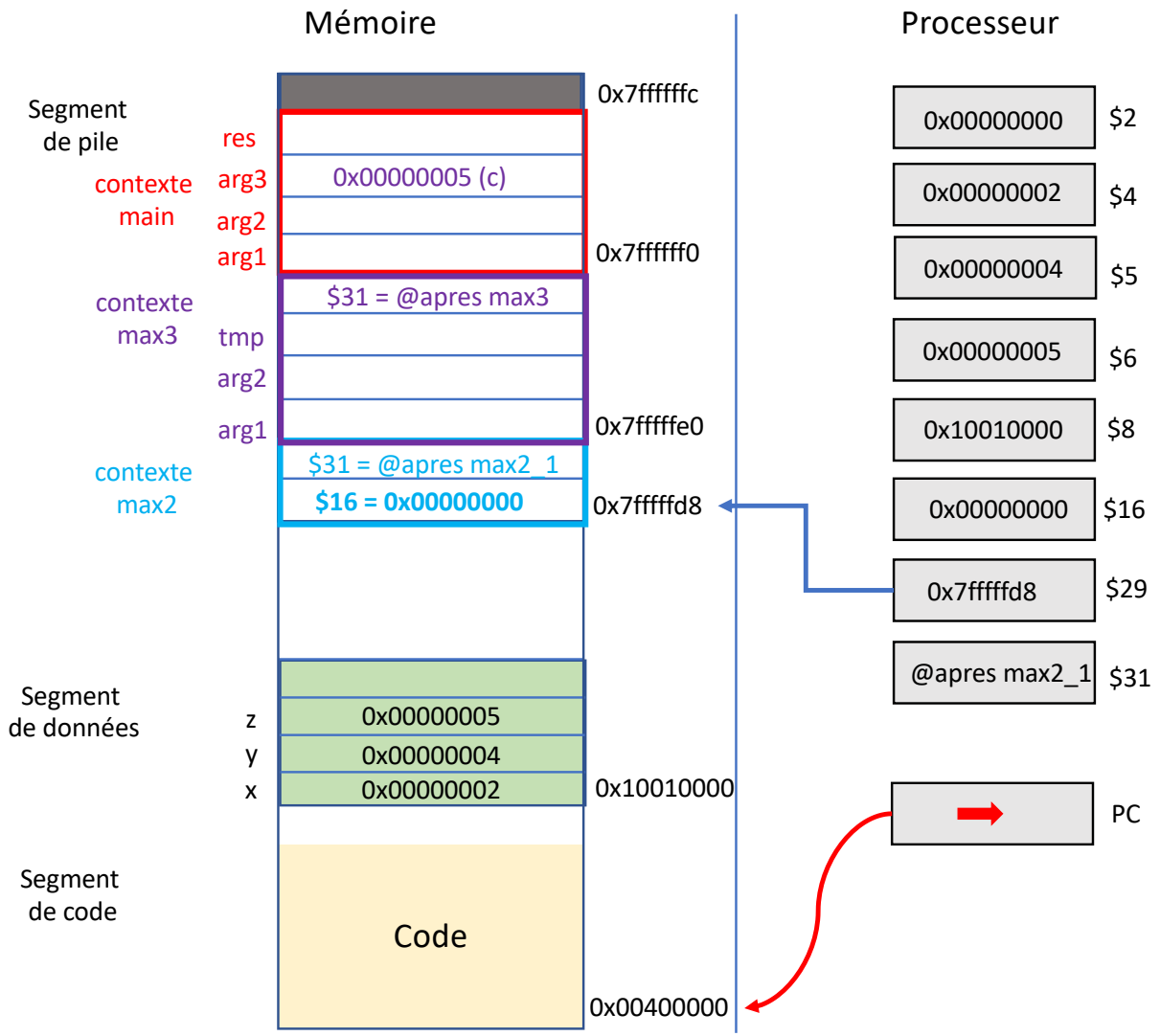
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



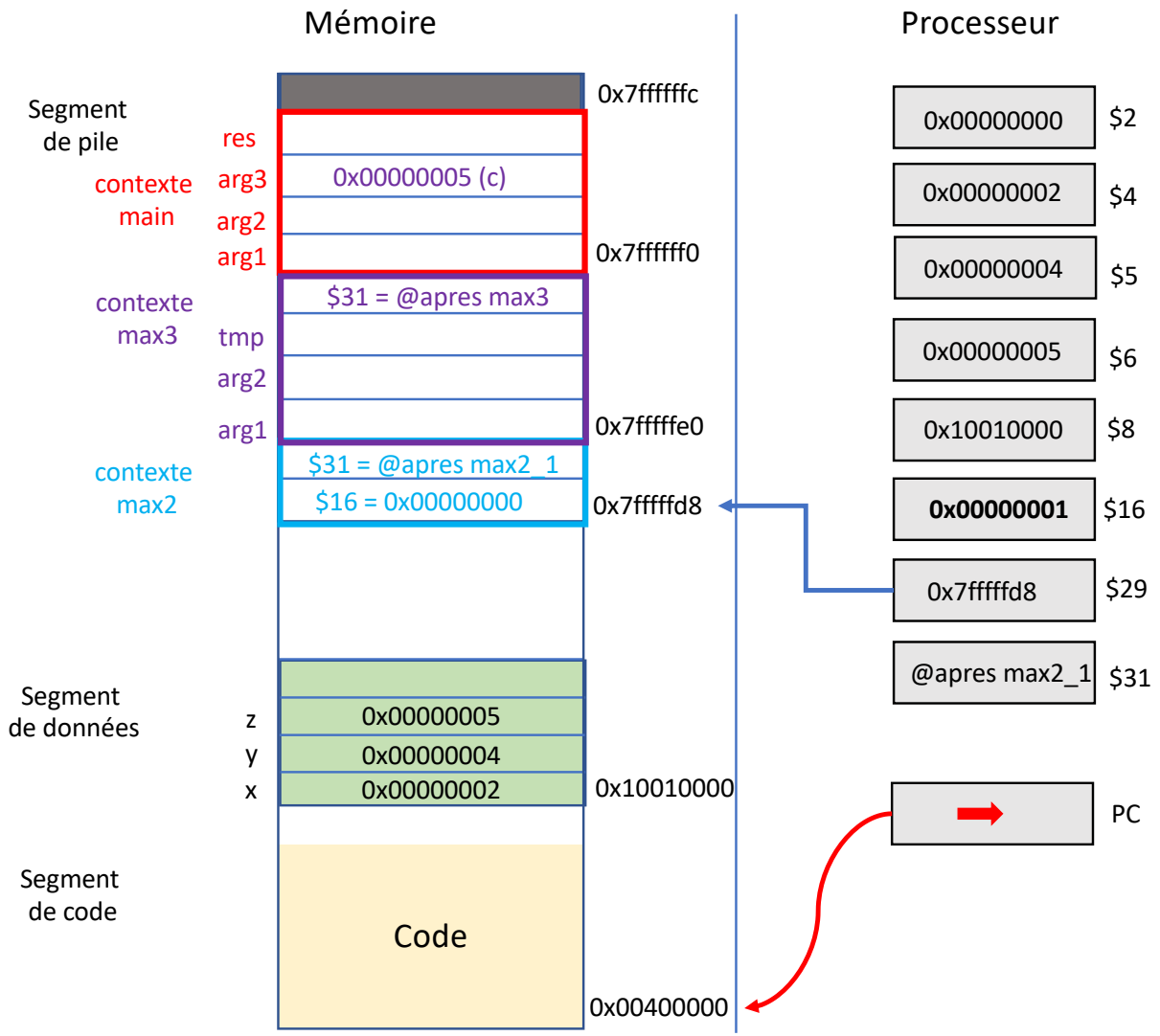
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori     $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



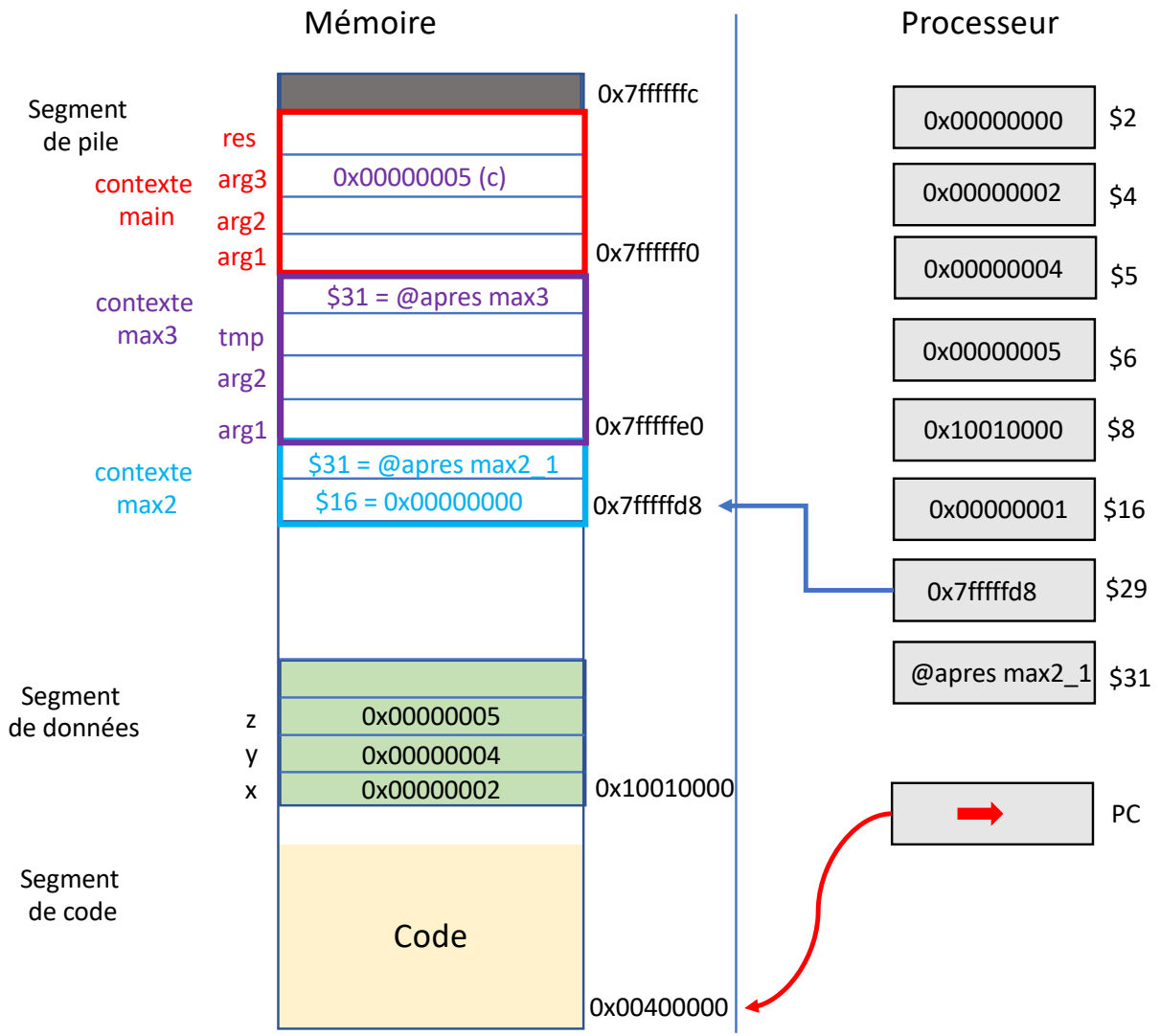
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



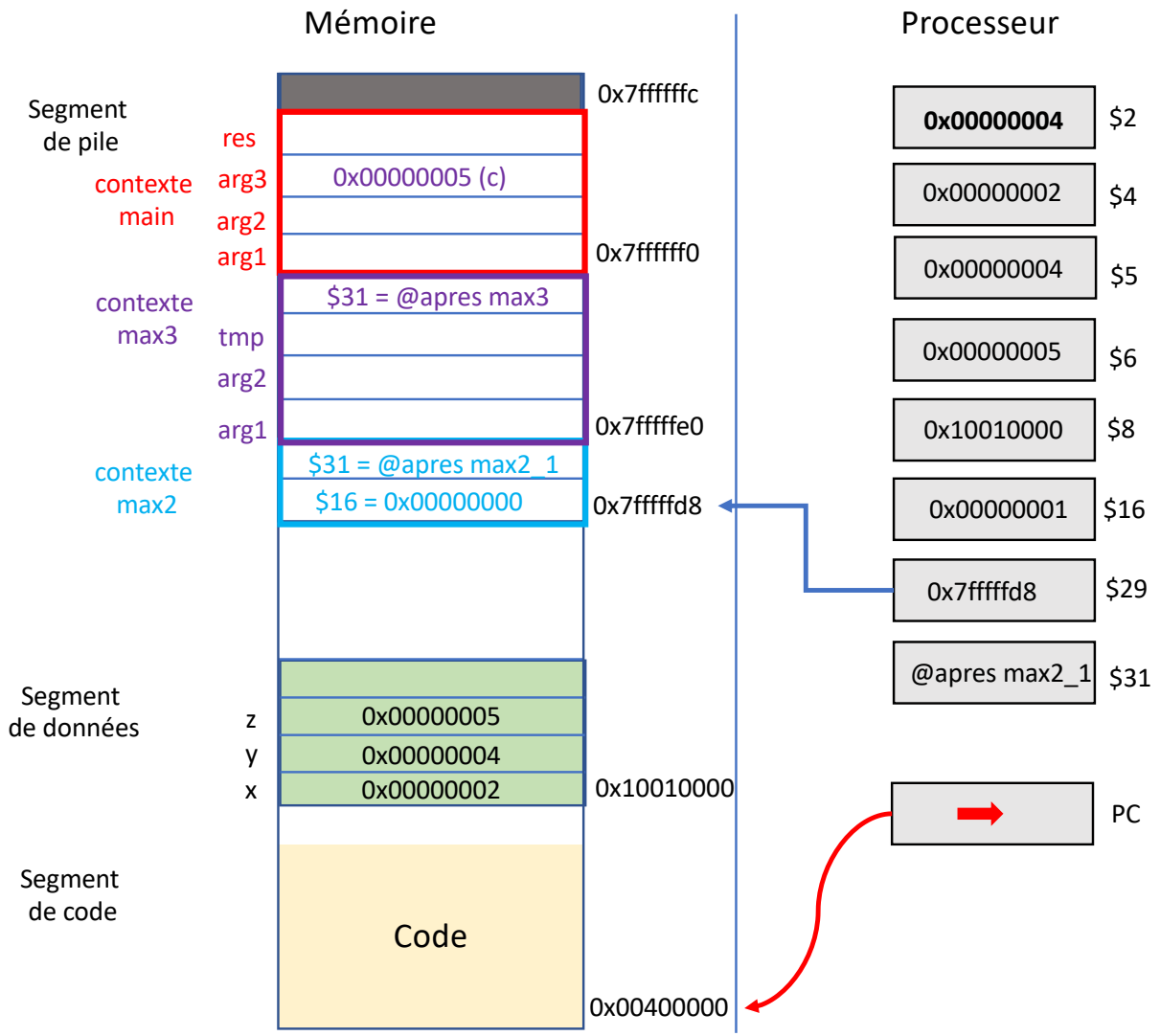
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



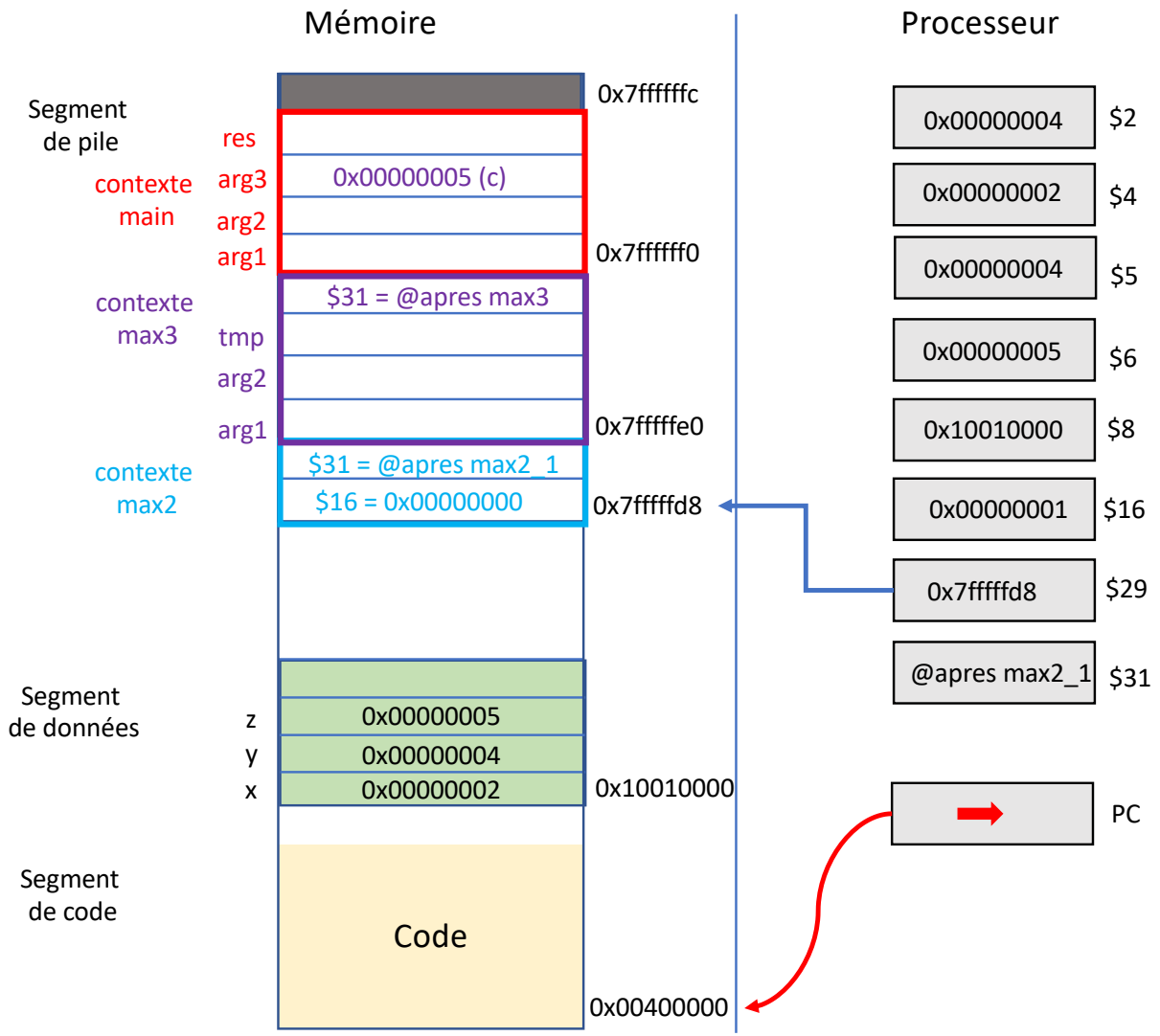
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



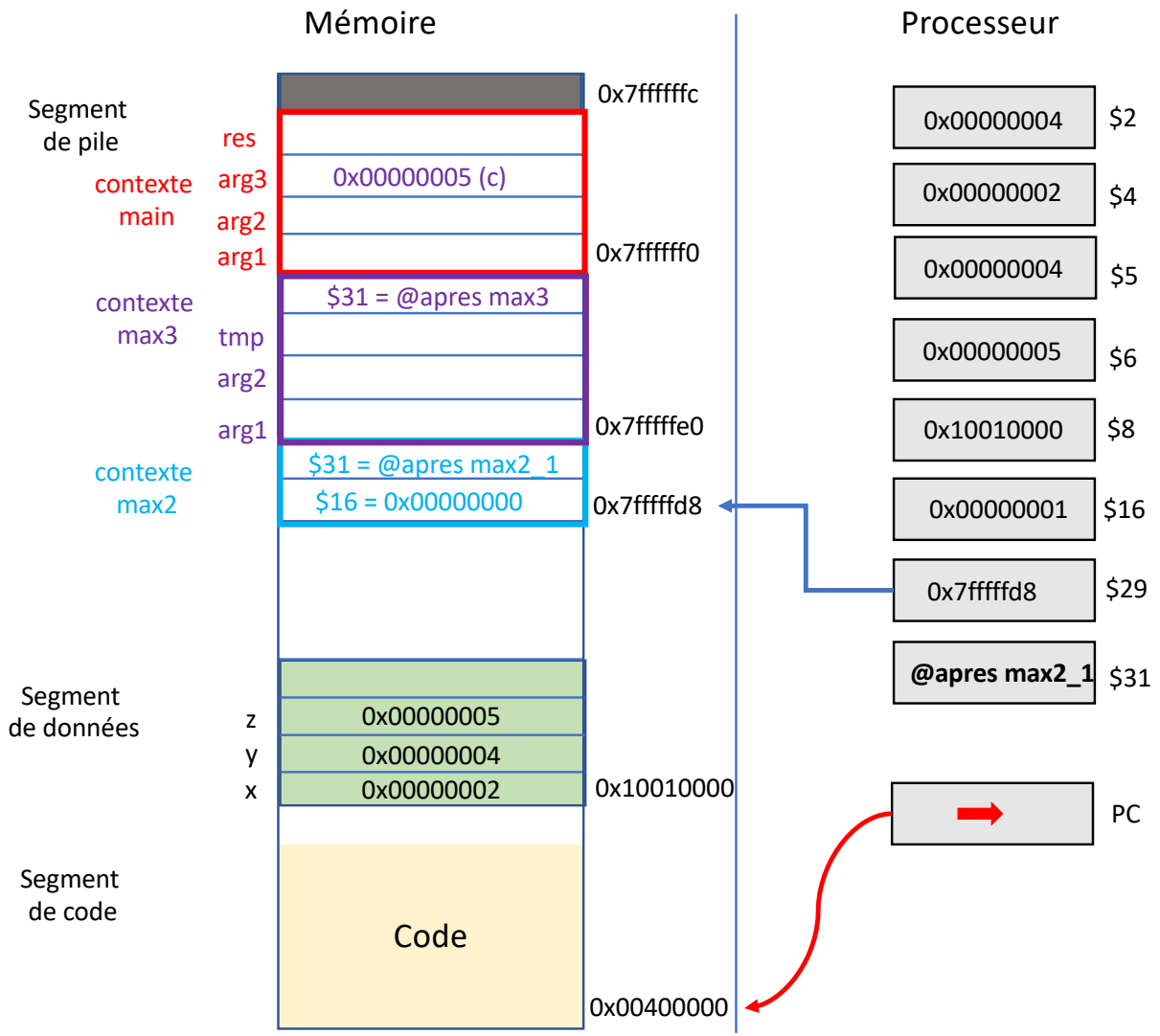
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



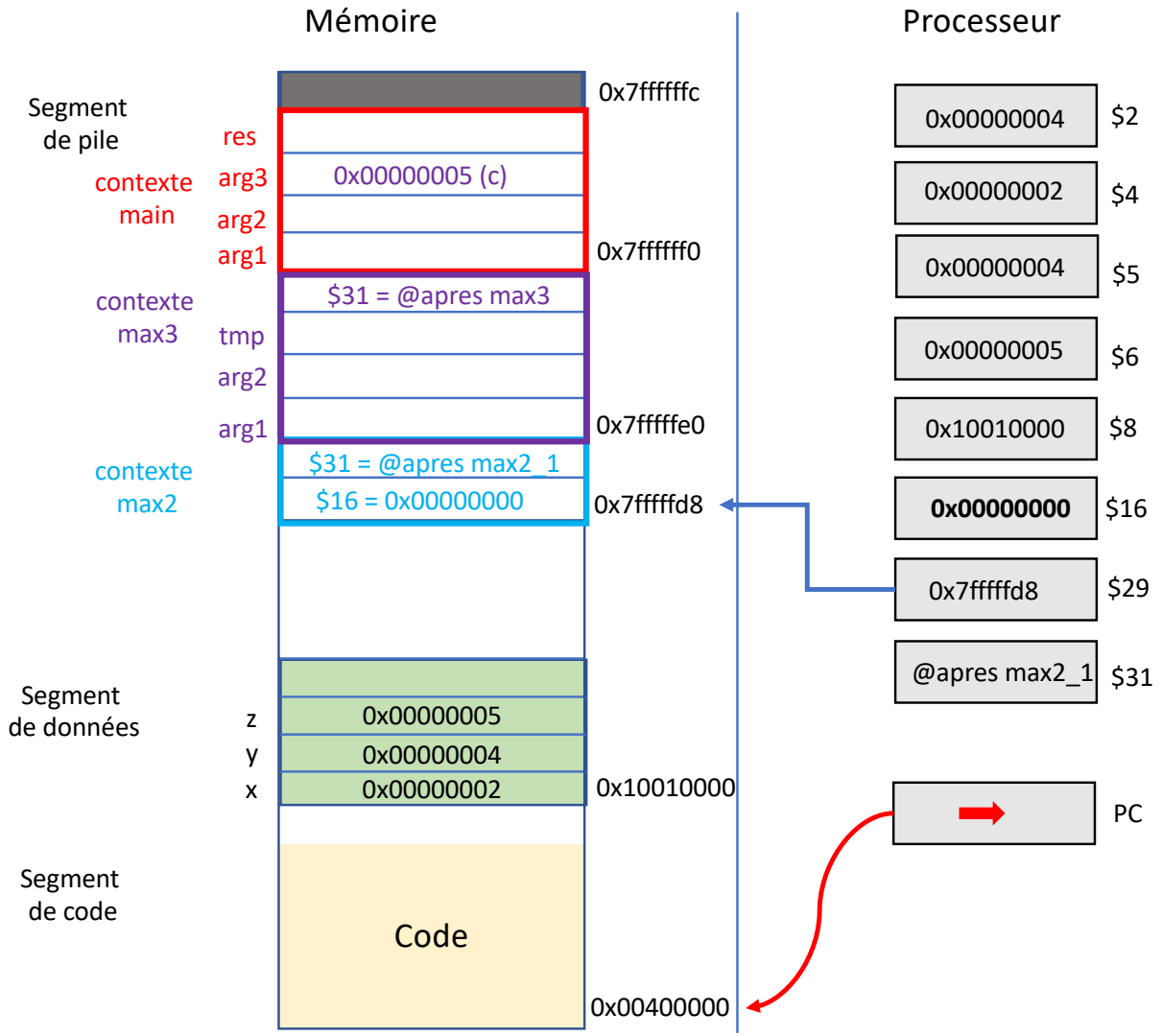
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori     $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



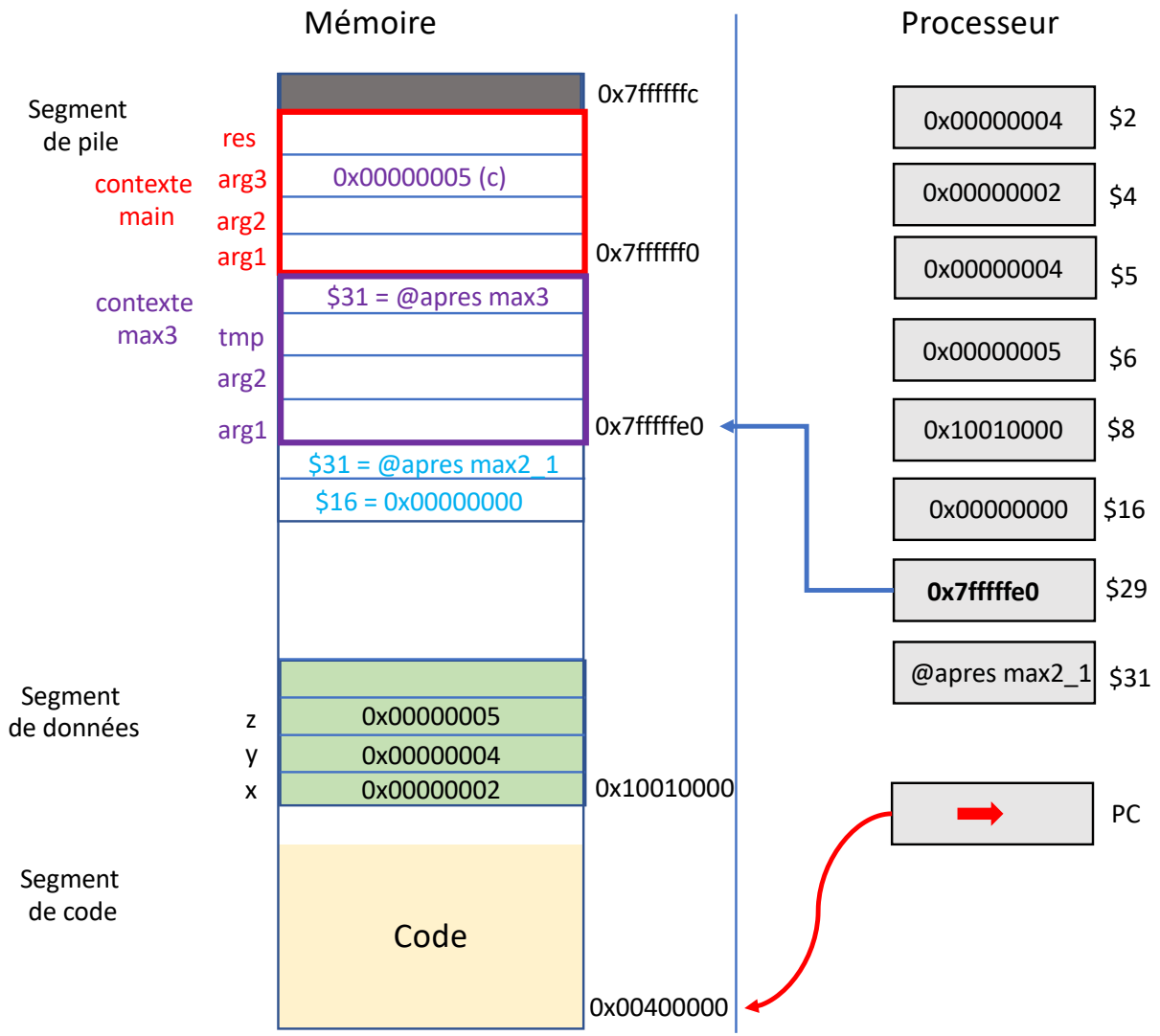
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



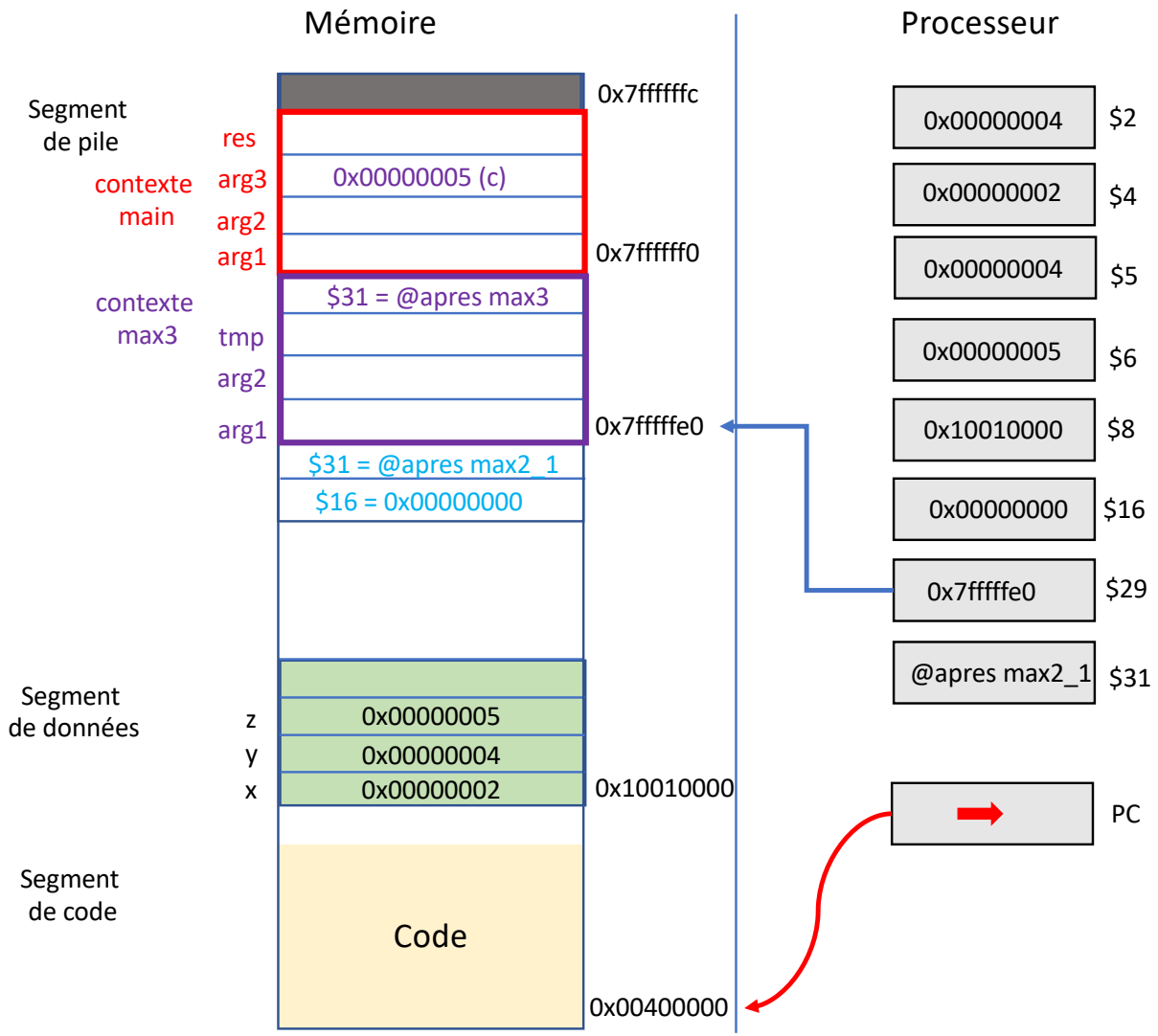
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



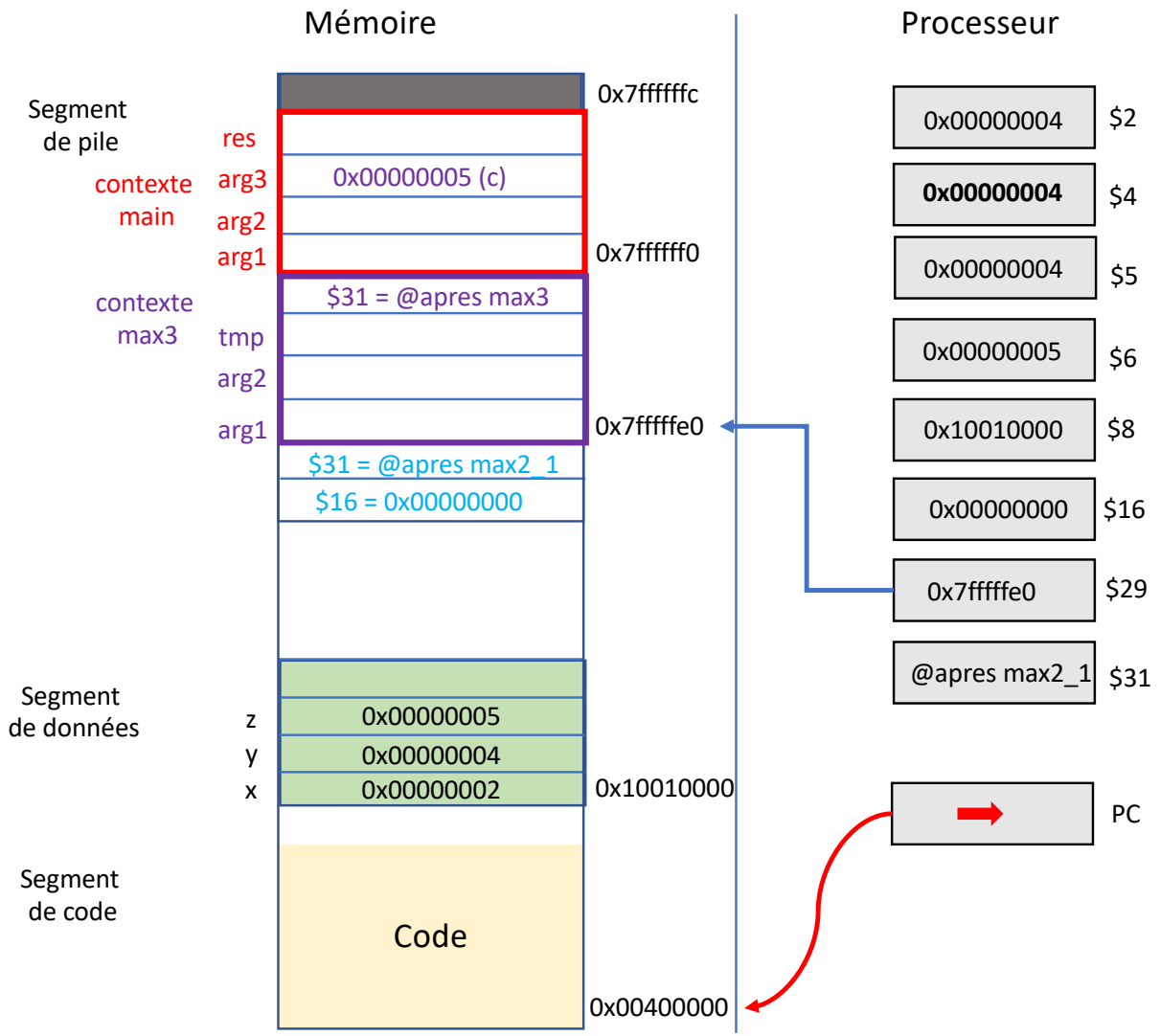
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



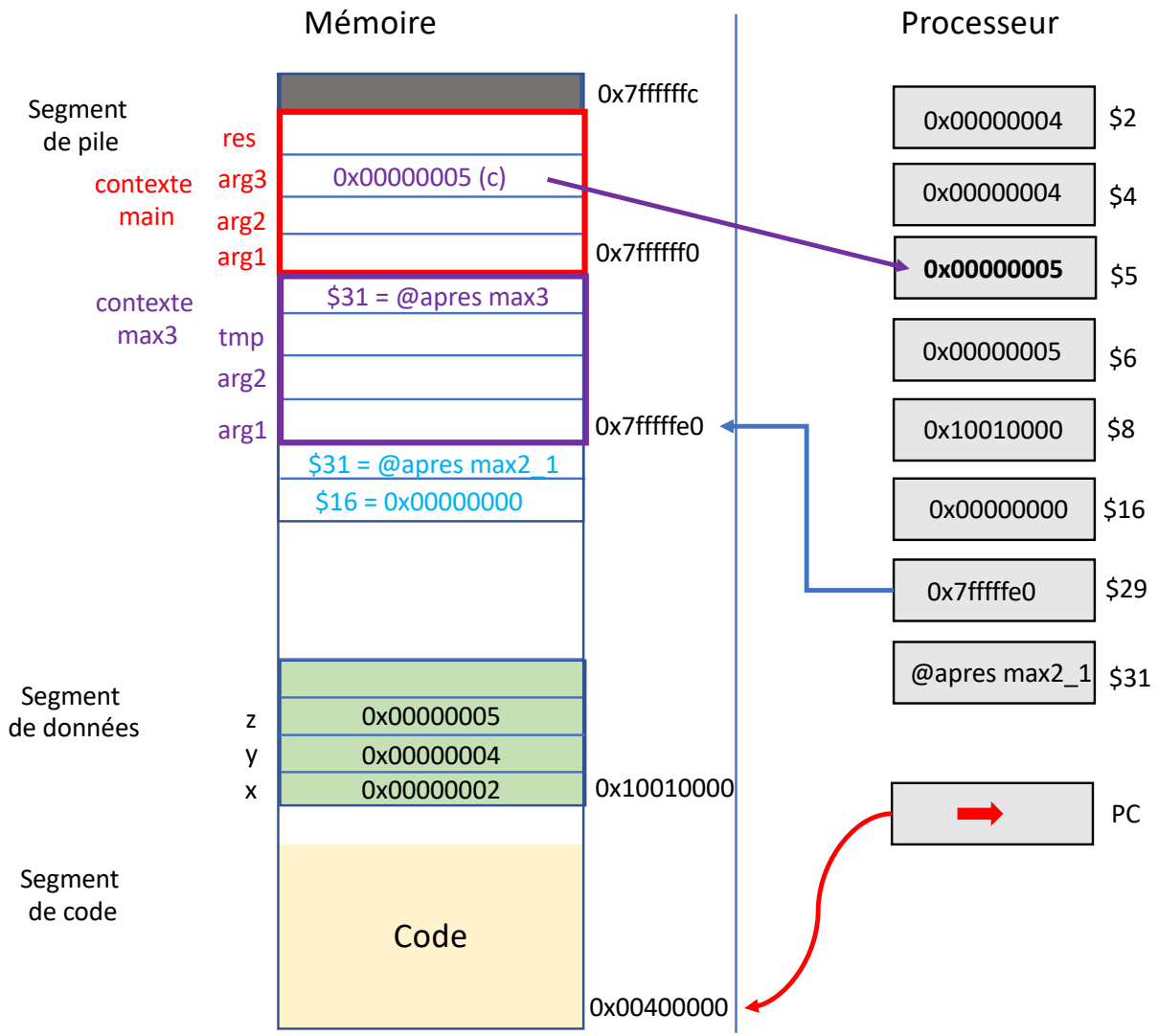
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



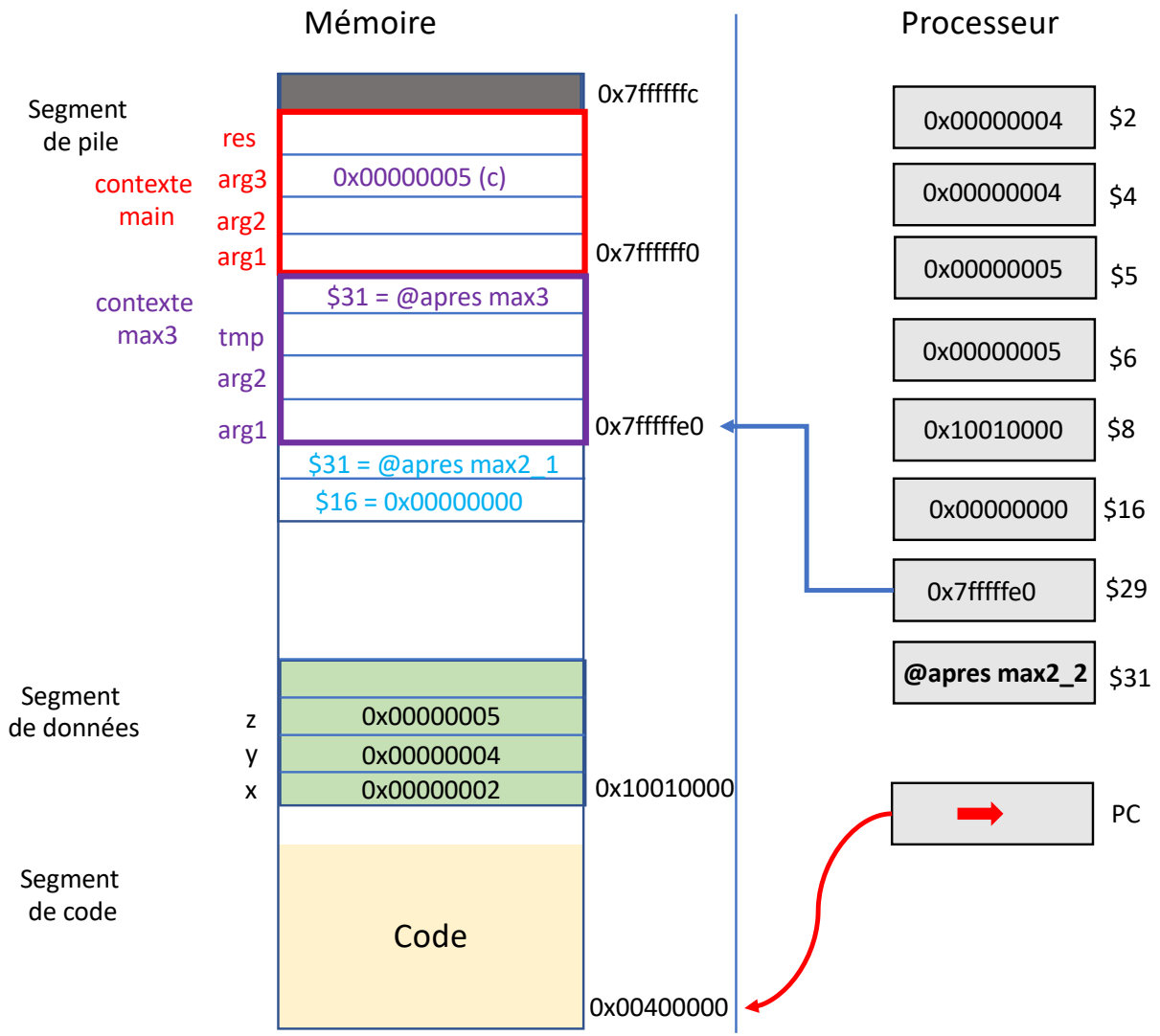
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



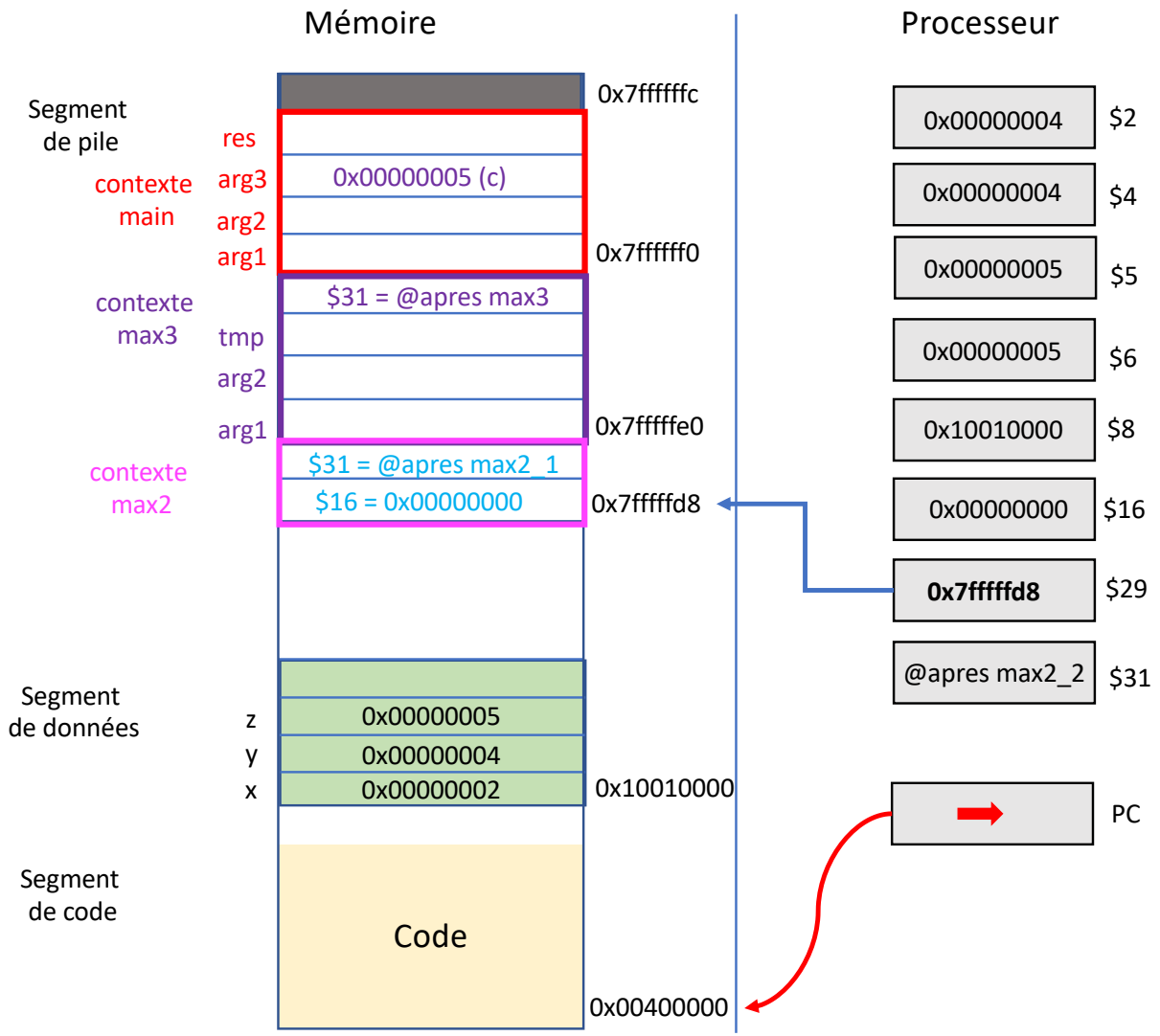
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



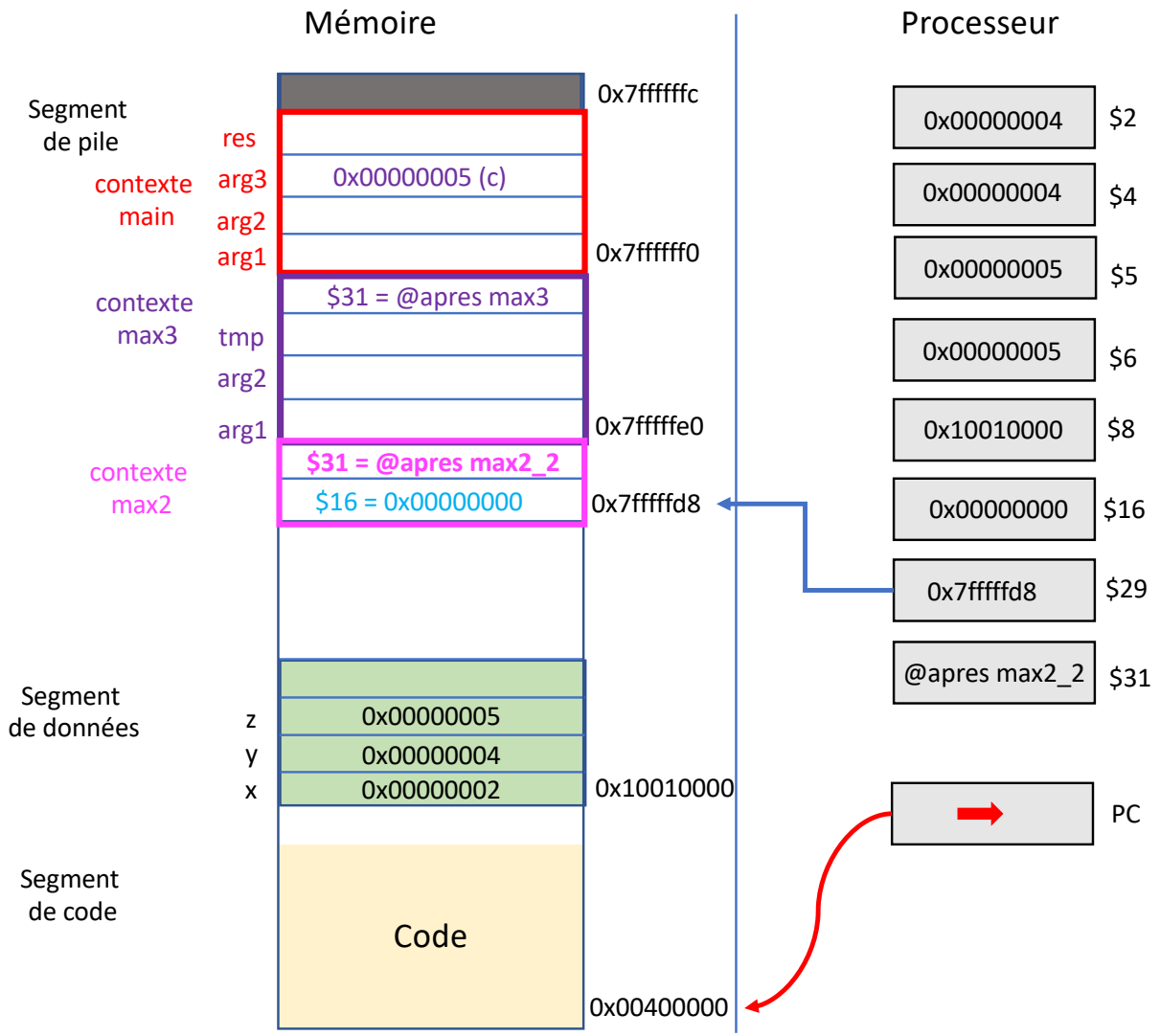
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



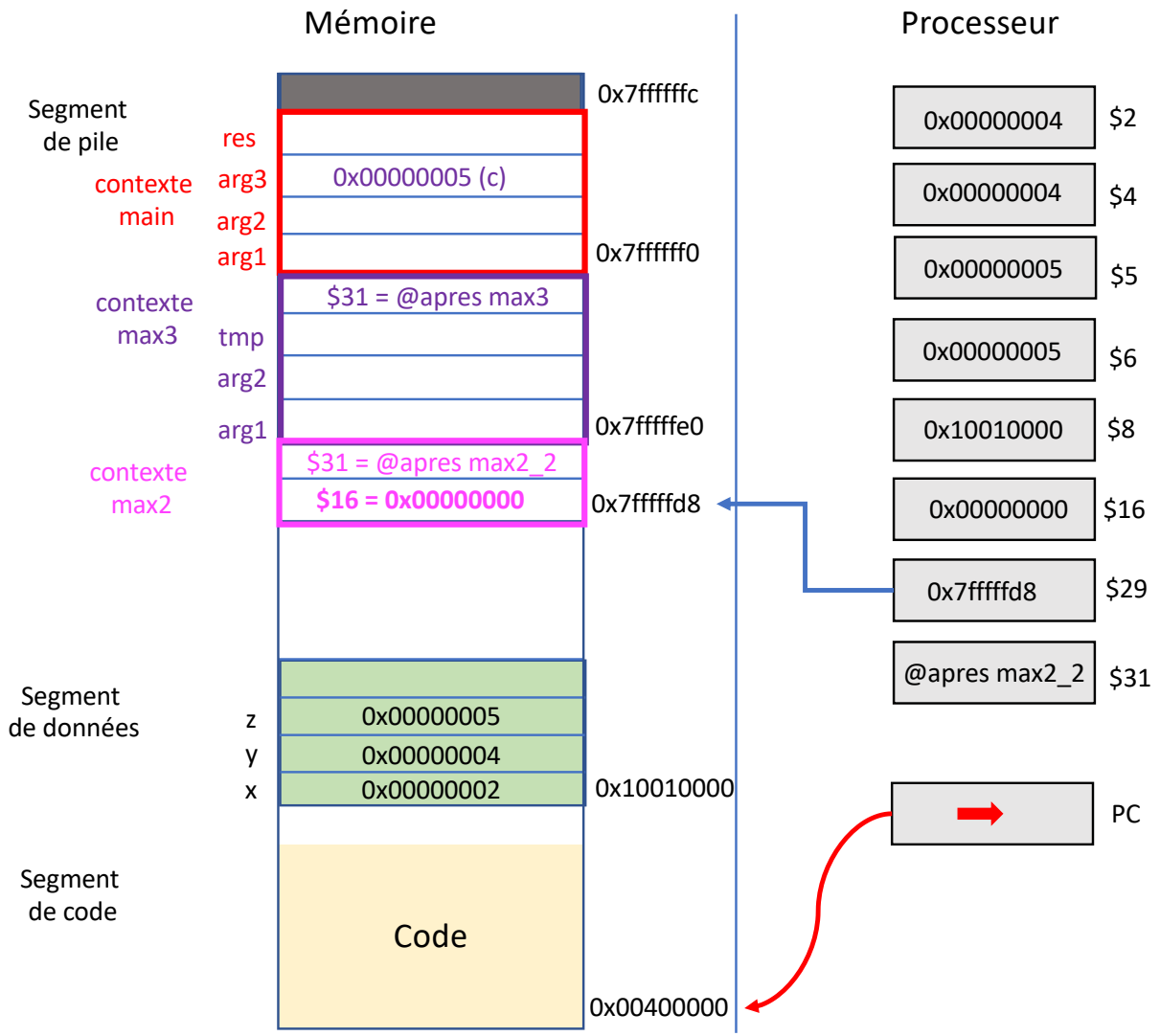
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori     $2, $0, 10
 syscall
max3:     #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:     #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



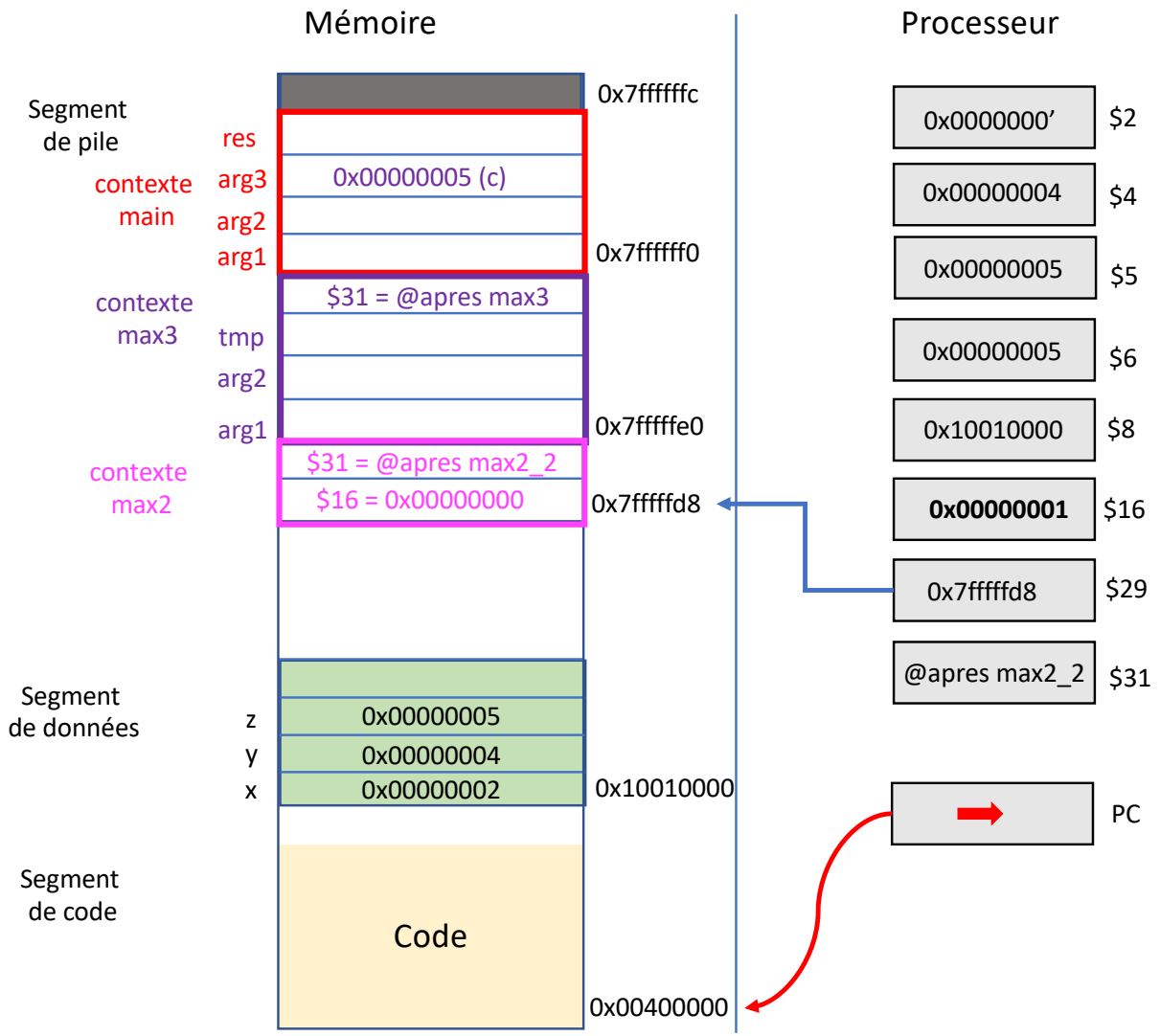
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



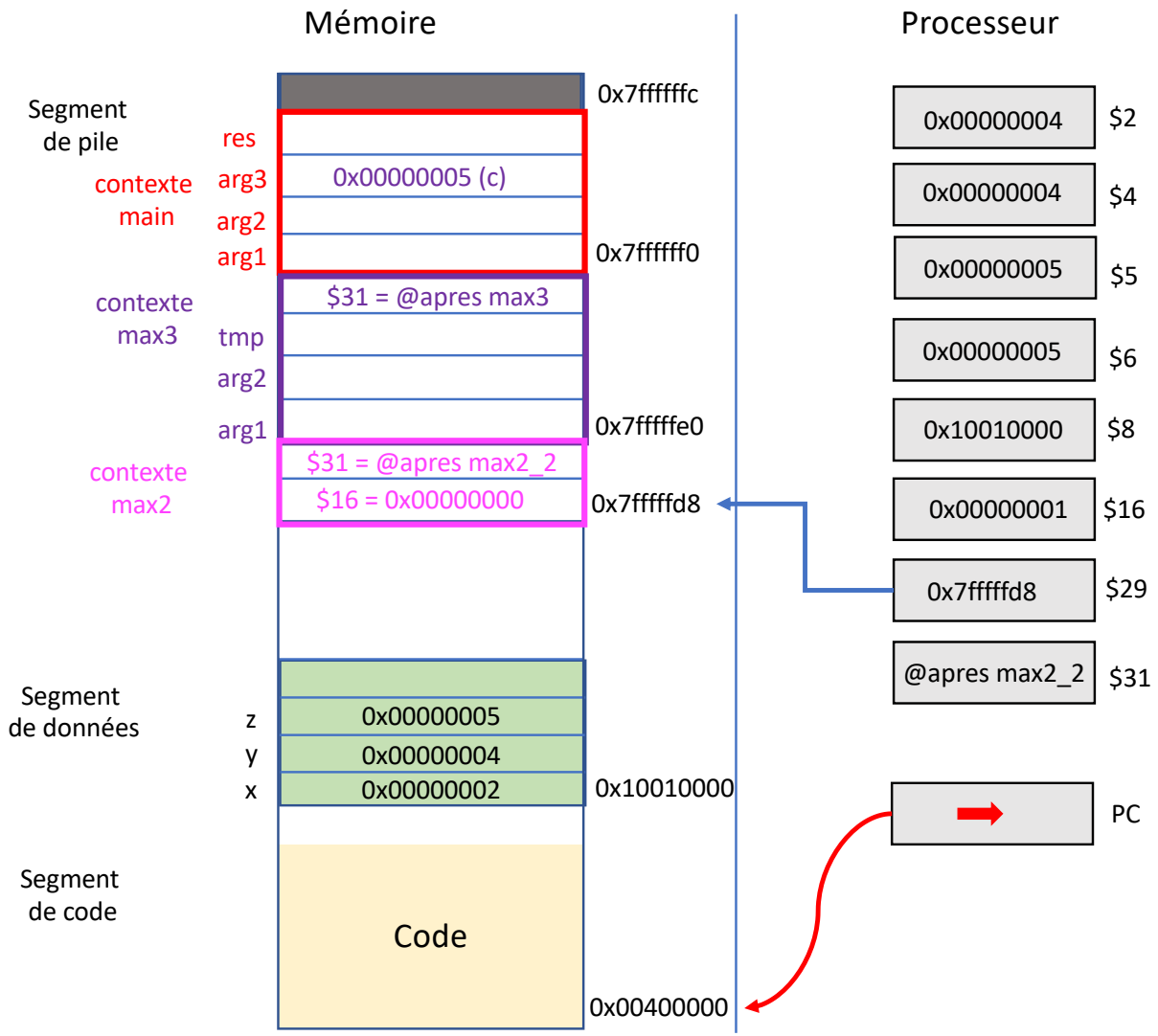
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



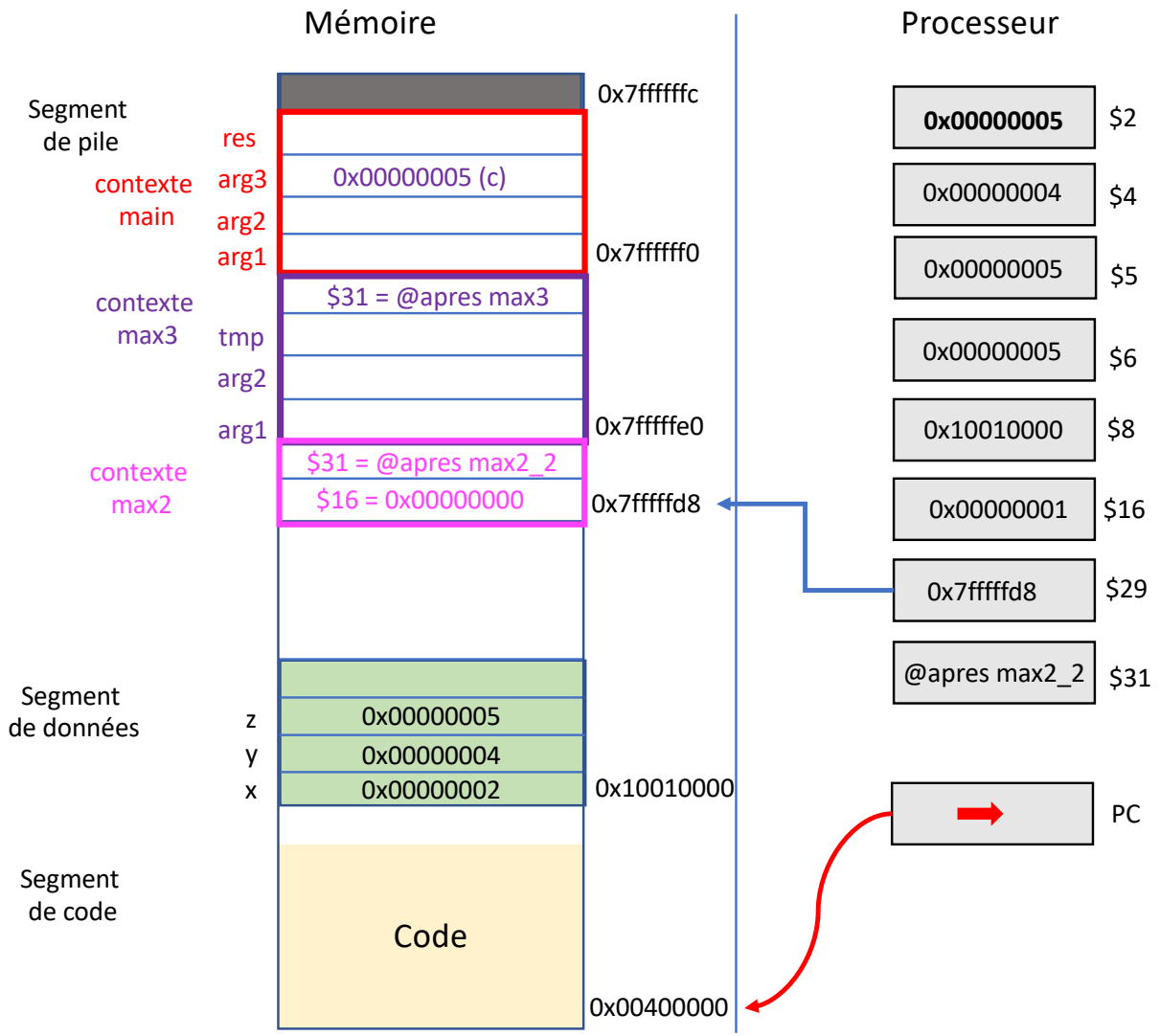
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



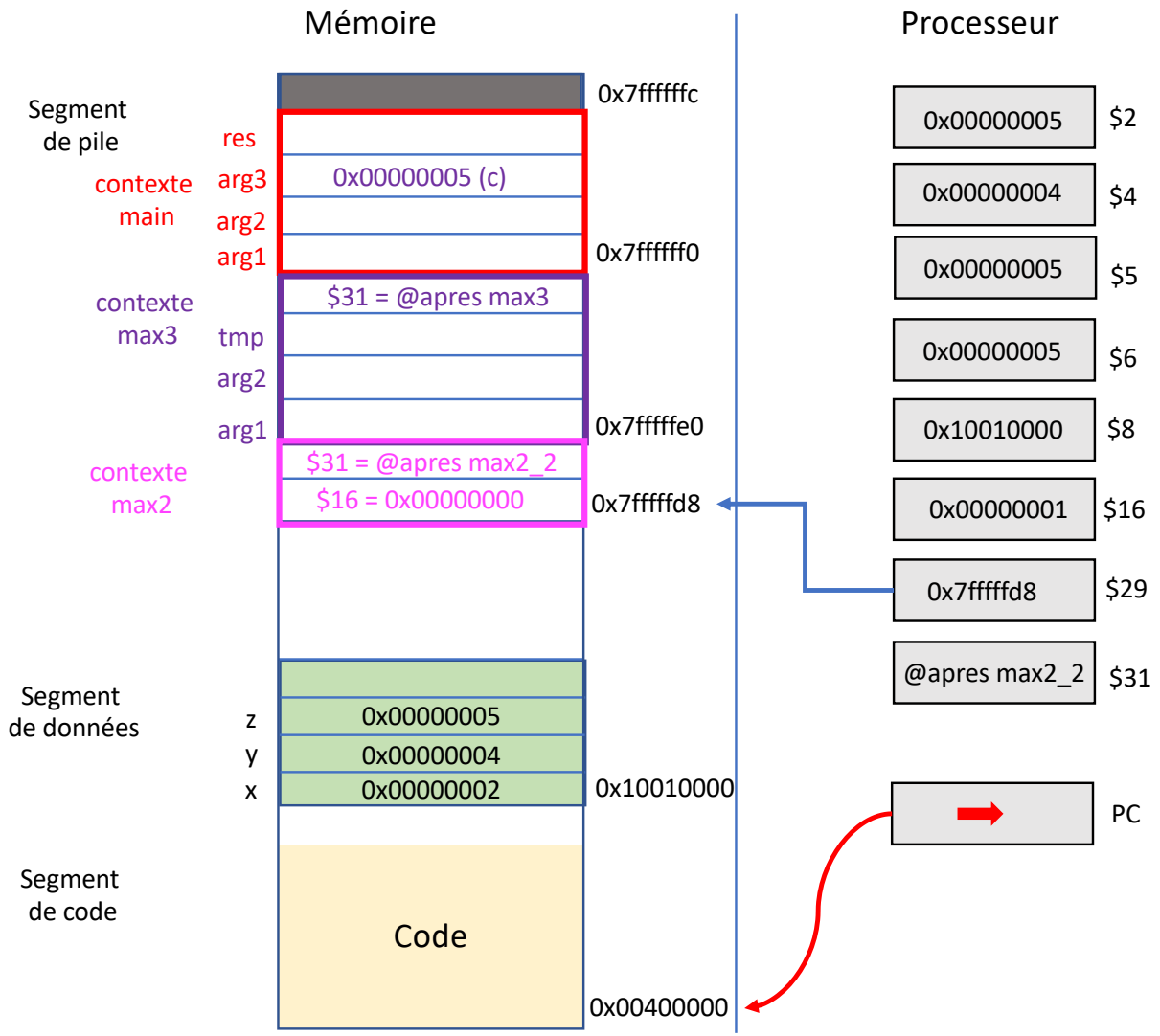
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



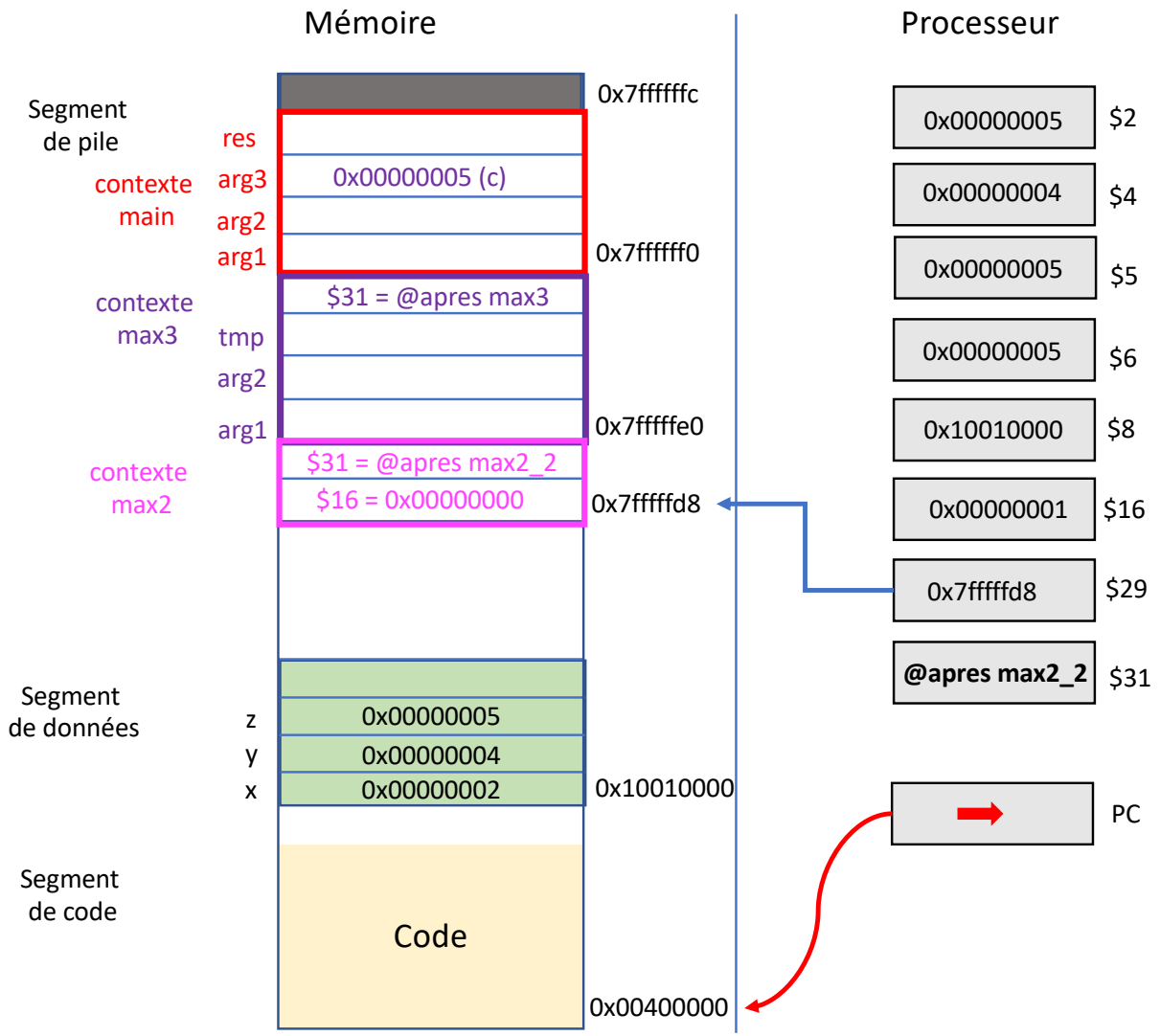
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



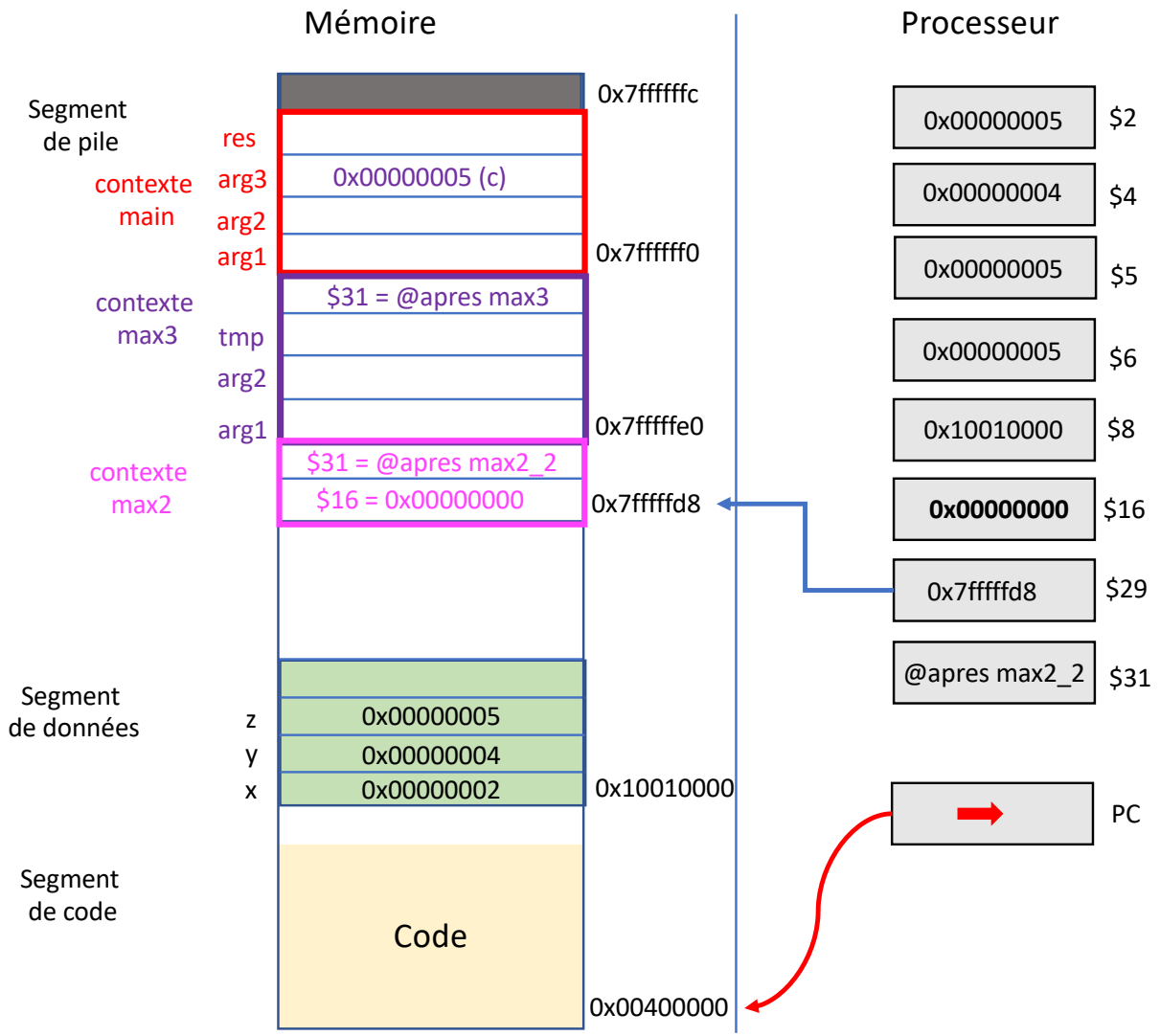
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



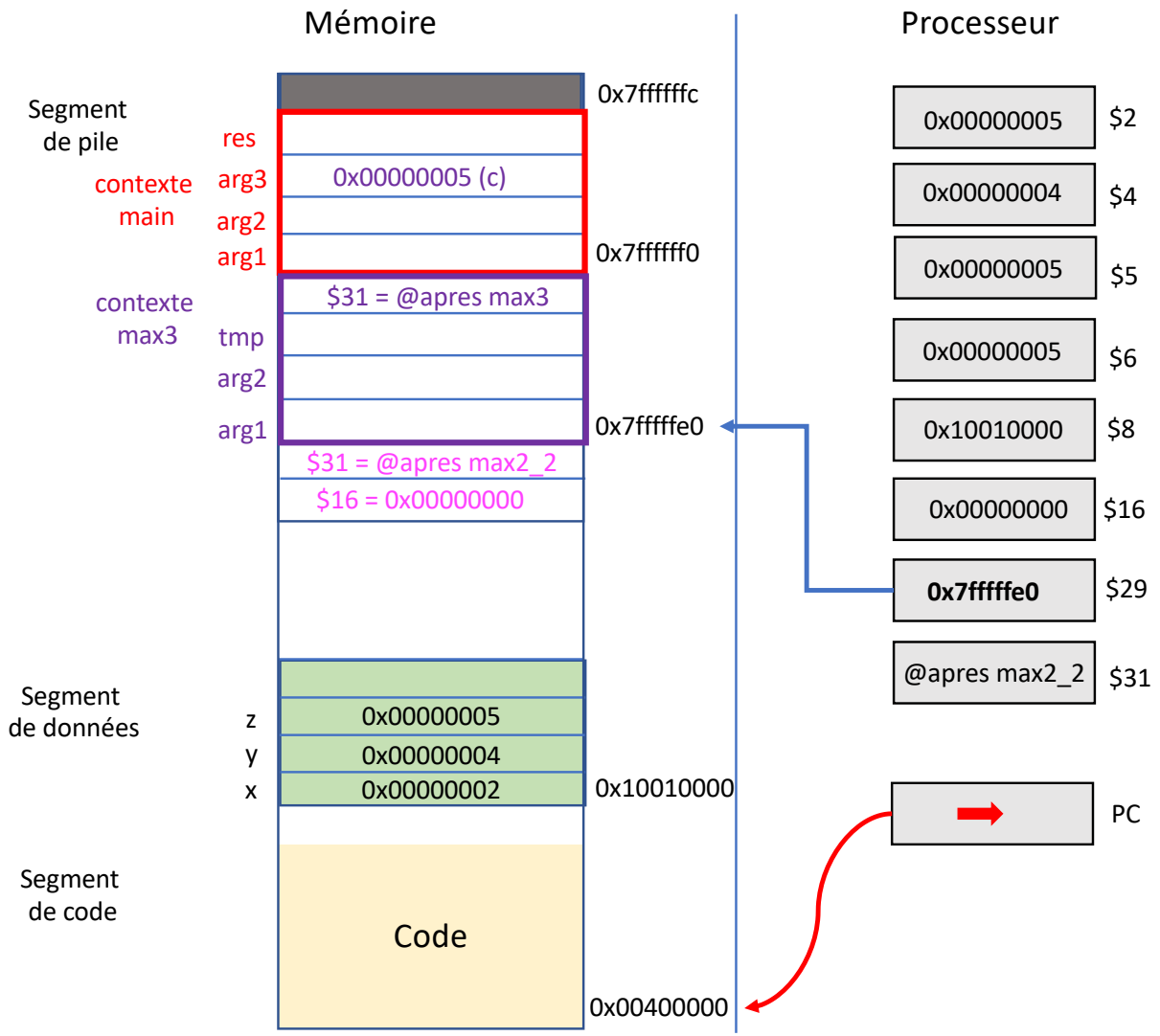
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



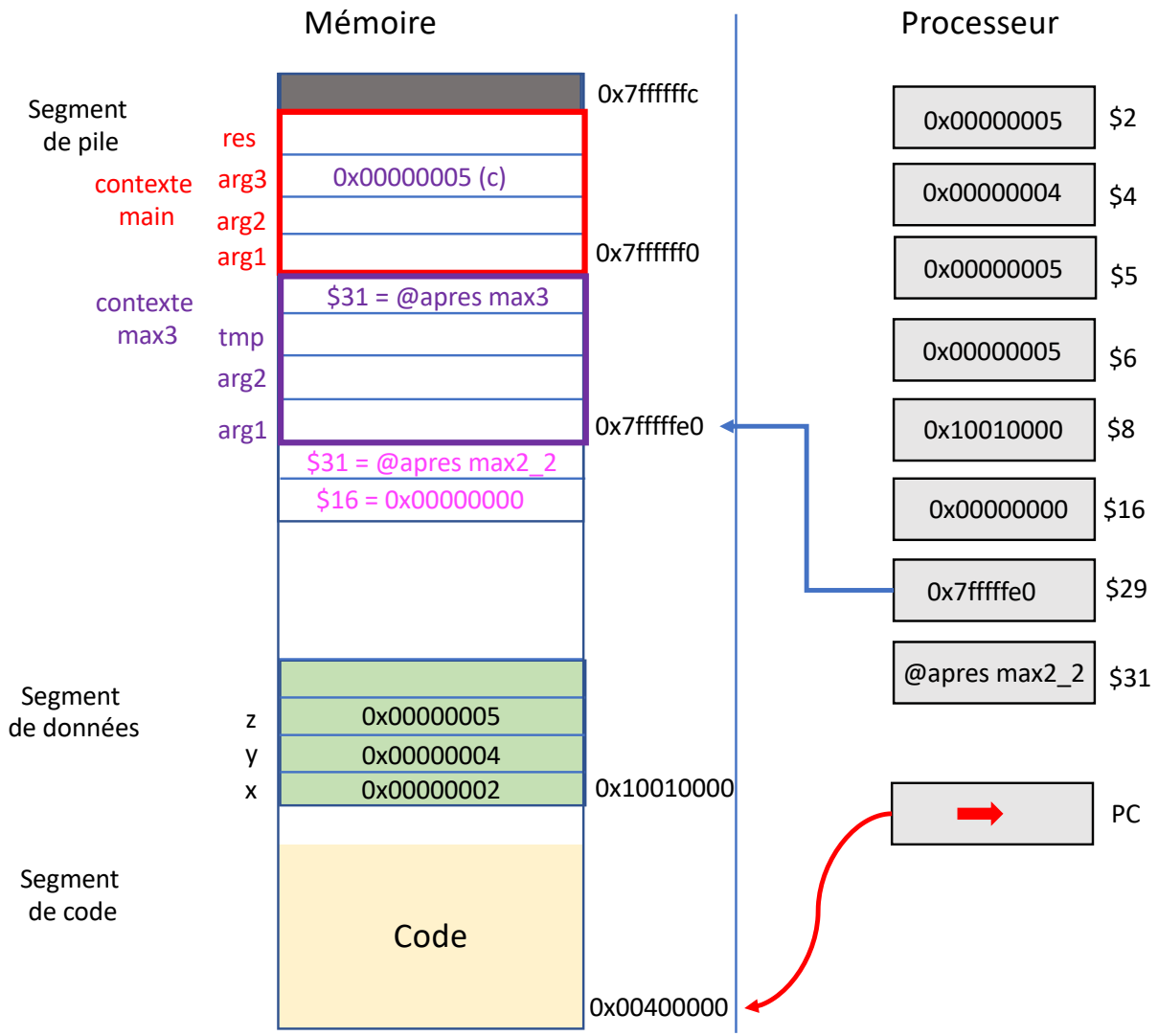
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



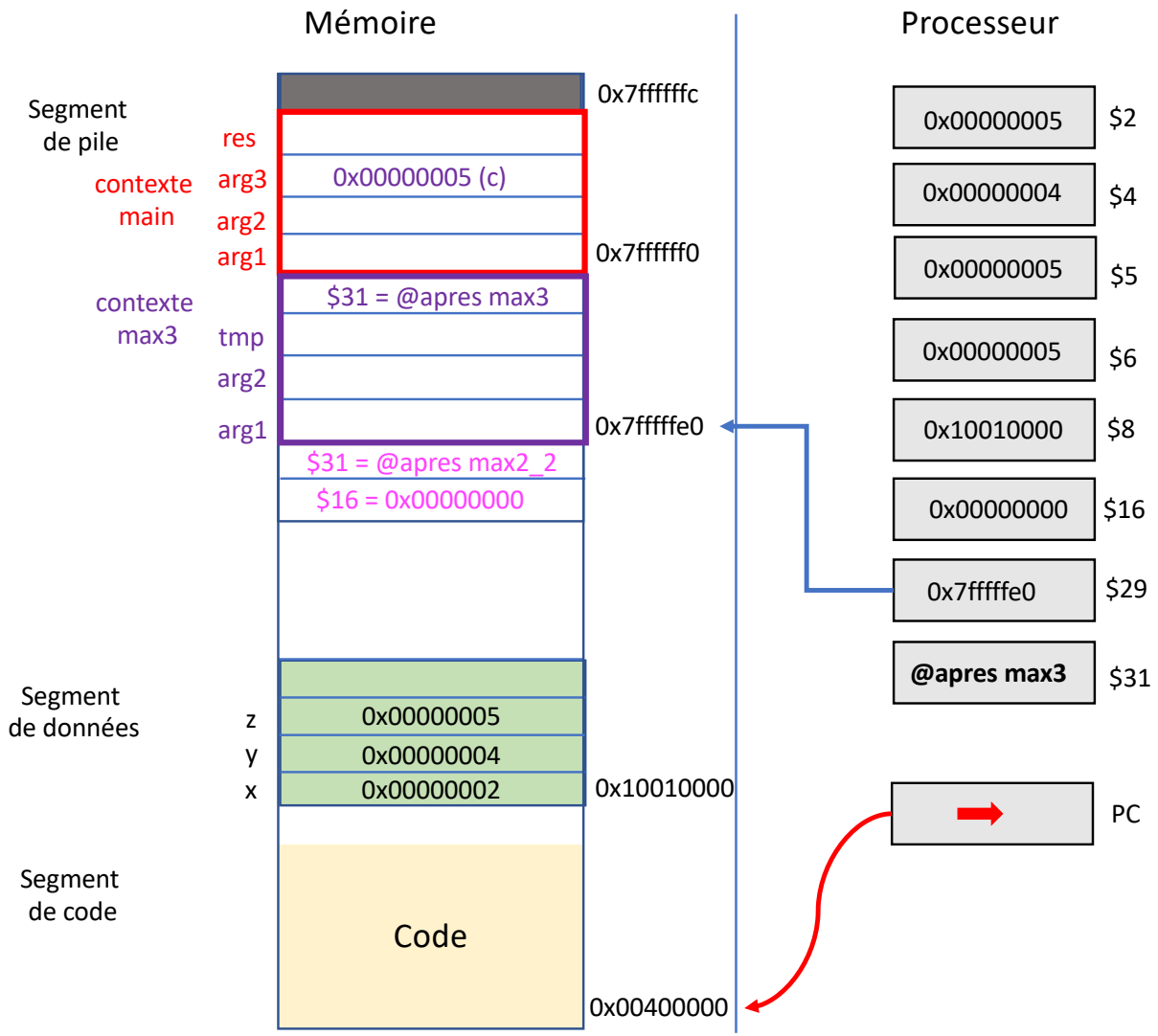
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



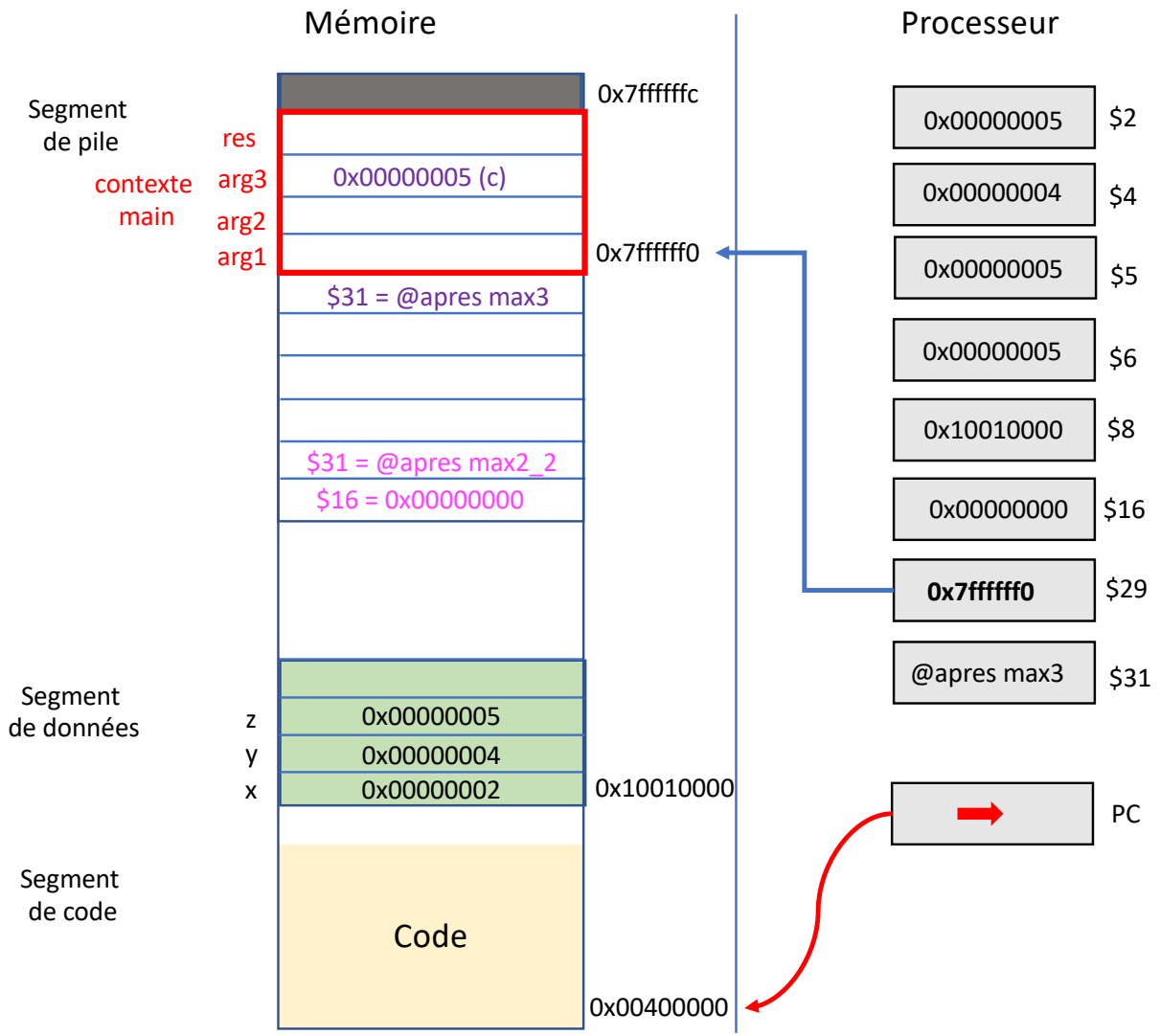
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



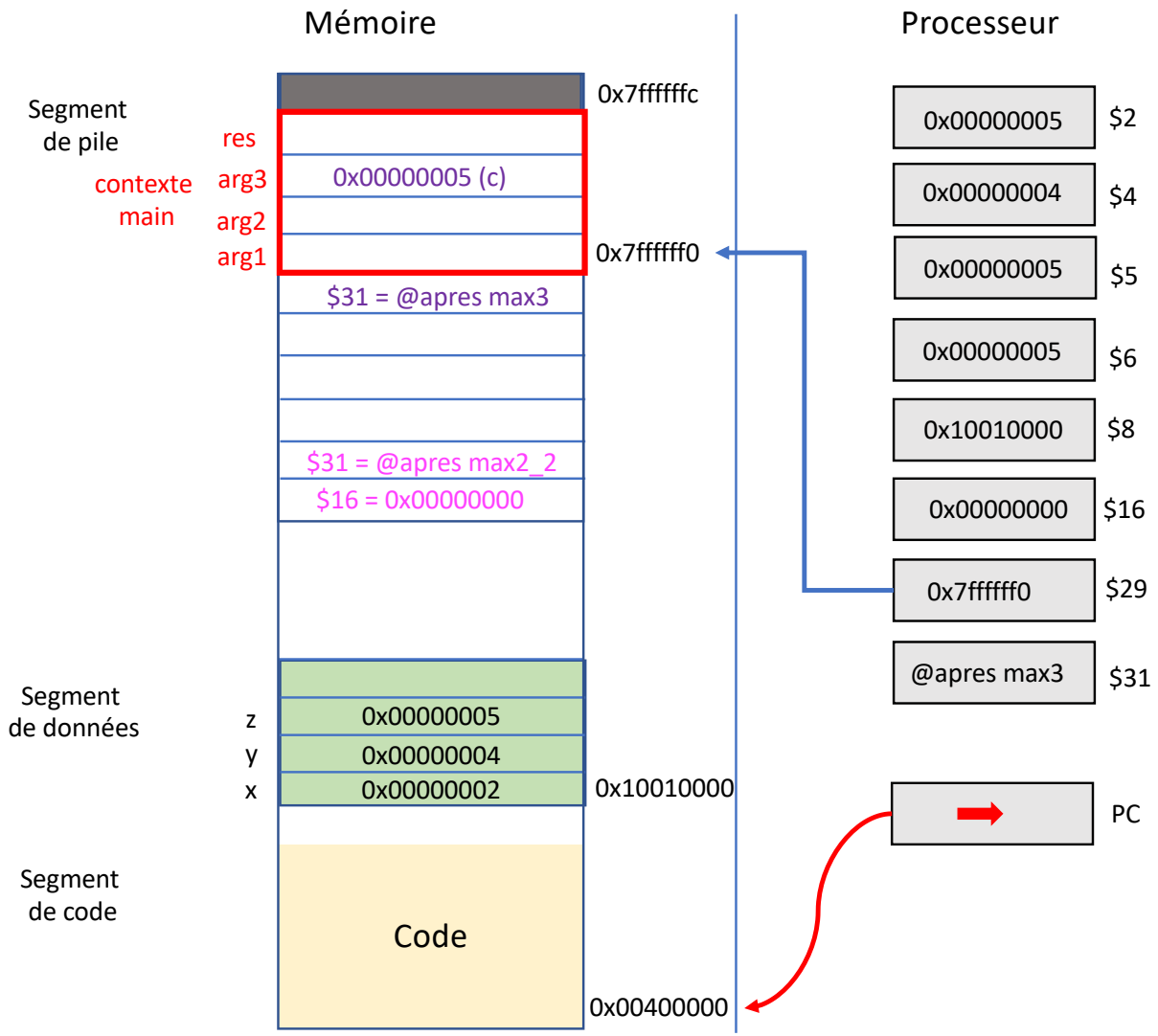
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



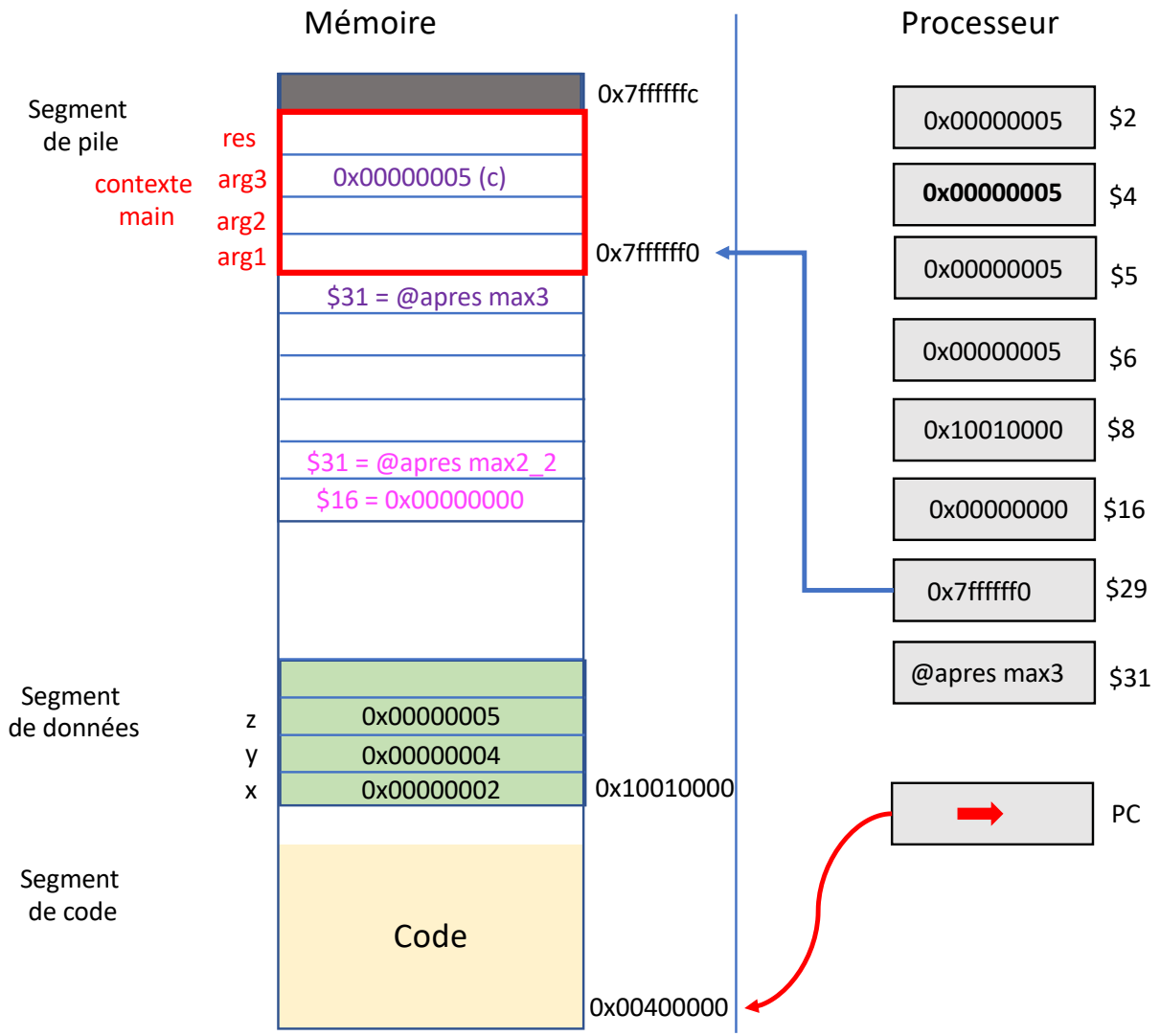
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



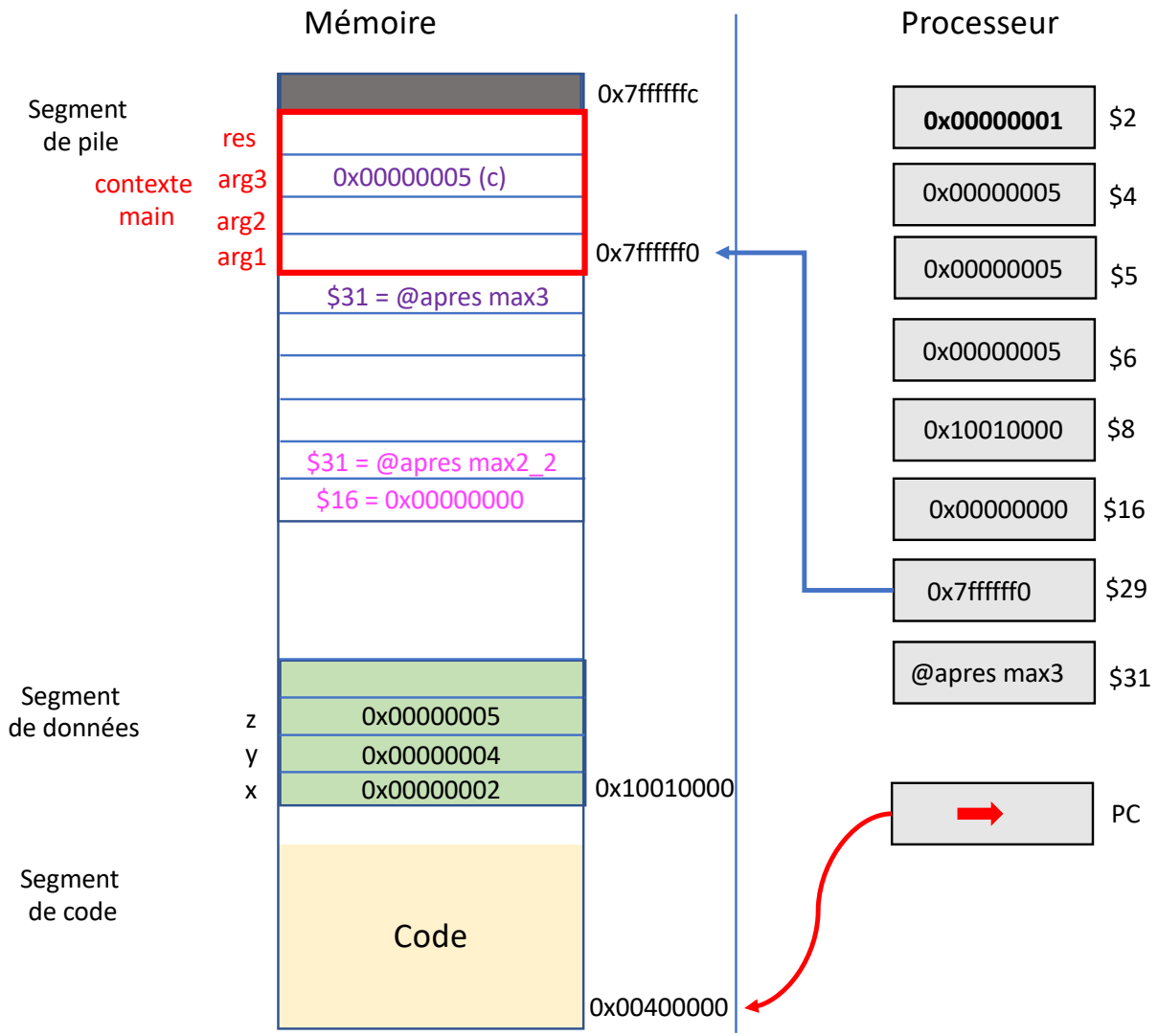
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui   $8, 0x1001
 lw    $4, 0($8)          # 1er arg    = x
 lw    $5, 4($8)          # 2ème arg = y
 lw    $6, 8($8)          # 3ème arg = z
 jal   max3               # appel à max3
 ori   $4, $2, 0
 ori   $2, $0, 1          # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori   $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw    $31, 12($29)
 sw    $6,  24($29)       # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal   max2
 ori   $4,  $2,  0        # 1er arg=tmp
 lw    $5,  24($29)       # 2eme arg = c
 jal   max2
 lw    $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw    $31, 4($29)
 sw    $16, 0($29)
 slt   $16, $4, $5        # $16 vaut 1 si a < b
 beq   $16, $0, a_max
 ori   $2, $5, 0          # valeur de retour dans $2
 j     fin
a_max:
 ori   $2, $4, 0          # valeur de retour dans $2
fin:
 lw    $31, 4($29)
 lw    $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



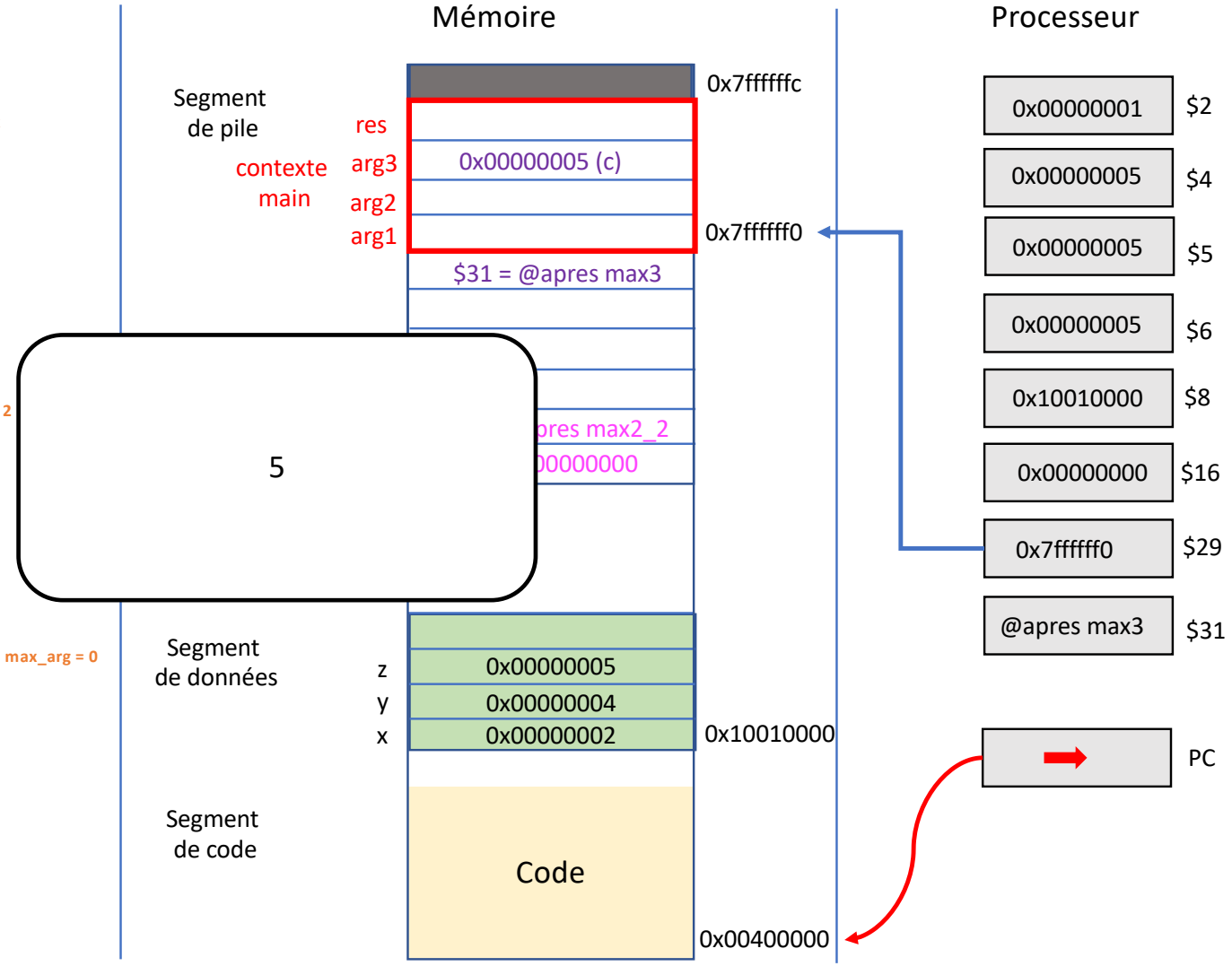
Exécution et évolution de la pile

```
.data
  x: .word 2
  y: .word 4
  z: .word 5
.text
  addiu $29, $29, -16       # 1 var locale  + 3 param max
  lui   $8, 0x1001
  lw    $4, 0($8)           # 1er arg    = x
  lw    $5, 4($8)           # 2ème arg = y
  lw    $6, 8($8)           # 3ème arg = z
  jal   max3                # appel à max3
  ori   $4, $2, 0
  ori   $2, $0, 1           # affichage
  syscall
  addiu $29, $29, +16       # désallocation  pile
  ori   $2, $0, 10
  syscall
max3:    #-----------------------------------------------
  addiu $29, $29,-16        # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
  sw    $31, 12($29)
  sw    $6,  24($29)        # sauvegarde 3eme arg (c)
  jal   max2
  ori   $4,  $2,  0         # 1er arg=tmp
  lw    $5,  24($29)        # 2eme arg = c
  jal   max2
  lw    $31, 12($29)
  addiu $29, $29,+16
  jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
  addiu $29, $29,-8         # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
  sw    $31, 4($29)
  sw    $16, 0($29)
  slt   $16, $4, $5         # $16 vaut 1 si a < b
  beq   $16, $0, a_max
  ori   $2, $5, 0           # valeur de retour dans $2
  j     fin
a_max:
  ori   $2, $4, 0           # valeur de retour dans $2
fin:
  lw    $31, 4($29)
  lw    $16, 0($29)
  addiu $29, $29,+8
  jr $31
```



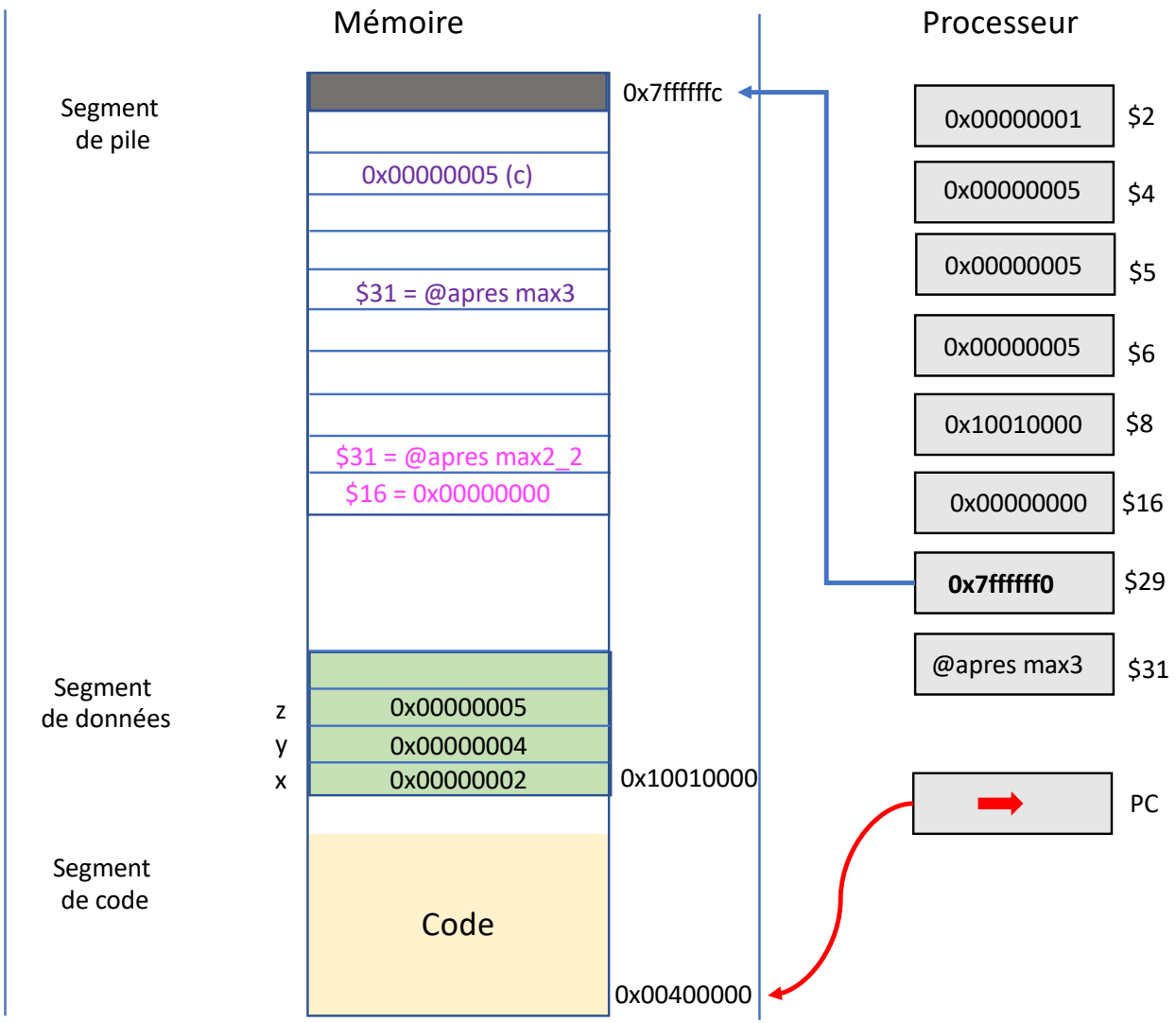
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



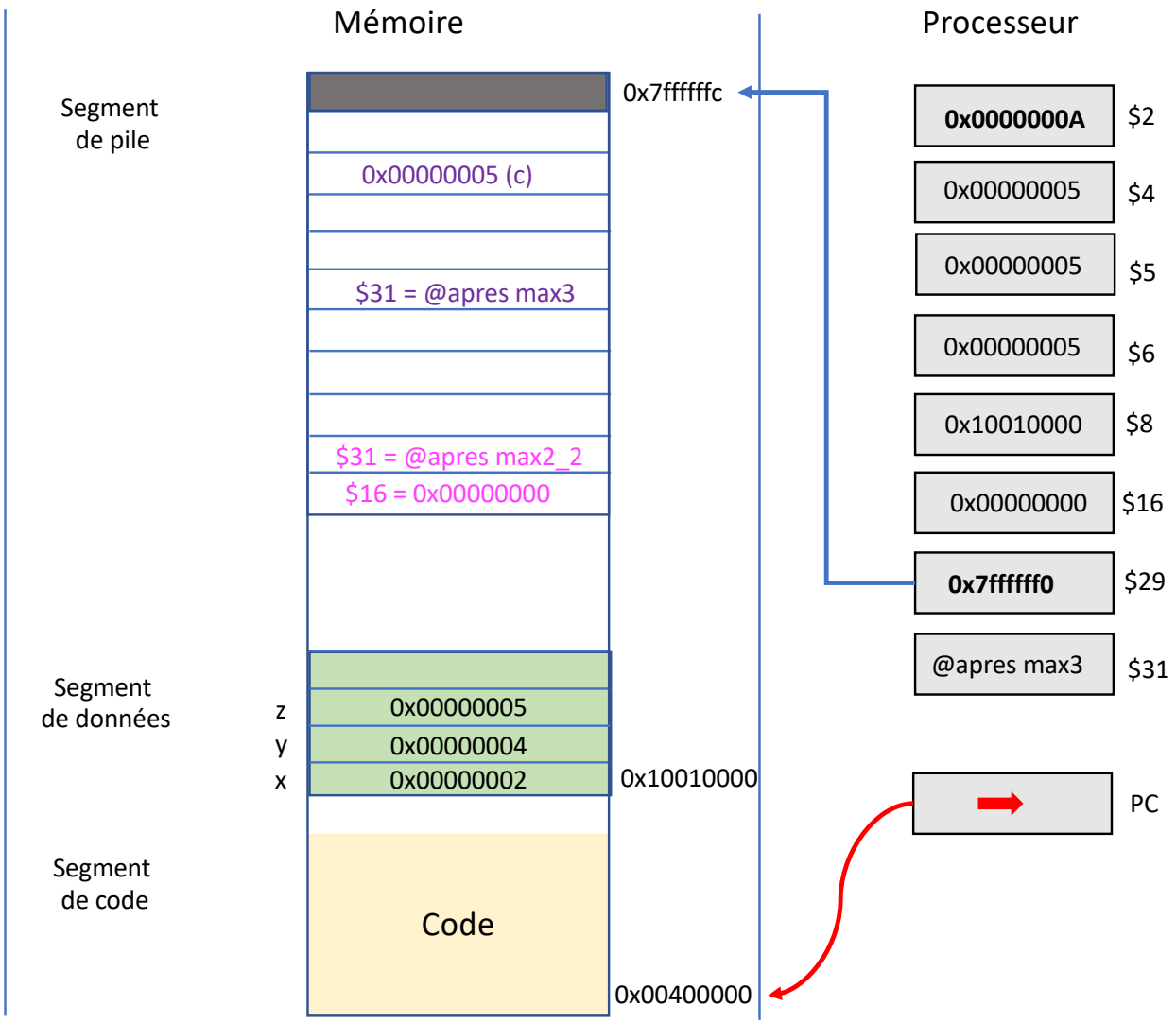
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



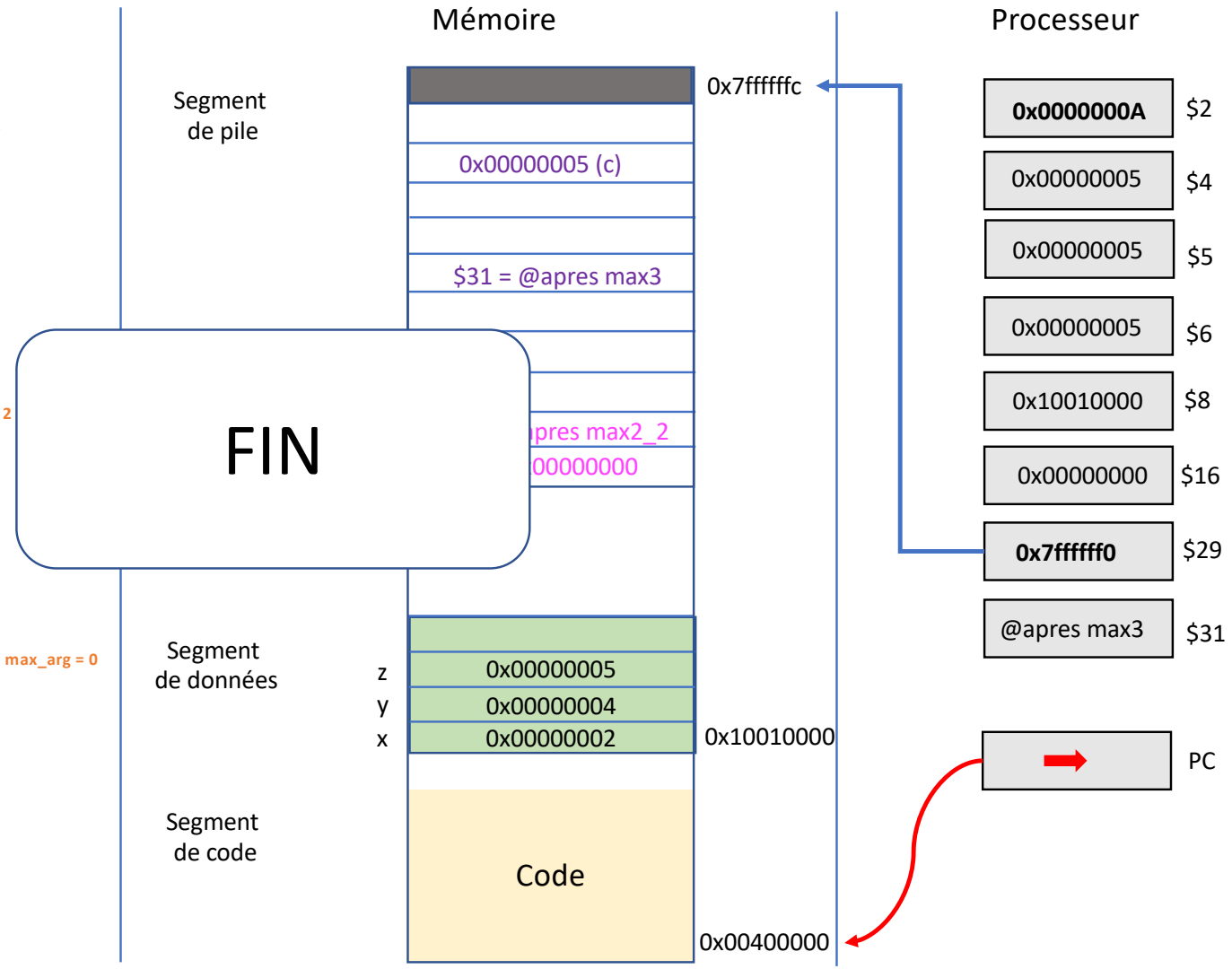
Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #-----------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



Exécution et évolution de la pile

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
.text
 addiu $29, $29, -16      # 1 var locale  + 3 param max
 lui    $8, 0x1001
 lw     $4, 0($8)         # 1er arg    = x
 lw     $5, 4($8)         # 2ème arg = y
 lw     $6, 8($8)         # 3ème arg = z
 jal    max3              # appel à max3
 ori    $4, $2, 0
 ori    $2, $0, 1         # affichage
 syscall
 addiu $29, $29, +16      # désallocation  pile
 ori    $2, $0, 10
 syscall
max3:    #---------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-16       # nr = 0  + $31, nv = 1, na = 2
 sw     $31, 12($29)
 sw     $6,  24($29)      # sauvegarde 3eme arg (c)
 jal    max2
 ori    $4,  $2,  0       # 1er arg=tmp
 lw     $5,  24($29)      # 2eme arg = c
 jal    max2
 lw     $31, 12($29)
 addiu $29, $29,+16
 jr $31
max2:    #---------------------------------------------------
 addiu $29, $29,-8        # nr = 1 ($16 ) + $31, nv = 0, max_arg = 0
 sw     $31, 4($29)
 sw     $16, 0($29)
 slt    $16, $4, $5       # $16 vaut 1 si a < b
 beq    $16, $0, a_max
 ori    $2, $5, 0         # valeur de retour dans $2
 j      fin
a_max:
 ori    $2, $4, 0         # valeur de retour dans $2
fin:
 lw     $31, 4($29)
 lw     $16, 0($29)
 addiu $29, $29,+8
 jr $31
```



Élément d'une suite récursive

```
int n = 3;
int u_n(int n){
  if (n == 0)
    return 42;
  else
    return 3 * u_n(n-1) + n;
}

void main(){
  int elem = u_n(n);
  printf("%d",elem);
  exit();
}
```

- La fonction `u_n` s'appelle elle-même
- C'est un appel comme un autre, le problème de la terminaison est algorithmique et non au niveau assembleur
- Ici la récursion est non terminale

Code exemple : programme `main`

```
.data
n: .word 3

.text # main : 1 var local, 1 arg max
  addiu $29, $29, -8

  # elem = u_n(n)
  lui   $8, 0x1001
  lw    $4, 0($8)
  jal   u_n
  # printf("%d", elem)
  ori   $4, $2, 1
  ori   $2, $0, 1
  syscall

  addiu $29, $29, 8
  ori   $2, $0, 10
  syscall
```

Code exemple : fonction u_n

```
u_n: # u_n(n) = 42 si n=0 sinon 3*u_n(n-1)+n
   addiu $29, $29, -8 # nr=0 +$31, nv=0, na=1
   sw    $31, 4($29)
   sw    $4, 8($29) # sauvegarde de n
   beq   $4, $0, fin_u0
   addiu $4, $4, -1 # 1er arg = n - 1
   jal   u_n
   ori   $8, $0, 3
   mult  $2, $8     # u_n(n-1)*3
   mflo  $2
   lw    $8, 8($29) # relecture n
   addiu $2, $2, $8 # u_n(n-1)*3+n
   j     fin_u
fin_u0:
   ori   $2, $0, 42 # cas n = 0
fin_u:
   lw    $31, 4($29)
   addiu $29, $29, 8
   jr    $31
```

```
int n = 3;
int u_n(int n){
  if (n == 0)
    return 42;
  else
    return 3*u_n(n-1) +
           n;
}
```

- Appel de la fonction `u_n` dans `u_n` : respect des conventions d'appel, pas plus !
- Sauvegarde de l'argument dans son emplacement car `$4` est écrasé lors de l'appel récursif.

Arbre d'appels

n = 3

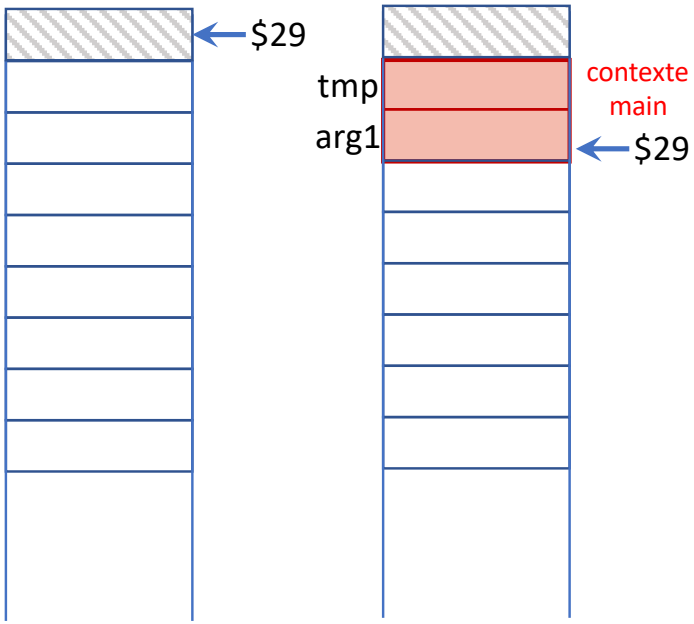
```
main -> u_n(3)
              -> u_n(2)
                        -> u_n(1)
                                  -> u_n(0)
```

- Quand n vaut 3, il y a 3 appels récursifs.
- Chaque appel à `u_n` alloue un contexte et sauvegarde son argument dans son emplacement qui se trouve dans le contexte de la fonction appelante.
- La pile contient tous les contextes lorsque l'on est dans l'appel terminal (`u_n(0)`).

Évolution de la pile

À l'entrée du main

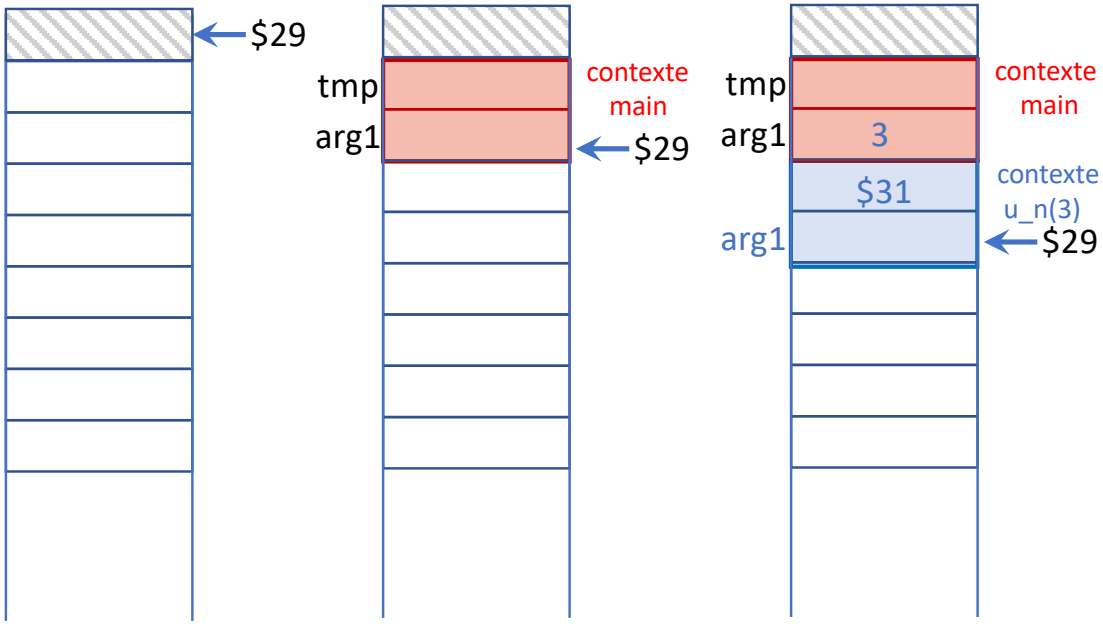
Évolution de la pile



À l'entrée du main

Après le prologue du main

Évolution de la pile

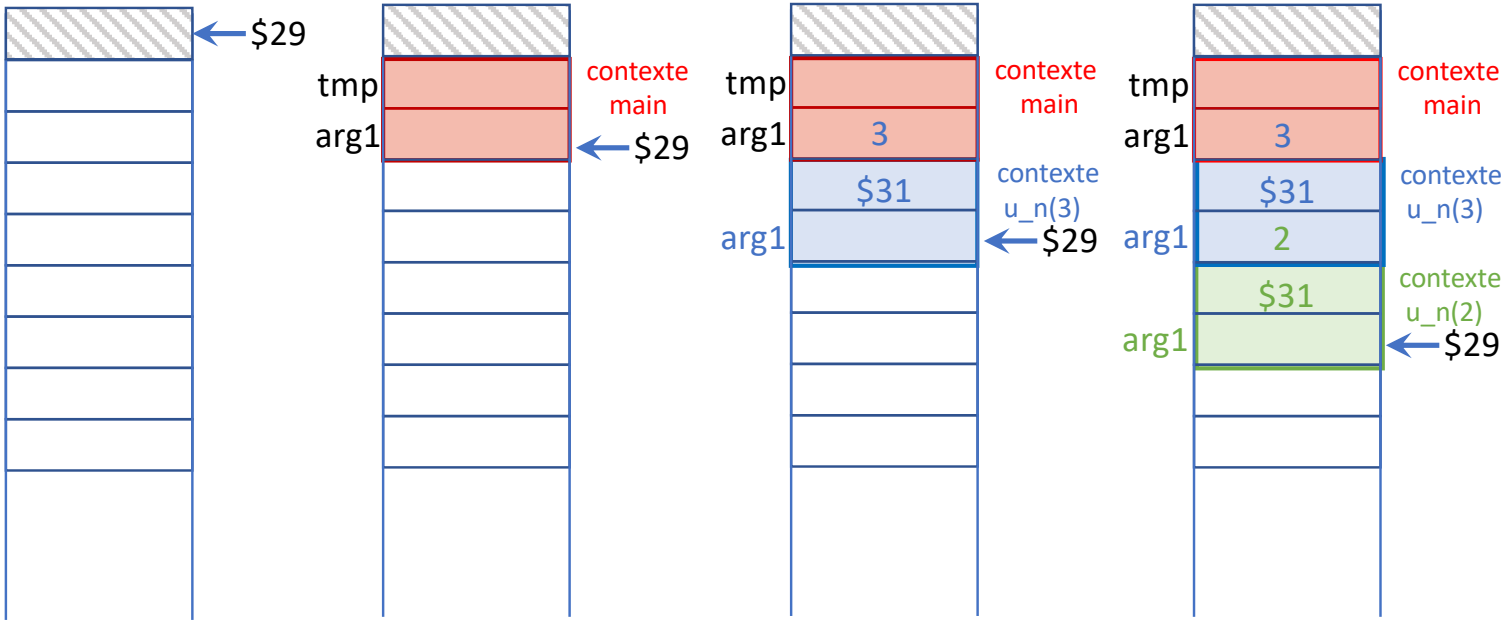


À l'entrée du main

Après le prologue du main

Dans l'appel à u_n(3), après le prologue

Évolution de la pile



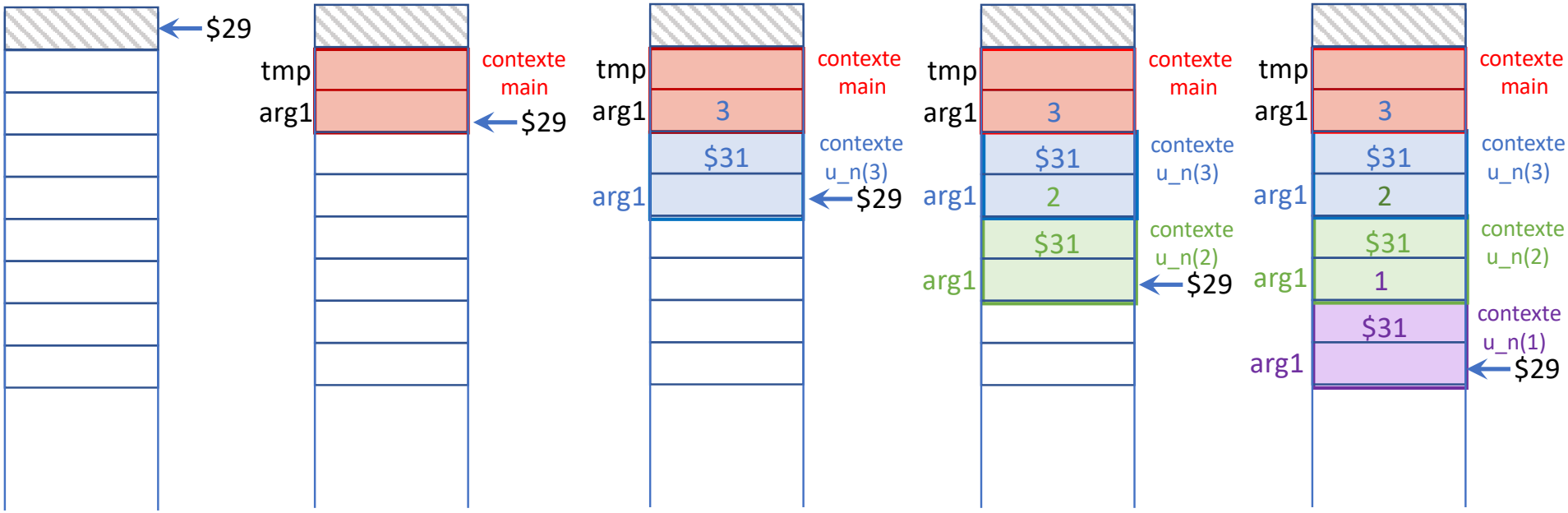
À l'entrée du main

Après le prologue du main

Dans l'appel à u_n(3), après le prologue

Dans l'appel à u_n(2), après le prologue

Évolution de la pile



À l'entrée du main

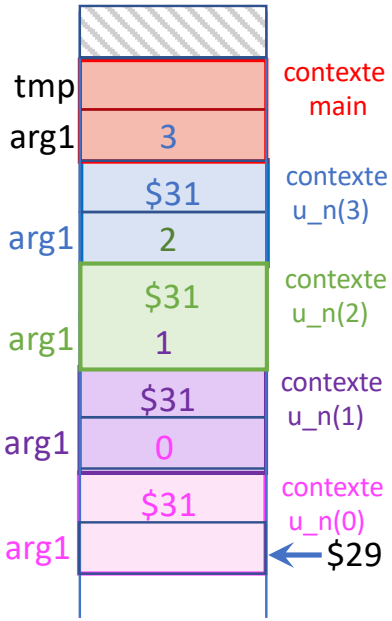
Après le prologue du main

Dans l'appel à u_n(3), après le prologue

Dans l'appel à u_n(2), après le prologue

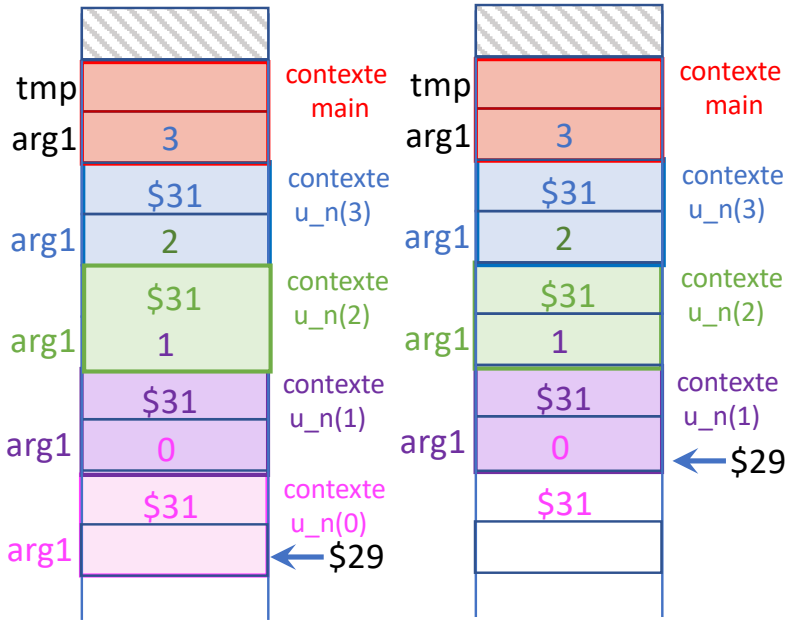
Dans l'appel à u_n(1), après le prologue

Évolution de la pile



Dans l'appel à u_n(0),
après le prologue

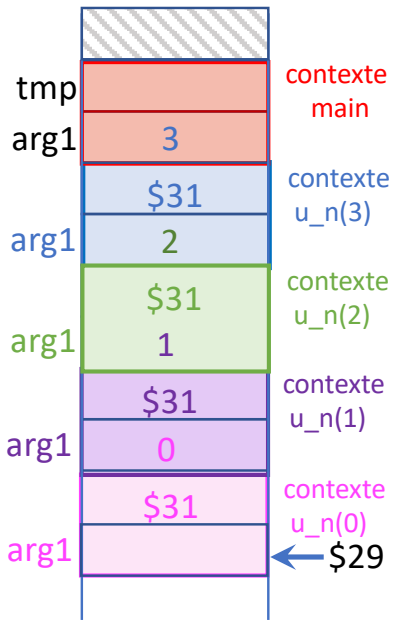
Évolution de la pile



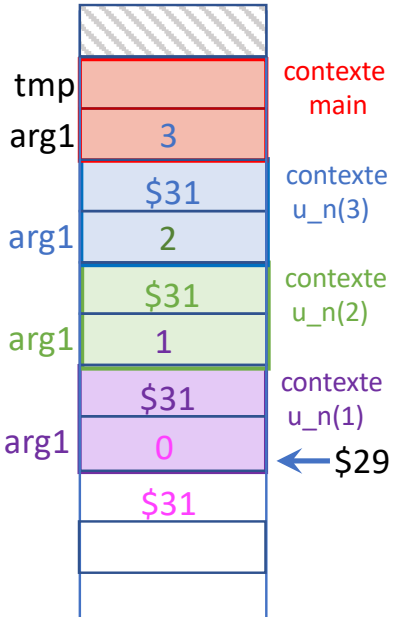
Dans l'appel à u_n(0), après le prologue

Dans l'appel à u_n(1), après l'appel récursif

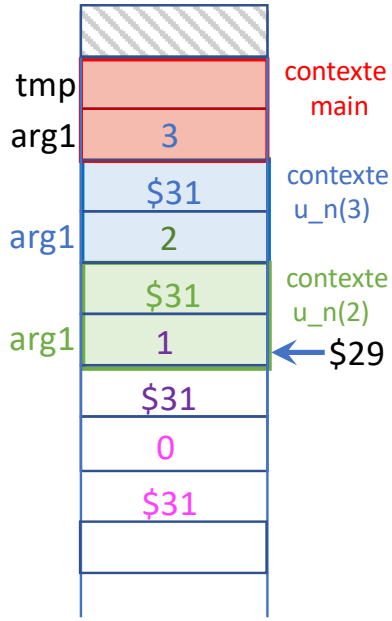
Évolution de la pile



Dans l'appel à u_n(0), après le prologue

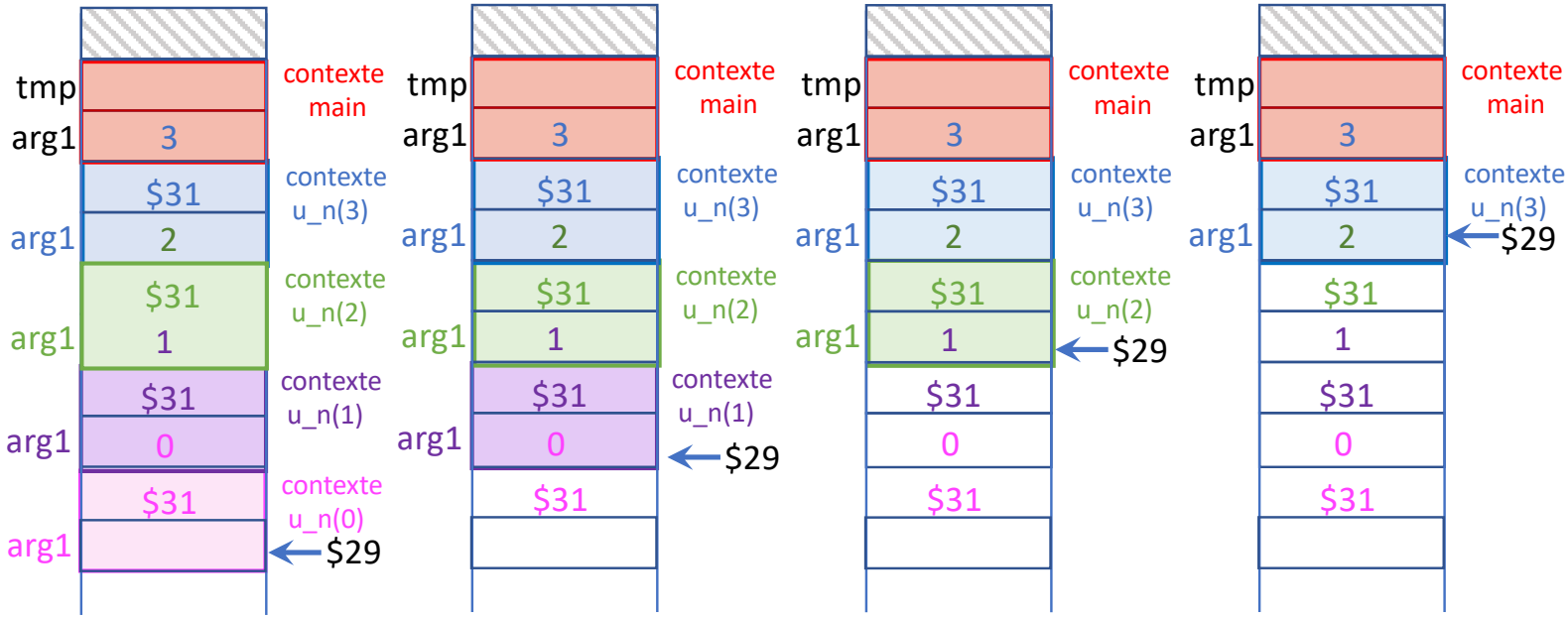


Dans l'appel à u_n(1), après l'appel récursif



Dans l'appel à u_n(2), après l'appel récursif

Évolution de la pile



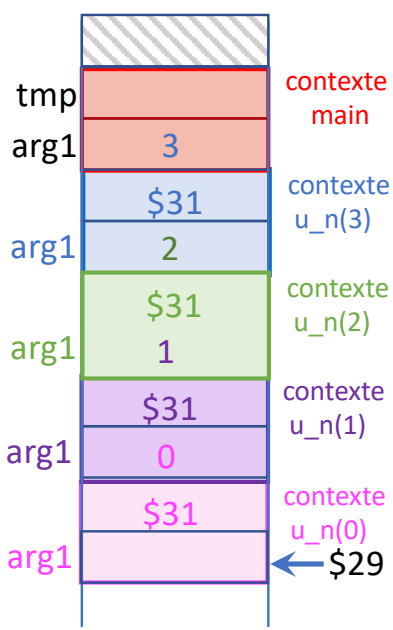
Dans l'appel à u_n(0), après le prologue

Dans l'appel à u_n(1), après l'appel récursif

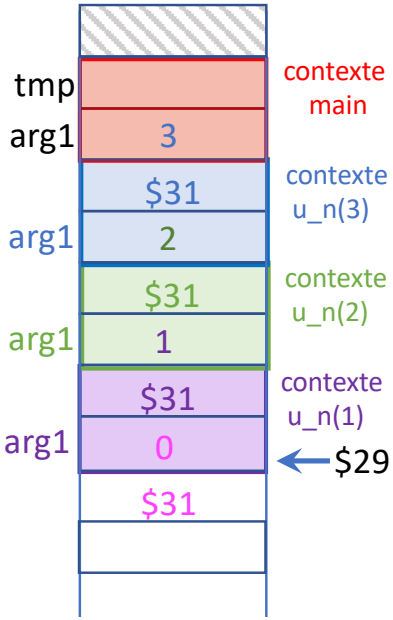
Dans l'appel à u_n(2), après l'appel récursif

Dans l'appel à u_n(3), après l'appel récursif

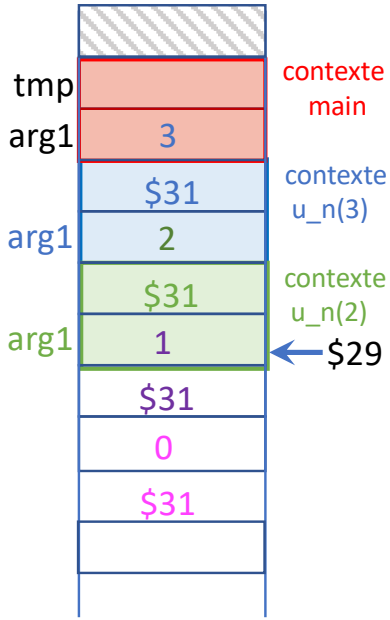
Évolution de la pile



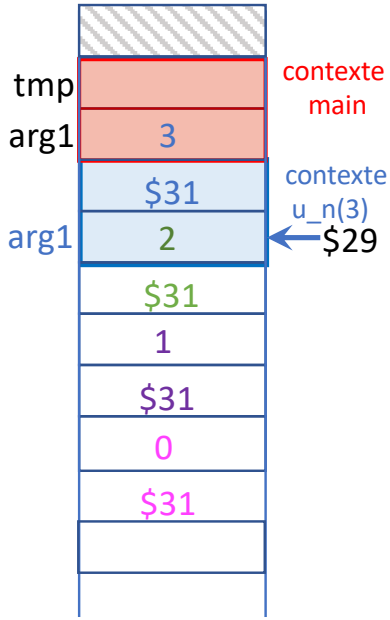
Dans l'appel à u_n(0), après le prologue



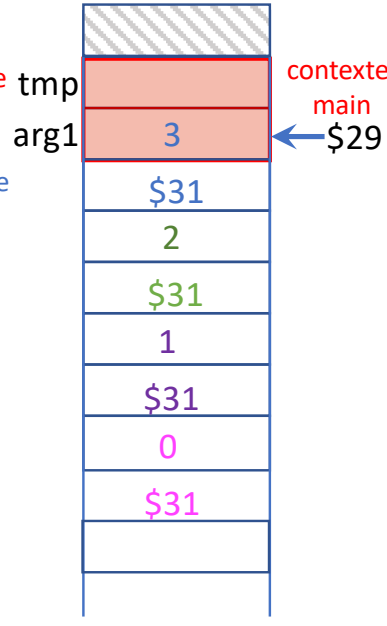
Dans l'appel à u_n(1), après l'appel récursif



Dans l'appel à u_n(2), après l'appel récursif

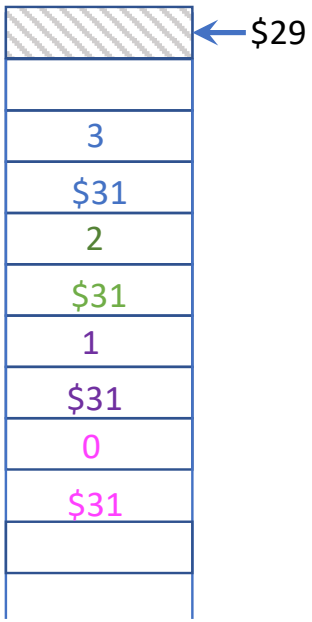


Dans l'appel à u_n(3), après l'appel récursif



Dans le main après appel à u_n(3)

Évolution de la pile



À la fin du main
avant le exit()

Paramètres passés par valeur versus par adresse

```
int x = 2, y = 4, z = 5, tmp;

void main(){
  max2bis(x,y,&tmp);
  max2bis(tmp,z,&tmp);
  printf("%d",tmp);
  exit();
}

void max2bis(int a, int b, int* res){
  if (a < b)
    *res = b;
  else
    *res = a;
  return;
}
```

- La fonction `max2bis` a 3 paramètres et ne renvoie pas de valeur
- Le 3ème paramètre est une adresse
- Le deuxième appel a pour 1er argument la valeur de `tmp` et pour 3ème argument l'adresse de la variable globale `tmp`.

Code exemple : programme principal (début)

```
.data
 x: .word 2
 y: .word 4
 z: .word 5
tmp: .space

.text
 addiu $29, $29, -12 # 3 mots : 0 var locale, 3 arg max

 # max2bis(x,y,&tmp)
 lui   $8, 0x1001      # @x dans $8 non persistant
 lw    $4, 0($8)       # 1er paramètre = x dans $4
 lw    $5, 4($8)       # 2ème paramètre = y dans $5
 ori   $6, $8, 12      # 3ème paramètre = &tmp dans $6
 jal   max2bis         # premier appel àmax2bis

 # max2bis(tmp,z,&tmp)
 lui   $8, 0x1001      # $8 non persistant => rechargement de @x
 lw    $4, 12($8)      # 1er paramètre = tmp dans $4
 lw    $5, 8($8)       # 2ème paramètre = z dans $5
 ori   $6, $8, 12      # 3ème paramètre = &tmp dans $6
 jal   max2bis         # second appel àmax2
 ...
```

Code exemple : programme principal (fin)

```
# printf("%d",tmp)
  lui    $8, 0x1001     # $8 non persistant => rechargement de @x
  lw     $4, 12($8)     # lecture tmp en mémoire
  ori    $2, $0, 1       # affichage
  syscall

# terminaison
  addiu $29, $29, +12 # désallocation emplacements pile
  ori    $2, $0, 10
  syscall
```

- C'est l'adresse de `tmp` qui est passée en 3ème paramètre, non sa valeur
- Pour le 2ème appel, la valeur de `tmp` est passée en 1er paramètre
- Au retour de chaque appel, il faut lire la valeur de `tmp`, modifiée par l'appel à `max2bis` (et recharger le contenu de `$8` avant) :
  après le premier pour la passer en paramètre au 2ème appel,
  après le 2ème appel pour l'afficher.
- On aurait pu utiliser `$16` au lieu de `$8` et éviter le rechargement car `$16` est persistant !

Code exemple : max2bis

```
max2bis:
  # prologue
  addiu $29, $29, -8 # nr = 1 ($16) + $31, nv = 0, arg_max = 0
  sw    $31, 4($29)
  sw    $16, 0($29)
  # corps de max2bis: $4 contient a, $5 contient b
  # $6 contient res qui désigne une adresse
  slt   $16, $4, $5    # $16 vaut 1 si a < b
  beq   $16, $0, a_max2
  sw    $5, 0($6)      # *res = b
  j     fin
a_max2:
  sw    $4, 0($6)      # *res = a
fin:
  # epilogue
  lw    $31, 4($29)
  lw    $16, 0($29)
  addiu $29, $29, +8
  jr    $31
```

- Notez les instructions d'écriture du résultat dans `*res`.
- Le 3ème argument, dans `$6`, contient une adresse, celle de la variable devant contenir le résultat

Variable locale paramètre par adresse

```
void main(){
  int x = 2, y = 4, z = 5, tmp;
  max2bis(x,y,&tmp);
  max2bis(tmp,z,&tmp);
  printf("%d",tmp);
  exit();
}

void max2bis(int a, int b, int* res){
  if (a < b)
    *res = b;
  else
    *res = a;
  return;
}
```

- Le 3ème argument des 2 appels est l'adresse de la variable locale `tmp`.
- Le deuxième appel a pour 1er argument la valeur de `tmp`.

Code exemple : programme principal (début)

```
.data
.text
 addiu $29, $29, -28  # 7 mots : 4 var locales + 3 arg max
 # x optimisée dans $16, y dans $17, z dans $18
 # tmp se trouve a $29+24
 ori   $16, $0, 2
 ori   $17, $0, 4
 ori   $18, $0, 5

 # max2bis(x,y,&tmp)
 ori   $4, $16, 0        # 1er paramètre = x dans $4
 ori   $5, $17, 0        # 2ème paramètre = y dans $5
 addiu $6, $29, 24     # 3ème paramètre = &tmp dans $6
 jal   max2bis            # premier appel àmax2bis

 # max2bis(tmp,z,&tmp)
 lw    $4, 24($29)      # 1er paramètre = tmp dans $4
 ori   $5, $18, 0       # 2ème paramètre = z dans $5
 addiu $6, $29, 24    # 3ème paramètre = &tmp dans $6
 jal   max2bis            # second appel àmax2
 ...
```

Code exemple : programme principal (fin)

```
# printf("%d",tmp)
  lw     $4, 24($29)     # lecture tmp
  ori    $2, $0, 1       # affichage
  syscall

# terminaison
  addiu $29, $29, +28 # désallocation emplacements pile?;
  ori    $2, $0, 10
  syscall
```

- L'adresse de `tmp` est relative au pointeur de pile `$29`.
- Le code est très proche de la version précédente, il faut juste adapter l'adresse de la variable.
- Bien sur si `tmp` était lue avant d'être écrite, il aurait fallu écrire sa valeur dans son emplacement sur la pile : l'optimisation en registre s'arrête lors de manipulation de valeur des variables locales via la pile.

Pour aller plus loin...

```c
int count_char(char c){
  int cpt = 0;
  int  i = 0;
  char ch[20];
  scanf("%s", ch);
  while (ch[i] ! = 0){
    if (ch[i] == c)
       cpt++;
  }
  return cpt;
}

void main(){
  printf("%d",count_char('a'));
  exit();
}
```

- La fonction `count_char` lit une chaine au clavier qu'elle stocke dans sa variable locale.
- Que se passe-t-il si la chaine fait plus de 20 charactères ?

Récursion terminale

```
int n = 3;
int u_n(int n){
  if (n == 0)
    return 42;
  else
    return 3*u_n(n-1) + 4;
}
int u_term(int n){
  return u_nterm(n, 42);
}
int u_nterm(int n, int u){
  if (n == 0)
    return u;
  else
    return u_term(n-1, 3*u + 4);
}
void main(){
  printf("%d", u_n(n));
  printf("%d", u_term(n));
  exit();
}
```

- La suite u_n est : u_0 vaut 42 et $u_n + 1 = 3 * u_n + 4$.
- Version recursive terminale possible via la fonction `u_term` qui appelle `u_nterm` avec la valeur de l'élément au rang 0
- La fonction `u_nterm` s'appelle elle-même, mais son résultat est celui de l'appel récursif (cas récursif), la récursion est récursive terminale.
- Ca change quoi en assembleur ?

Fonction u_nterm

```
u_nterm: # u_nterm(n,t) = t si n = 0 sinon u_nterm(n-1, 3*t+4)
   addiu $29, $29, -12 # na = 2 + nv = 0 + nr = 0 + $31
   sw    $31, 8($29)
   beq   $4, $0, fin_u_nterm0
   addiu $4, $4, -1 # n - 1
   ori   $6, $0, 3
   mult  $5, $6      # 3*t
   mflo  $5
   addiu $5, $5, 4   # 3*t+ 4
   jal   u_nterm     # u_nterm(n-1,3*t+4)
   j     fin_u_nterm
fin_u_nterm0:        # cas n = 0
   or    $2, $0, $5
fin_u_nterm:
   lw    $31, 8($29)
   addiu $29, $29, 12
   jr    $31
```

- La fonction `u_nterm` doit bien allouer son contexte et attendre la fin de l'appel récursif pour le désallouer et retourner à la fonction appelante... Ca ne change rien ici (le contexte est même plus gros !).
- Il faut "optimiser" si on veut gagner l'empilement des contextes : la fonction `u_nterm` n'a plus besoin de son contexte, et la fonction appelée (la même) a besoin exactement des mêmes emplacements, on peut le réutiliser !

Fonction `u_nterm` optimisée

```
u_nterm_opt : # u_nterm(n,t) = t si n = 0,
              # sinon vaut u_nterm(n-1, 3*t+4)
   beq   $4, $0, fin_unterm_opt
   ori   $6, $0, 3
   mult  $5, $6
   mflo  $5
   addiu $5, $5, 4    # 3*t + 4
   addiu $4, $4, -1   # n - 1
   j     u_nterm_opt # saut àu_term_opt avec $4 = n-1 et $5 = 3*t+4
fin_unterm_opt:
   or    $2, $0, $5   # $2 <- t
   jr    $31
```

- La fonction `u_term_opt` ne fait plus d'appel via `jal`, mais saute au début de la fonction en ayant changé les paramètres... cela devient une boucle !
- Ici plus de contexte du tout (pas de variable locale, ni sauvegarde de registre autre que `$31`), c'est possible avec un contexte en "bouclant" après le prologue et en le désallouant lorsque `n` vaut/atteint 0.
- Cette optimisation est réalisée par les compilateurs (elle s'appelle *tail call optimisation* – qui optimise aussi les fonctions "feuilles").

Ce qu'on a vu

Fonctions et appels de fonction en assembleur

- Rappel des conventions d'appel
- Ensemble d'exemples avec des fonctions imbriquées et des fonctions récursives
- Passage de paramètre par adresse
- La semaine prochaine : 3ème partie du cours avec Franck Wajsbürt !