# *Éléments d'informatique – Cours 4. Compilation. Instruction de contrôle* `for`.

Pierre Boudes

6 octobre 2010

- *Éléments d'architecture des ordinateurs (+mini-assembleur)* 
- *Éléments de systèmes d'exploitation*
- Programmation structurée impérative (éléments de langage C)
  - *Structure d'un programme C*
  - *Variables : déclaration (et initialisation), affectaction*
  - Évaluation d'expressions
  - Instructions de contrôle : *if*, for, while
  - Types de données : entiers, caractères, réels, tableaux, enregistrements
  - Fonctions d'entrées/sorties (scanf/printf)
  - Écriture et appel de fonctions
  - Débogage
- Notions de compilation
  - Analyse lexicale, analyse syntaxique, analyse sémantique
  - préprocesseur du compilateur C (include, define)
  - Édition de lien
- Algorithmes élémentaires
- Méthodologie de résolution, manipulation sous linux

# *Liens utiles*

- ma page : `http://www-lipn.univ-paris13.fr/~boudes/`
- Un livre de la BU : *Le livre du C, premier langage (pour les vrais débutants en programmation)*, Claude Delannoy.
- `http://www.siteduzero.com/` (chercher langage C)
- `http://www.developpez.com/` (chercher langage C)
- le cours de Anne Canteaut : `http://www-roc.inria.fr/secret/Anne.Canteaut/COURS_C/`
- le cours de Bernard Cassagne : `http://clips.imag.fr/commun/bernard.cassagne/Introduction_ANSI_C.html`
- le cours de Henri Garreta : `http://www.dil.univ-mrs.fr/~garreta/generique/`
- codeblocks : `http://www.codeblocks.org/`
- ubuntu : `http://www.ubuntu-fr.org/`
- virtualbox : `http://www.virtualbox.org/`

# *Compilation*

- *Compiler* un programme c'est traduire un texte (*code source*) d'un langage de haut niveau (langage C) en code de bas niveau (*code machine*), de manière à ce que le système d'exploitation puisse, au besoin, déclencher l'exécution de ce programme.

# *Compilation*

- *Compiler* un programme c'est traduire un texte (*code source*) d'un langage de haut niveau (langage C) en code de bas niveau (*code machine*), de manière à ce que le système d'exploitation puisse, au besoin, déclencher l'exécution de ce programme.**Dans un langage compilé, l'étape de traduction a lieu une fois pour toutes.**

# *Compilation*

- *Compiler* un programme c'est traduire un texte (*code source*) d'un langage de haut niveau (langage C) en code de bas niveau (*code machine*), de manière à ce que le système d'exploitation puisse, au besoin, déclencher l'exécution de ce programme.**Dans un langage compilé, l'étape de traduction a lieu une fois pour toutes.**
- *Interpréter*, c'est faire en même temps la traduction et l'exécution du texte d'un langage de haut niveau (un *script*). Un interprète simule ainsi un processeur capable d'exécuter le langage de haut niveau.

# *Compilation*

- *Compiler* un programme c'est traduire un texte (*code source*) d'un langage de haut niveau (langage C) en code de bas niveau (*code machine*), de manière à ce que le système d'exploitation puisse, au besoin, déclencher l'exécution de ce programme.**Dans un langage compilé, l'étape de traduction a lieu une fois pour toutes.**
- *Interpréter*, c'est faire en même temps la traduction et l'exécution du texte d'un langage de haut niveau (un *script*). Un interprète simule ainsi un processeur capable d'exécuter le langage de haut niveau. **Dans un langage interprété, l'étape de traduction a lieu à chaque exécution.**

# *Compilation*

- *Compiler* un programme c'est traduire un texte (*code source*) d'un langage de haut niveau (langage C) en code de bas niveau (*code machine*), de manière à ce que le système d'exploitation puisse, au besoin, déclencher l'exécution de ce programme.**Dans un langage compilé, l'étape de traduction a lieu une fois pour toutes.**
- *Interpréter*, c'est faire en même temps la traduction et l'exécution du texte d'un langage de haut niveau (un *script*). Un interprète simule ainsi un processeur capable d'exécuter le langage de haut niveau. **Dans un langage interprété, l'étape de traduction a lieu à chaque exécution.**
- Le langage C est traditionnellement un langage compilé.

# *Compilation*

Les cinq grandes étapes de la compilation :

1. Analyse lexicale
2. Analyse syntaxique
3. Analyse sémantique
4. Génération du code
5. Édition de liens

# *Analyse lexicale*

## *Analyse lexicale*

Identifie les *lexèmes* (unités lexicales du langage). Les espaces sont inutiles (`3*x+1` ou `3 * x + 1`), sauf comme séparateurs (`int x`, `intx`).

# *Analyse lexicale*

## *Analyse lexicale*

Identifie les *lexèmes* (unités lexicales du langage). Les espaces sont inutiles (`3*x+1` ou `3 * x + 1`), sauf comme séparateurs (`int x`, `intx`).

Erreur lexicale :

*code source* `int x = @;`

*compilation* `error: stray ‘@’ in program`

# *Analyse lexicale*

## *Analyse lexicale*

Identifie les *lexèmes* (unités lexicales du langage). Les espaces sont inutiles (`3*x+1` ou `3 * x + 1`), sauf comme séparateurs (`int x`, `intx`).

Erreur lexicale :

*code source* `int x = @;`

*compilation* `error: stray ‘@’ in program`

Erreur détectée uniquement au moment de l'analyse sémantique :

*code source* `intx = 0;`

*compilation* `error: ‘intx’ undeclared (first use in this function)`

# *Analyse syntaxique*

## *Analyse syntaxique*

trouve la structure syntaxique, (arbre syntaxique), et teste l'appartenance au langage.

# *Analyse syntaxique*

## *Analyse syntaxique*

trouve la structure syntaxique, (arbre syntaxique), et teste l'appartenance au langage.

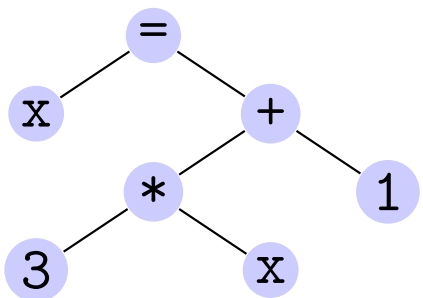
Exemple : dans l'expression `x = 3 * x + 1`, est-ce que la sous-suite `x + 1` correspond à une structure syntaxique ?

# *Analyse syntaxique*

## *Analyse syntaxique*

trouve la structure syntaxique, (arbre syntaxique), et teste l'appartenance au langage.

Exemple : dans l'expression `x = 3 * x + 1`, est-ce que la sous-suite `x + 1` correspond à une structure syntaxique ?

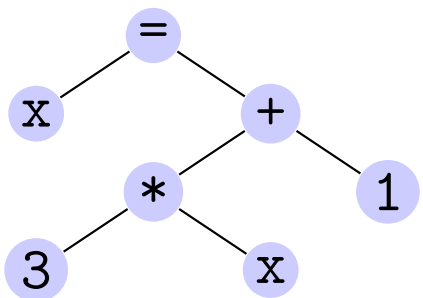


# *Analyse syntaxique*

## *Analyse syntaxique*

trouve la structure syntaxique, (arbre syntaxique), et teste l'appartenance au langage.

Exemple : dans l'expression `x = 3 * x + 1`, est-ce que la sous-suite `x + 1` correspond à une structure syntaxique ?




*code source* Un else sans if le précédant immédiatement (point-virgule mal placé ?)

*compilation* `error: expected expression before ‘else’`

# *Analyse sémantique*

## *Analyse sémantique*

trouver le sens des différentes actions voulues par le programmeur.

- Quels sont les objets manipulés par le programme,
- quelles sont les propriétés de ces objets,
- quelles sont les actions du programme sur ces objets.

# *Analyse sémantique*

## *Analyse sémantique*

trouver le sens des différentes actions voulues par le programmeur.

- Quels sont les objets manipulés par le programme,
- quelles sont les propriétés de ces objets,
- quelles sont les actions du programme sur ces objets.

Beaucoup d'erreurs peuvent apparaître durant cette phase : identificateur utilisé mais non déclaré (la réciproque génère un *warning* avec l'option `-Wall`), opération n'ayant aucun sens, etc.

*code source* variable `x` utilisée mais non déclarée

*compilation*
```
error: ‘x’ undeclared (first use in this
function)
```

# *Génération du code*

*Génération du code*

encodage en assembleur, optimisations et allocations des registres, traduction en code objet.

# *Édition de liens*

## *Édition de liens*

le code objet des fonctions externes (bibliothèques) est ajouté à l'exécutable. Le point d'entrée dans le programme est choisi (`main`). Insertion de données de débogage (option `-g`).

# *Édition de liens*

*Édition de liens*

le code objet des fonctions externes (bibliothèques) est ajouté à l'exécutable. Le point d'entrée dans le programme est choisi (`main`). Insertion de données de débogage (option `-g`).

*code source* Oublie de `stdio.h` et utilisation de `printf`.

*compilation*
```
warning: incompatible implicit declaration
of built-in function ‘printf’
```

# *Édition de liens*

*Édition de liens*

le code objet des fonctions externes (bibliothèques) est ajouté à l'exécutable. Le point d'entrée dans le programme est choisi (`main`). Insertion de données de débogage (option `-g`).

*code source* Oublie de `stdio.h` et utilisation de `printf`.

*compilation*
```
warning: incompatible implicit declaration
of built-in function ‘printf’
```

*code source* Pas de fonction principale (`main`)

*compilation*
```
Undefined symbols: "_main", ...
```

# *Édition de liens*

*Édition de liens*
le code objet des fonctions externes (bibliothèques) est ajouté à l'exécutable. Le point d'entrée dans le programme est choisi (`main`). Insertion de données de débogage (option `-g`).

*code source* Oublie de `stdio.h` et utilisation de `printf`.

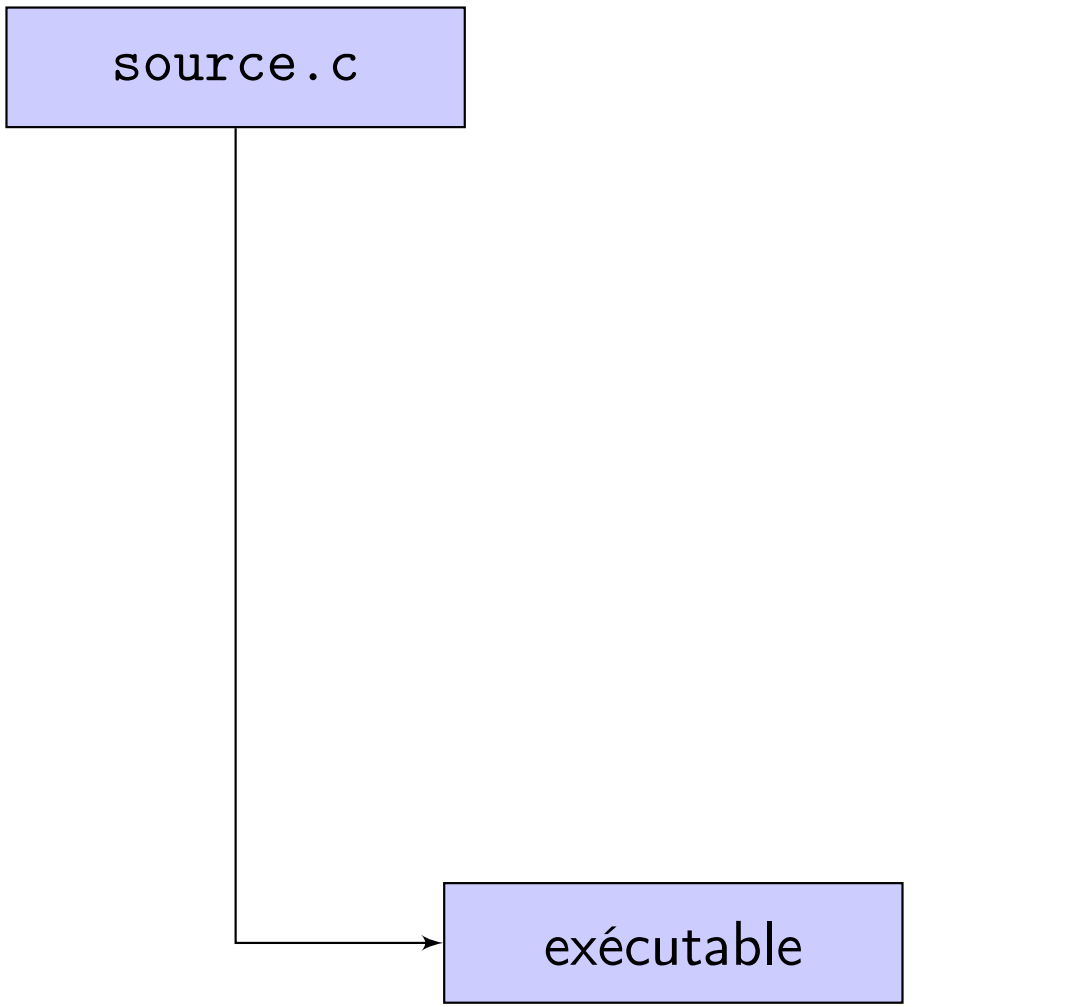
*compilation*
```
warning: incompatible implicit declaration
of built-in function ‘printf’
```

*code source* Pas de fonction principale (`main`)

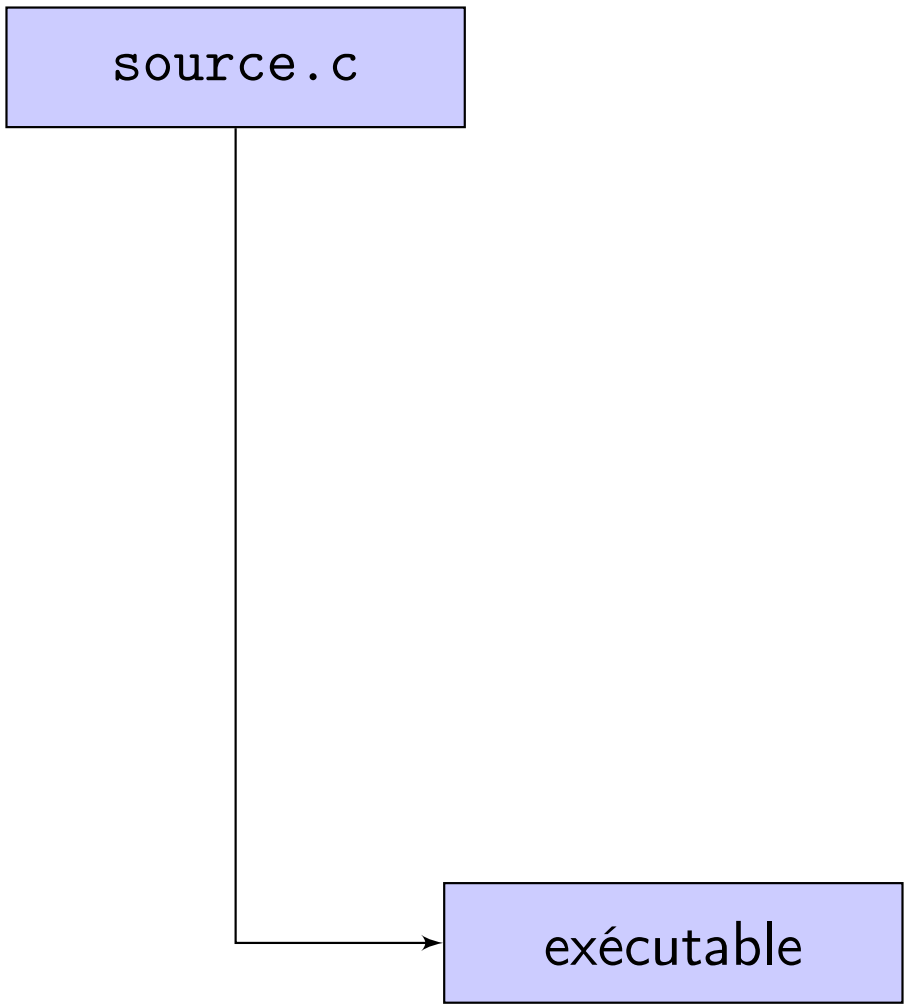
*compilation* `Undefined symbols: "_main", ...`

À votre avis : `Undefined symbols: "_prinft"` ?

# *La compilation en pratique (gcc)*

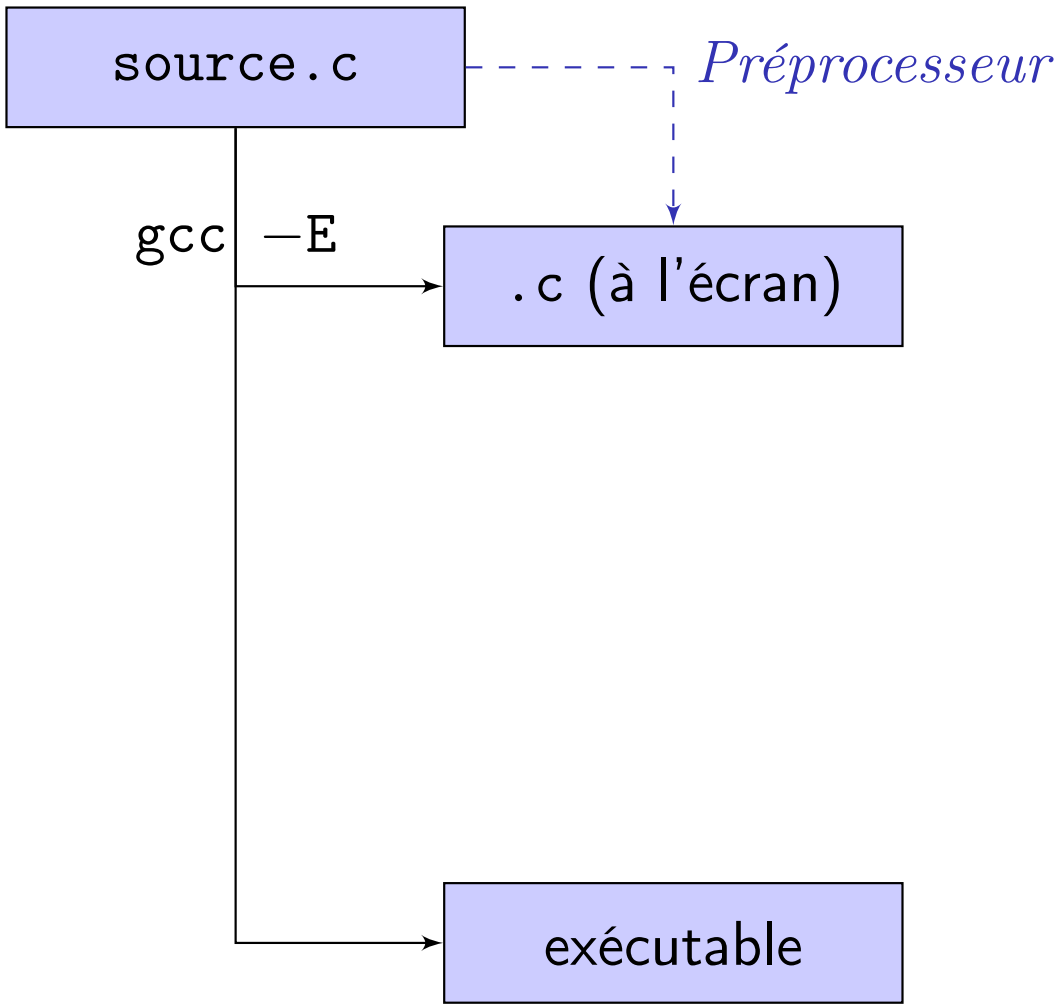


# *La compilation en pratique (gcc)*




```
gcc -Wall source.c -o nom
```

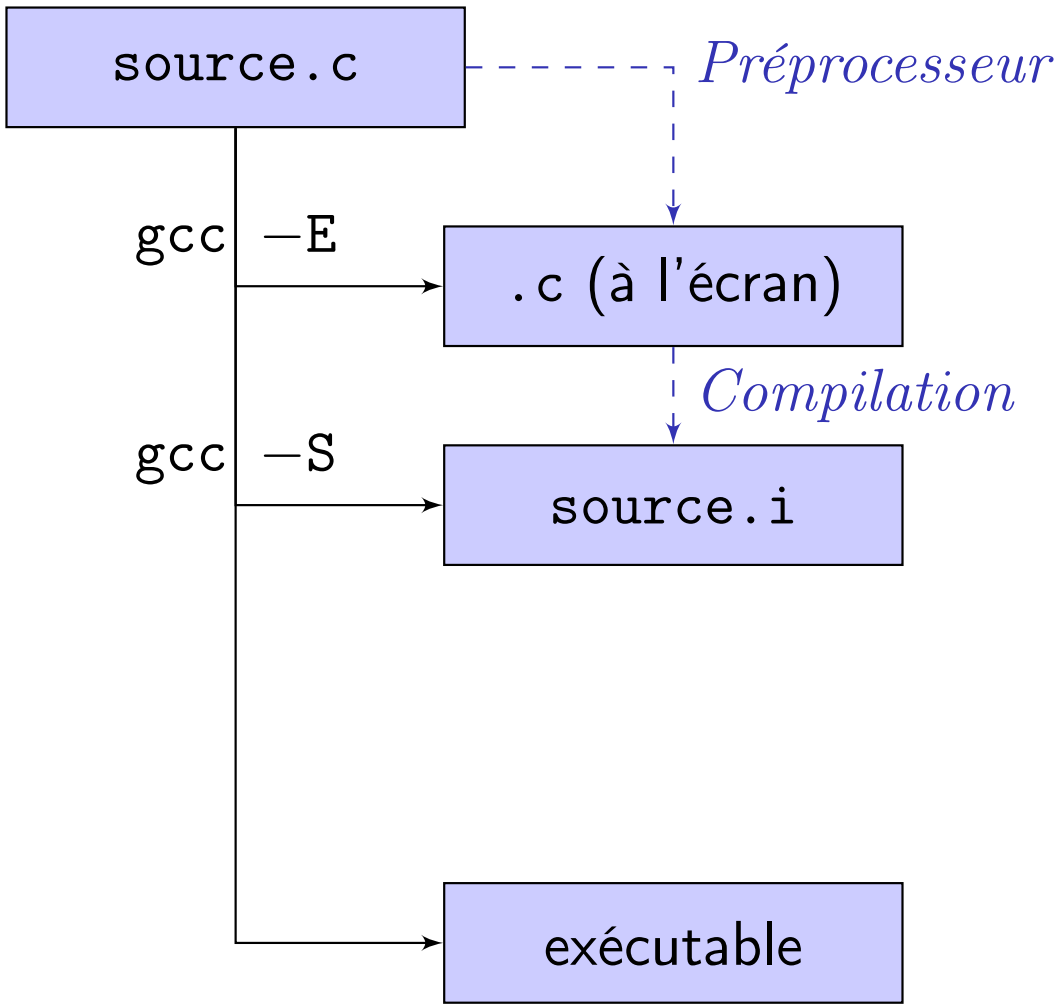
# *La compilation en pratique (gcc)*




Le préprocesseur enlève les commentaires et exécute les instructions commençant par un dièse : `#define` (rechercher-remplacer) et `#include` (insertion de fichier).

```
gcc −Wall source.c −o nom
```

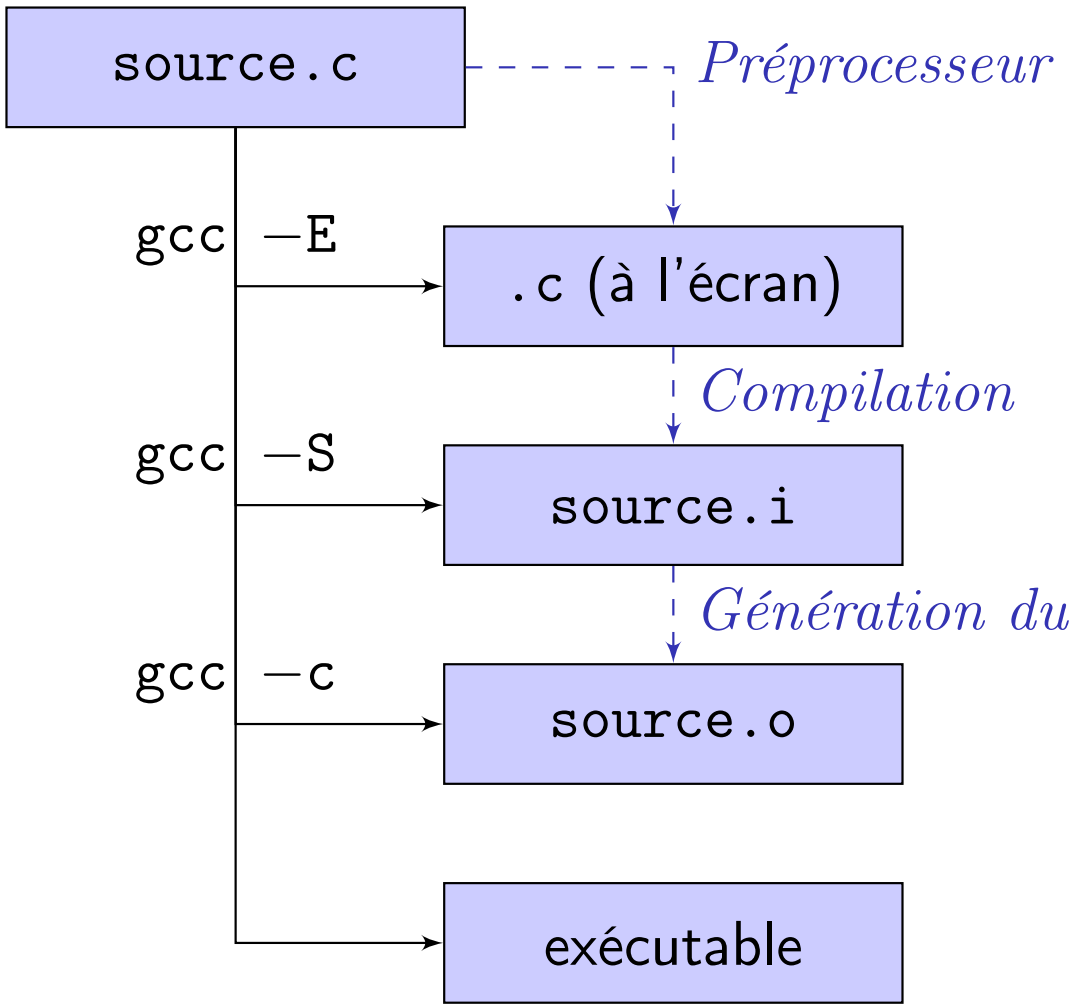
# *La compilation en pratique (gcc)*




Le préprocesseur enlève les commentaires et exécute les instructions commençant par un dièse : `#define` (rechercher-remplacer) et `#include` (insertion de fichier).

```
gcc −Wall source.c −o nom
```

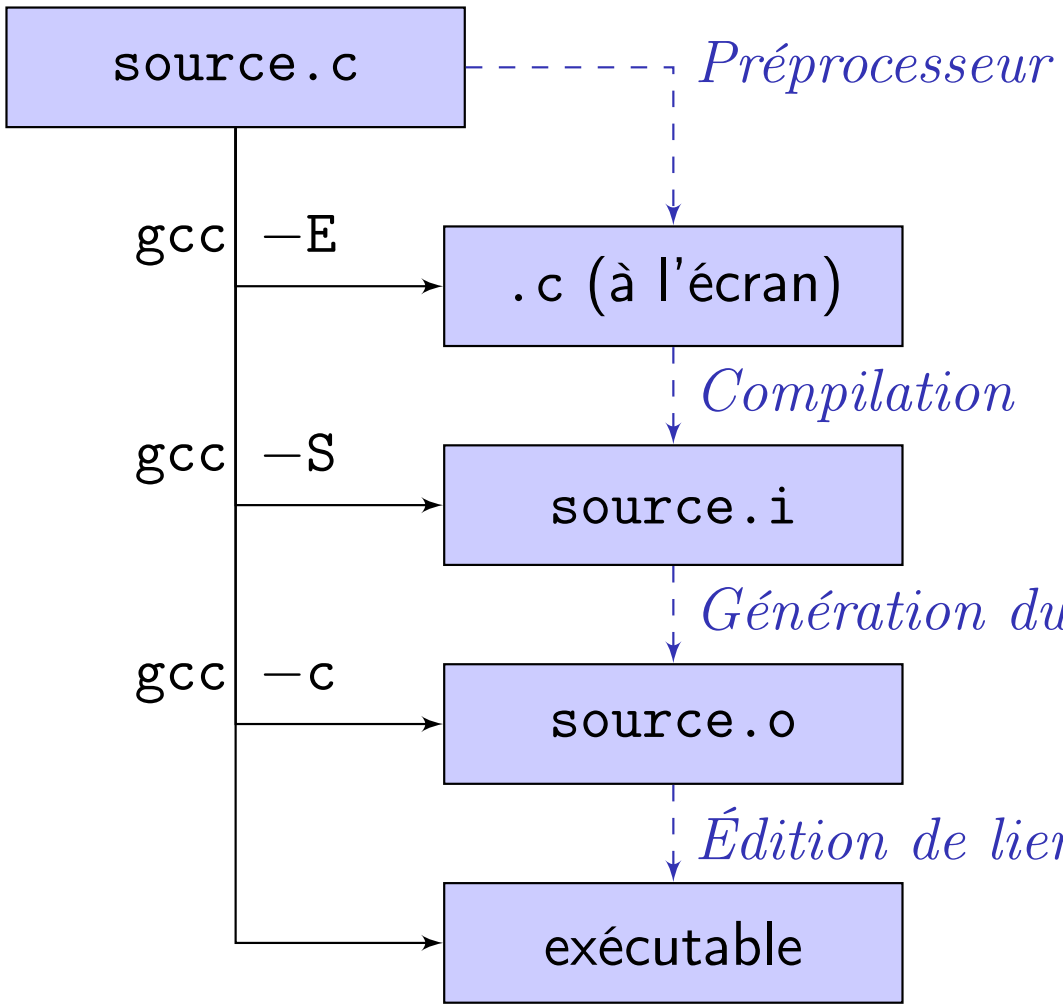
# *La compilation en pratique (gcc)*




Le préprocesseur enlève les commentaires et exécute les instructions commençant par un dièse : `#define` (rechercher-remplacer) et `#include` (insertion de fichier).

```
gcc -Wall source.c -o nom
```

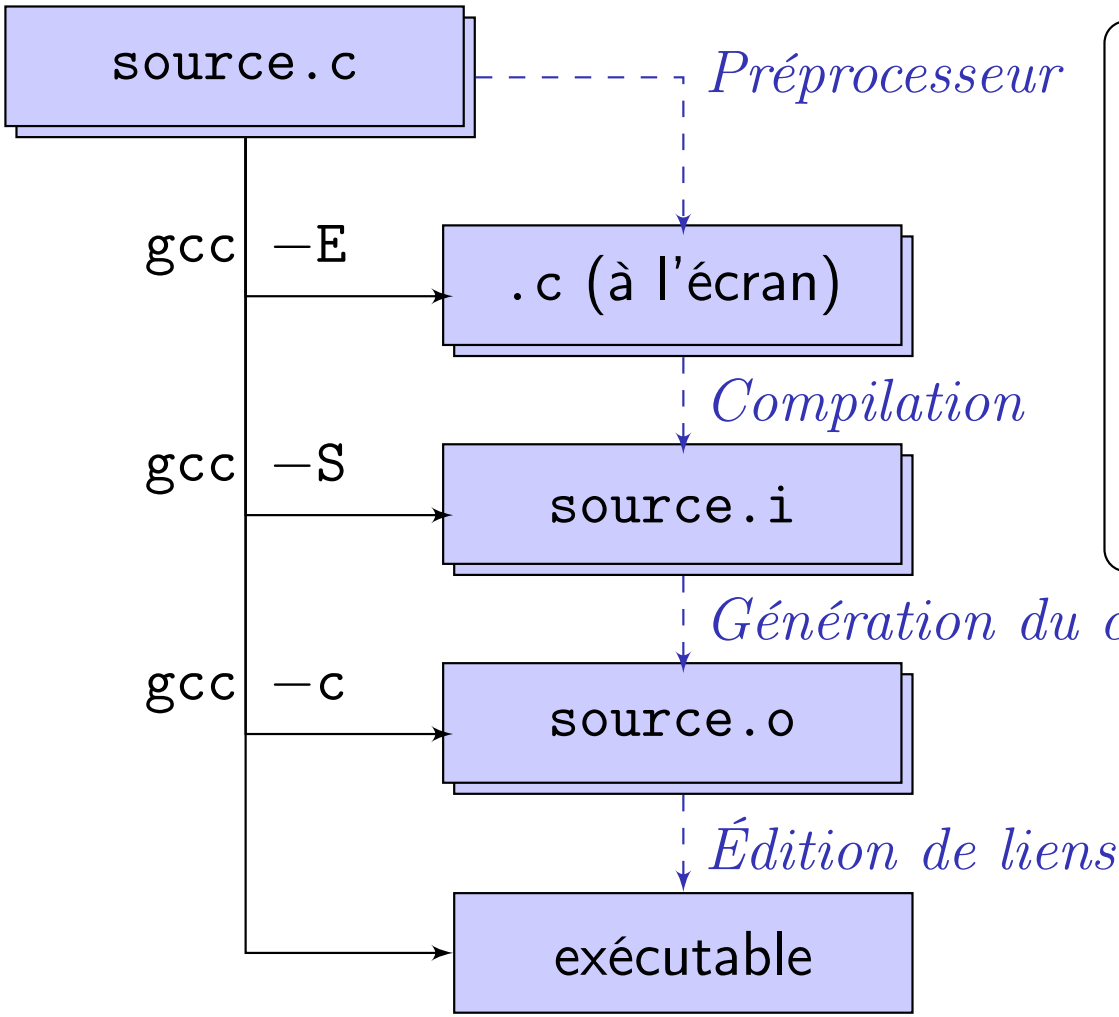
# *La compilation en pratique (gcc)*




Le préprocesseur enlève les commentaires et exécute les instructions commençant par un dièse : `#define` (rechercher-remplacer) et `#include` (insertion de fichier).

```
gcc -Wall source.c -o nom
```

# *La compilation en pratique (gcc)*




Le préprocesseur enlève les commentaires et exécute les instructions commençant par un dièse : `#define` (rechercher-remplacer) et `#include` (insertion de fichier).

```
gcc -Wall source.c -o nom
```

# *Rappel sur la programmation structurée*

*Definition (Programmation structurée)*

Programmer par *blocs* d'instructions en combinant ces blocs de trois manières :

1. exécuter les blocs les uns à la suite des autres (*séquence*)
2. si une certaine condition est vraie, exécuter un bloc sinon en exécuter un autre (*sélection*)
3. recommencer l'exécution d'un bloc tant qu'une certaine condition est vraie (*répétition*).

Un bloc peut lui-même contenir une combinaison de blocs.

# *Rappel sur la programmation structurée*

*Definition (Programmation structurée)*

Programmer par *blocs* d'instructions en combinant ces blocs de trois manières :

1. exécuter les blocs les uns à la suite des autres (*séquence*)
2. si une certaine condition est vraie, exécuter un bloc sinon en exécuter un autre (*sélection*)
3. recommencer l'exécution d'un bloc tant qu'une certaine condition est vraie (*répétition*).

Un bloc peut lui-même contenir une combinaison de blocs.

Aujourd'hui nous allons voir une première forme de répétition en C, le `for`. Avant cela nous revenons sur la sélection (le `if` ou `if else`).

# *Rappels sur l'instruction de contrôle if*

*Syntaxe :* `if (condition) { bloc1 } else { bloc2 }.`

*Code source*

```
/* avant */
if (age < 18)
{
  permis = 0;
}
else
{
  permis = 1;
}
/* après */
```

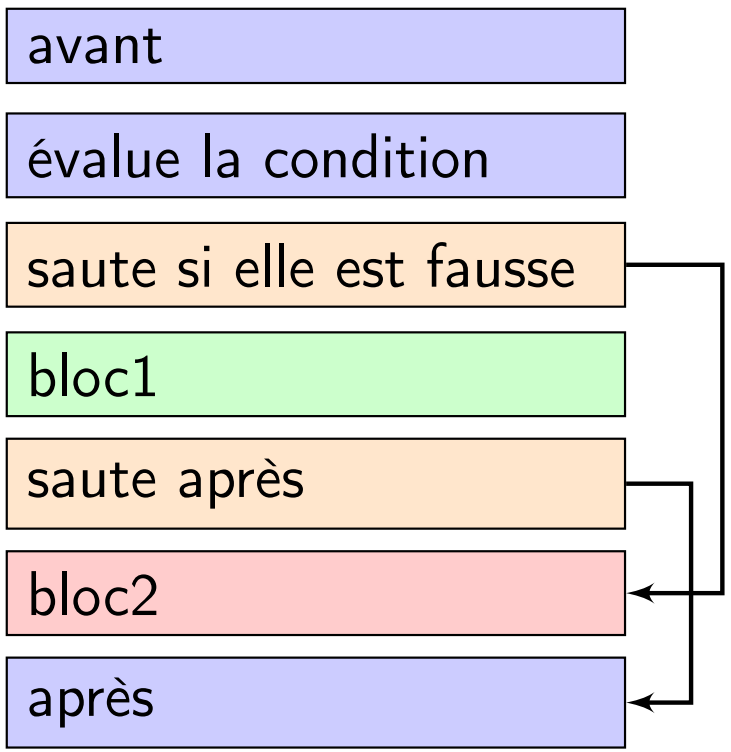
# *Rappels sur l'instruction de contrôle if*

*Syntaxe :* `if (condition) { bloc1 } else { bloc2 }.`

*Code source*

```
/* avant */
if (age < 18)
{
  permis = 0;
}
else
{
  permis = 1;
}
/* après */
```

*Schéma de traduction*



# *L'instruction de contrôle for*

*Syntaxe :*

`for (instruct1; condition; instruct2) { bloc }.`

# *L'instruction de contrôle for*

*Syntaxe :*

`for (instruct1; condition; instruct2) { bloc }.`

*Code source*

```
/* avant */
for (i = 0; i < 5; i = i + 1)
{
  printf("%d\n", i);
  ...
}
/* après */
```

La variable `i` est appelée variable de boucle, elle doit être préalablement déclarée comme toute autre variable.

# *L'instruction de contrôle for*

*Syntaxe :*

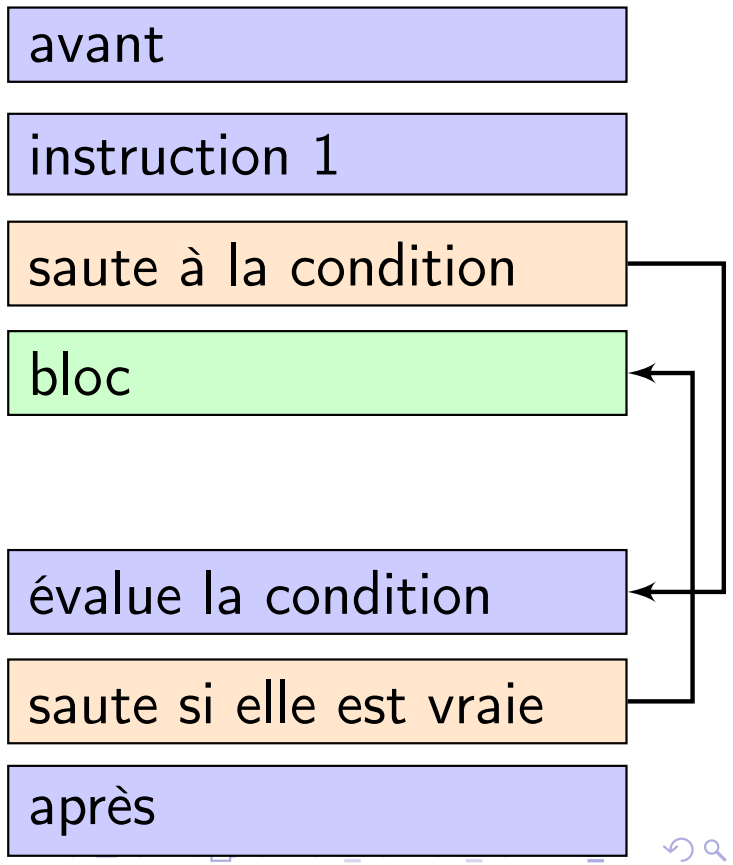
`for (`*instruct1*`;` *condition*`;` *instruct2*`) {` *bloc* `}`.

*Code source*

```
/* avant */
for (i = 0; i < 5; i = i + 1)
{
  printf("%d\n", i);
  ...
}
/* après */
```

La variable `i` est appelée variable de boucle, elle doit être préalablement déclarée comme toute autre variable.

*Schéma de traduction*



# *L'instruction de contrôle for*

*Syntaxe :*

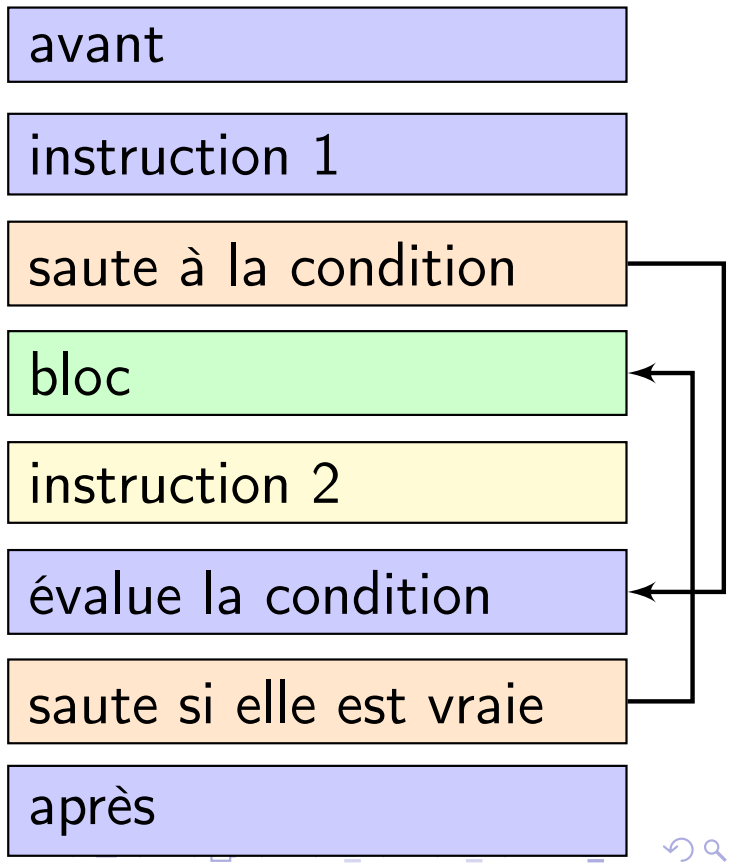
`for (instruct1; condition; instruct2) { bloc }.`

*Code source*

```
/* avant */
for (i = 0; i < 5; i = i + 1)
{
  printf("%d\n", i);
  ...
}
/* après */
```

La variable `i` est appelée variable de boucle, elle doit être préalablement déclarée comme toute autre variable.

*Schéma de traduction*



# *Démos*

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| | | |

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| | | |

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| | | |

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |

# *Trace*

```
1   int main()
2   {
3     /* Declaration et initialisation de variables */
4    int i; /* var. de boucle */
5
6     for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7     {
8       printf("etape␣%d\n", i);
9     }
10    printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12    return EXIT_SUCCESS;
13  }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |

# *Trace*

```
1   int main()
2   {
3     /* Declaration et initialisation de variables */
4    int i; /* var. de boucle */
5
6     for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7     {
8       printf("etape␣%d\n", i);
9     }
10    printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12    return EXIT_SUCCESS;
13  }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |
| 8 | | etape 1 |

# *Trace*

```
1   int main()
2   {
3     /* Declaration et initialisation de variables */
4    int i; /* var. de boucle */
5
6     for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7     {
8       printf("etape␣%d\n", i);
9     }
10    printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12    return EXIT_SUCCESS;
13  }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |
| 8 | | etape 1 |
| 9 | 2 | |

# *Trace*

```
1   int main()
2   {
3     /* Declaration et initialisation de variables */
4    int i; /* var. de boucle */
5
6     for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7     {
8       printf("etape␣%d\n", i);
9     }
10    printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12    return EXIT_SUCCESS;
13  }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |
| 8 | | etape 1 |
| 9 | 2 | |
| 8 | | etape 2 |

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |
| 8 | | etape 1 |
| 9 | 2 | |
| 8 | | etape 2 |
| 9 | 3 | |

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |
| 8 | | etape 1 |
| 9 | 2 | |
| 8 | | etape 2 |
| 9 | 3 | |
| 10 | | i vaut 3 |

# *Trace*

```
1  int main()
2  {
3    /* Declaration et initialisation de variables */
4   int i; /* var. de boucle */
5
6    for (i = 0; i < 3; i = i + 1) /* pour chacune des 3 etapes */
7    {
8      printf("etape␣%d\n", i);
9    }
10   printf("i␣vaut␣%d\n", i);
11
12   return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

| ligne | i | sortie écran |
|---|---|---|
| initialisation | ? | |
| 6 | 0 | |
| 8 | | etape 0 |
| 9 | 1 | |
| 8 | | etape 1 |
| 9 | 2 | |
| 8 | | etape 2 |
| 9 | 3 | |
| 10 | | i vaut 3 |
| 12 | Renvoie EXIT_SUCCESS | |

# *printf/scanf (1)*

- Pour afficher un texte à l'écran, nous utilisons la fonction printf (*print formatted*).
- Chaque % dans le texte à afficher est substitué par la valeur formatée d'un paramètre supplémentaire de la fonction. Le caractère suivant le symbole % détaille la conversion à utiliser. La conversion %d met une valeur au format entier décimal.

# *printf/scanf (1)* 

- Pour afficher un texte à l'écran, nous utilisons la fonction printf (*print formatted*).
- Chaque % dans le texte à afficher est substitué par la valeur formatée d'un paramètre supplémentaire de la fonction. Le caractère suivant le symbole % détaille la conversion à utiliser. La conversion %d met une valeur au format entier décimal.
- Exemples :
  - `printf("Bonjour\n")` affiche `Bonjour` et un saut de ligne

# *printf/scanf (1)*

- Pour afficher un texte à l'écran, nous utilisons la fonction printf (*print formatted*).
- Chaque % dans le texte à afficher est substitué par la valeur formatée d'un paramètre supplémentaire de la fonction. Le caractère suivant le symbole % détaille la conversion à utiliser. La conversion %d met une valeur au format entier décimal.
- Exemples :
  - `printf("Bonjour\n")` affiche `Bonjour` et un saut de ligne
  - `printf("i vaut %d\n", i)` affiche `i vaut` suivi de la valeur décimale de i (et d'un saut de ligne)

# *printf/scanf (1)*

- Pour afficher un texte à l'écran, nous utilisons la fonction printf (*print formatted*).
- Chaque % dans le texte à afficher est substitué par la valeur formatée d'un paramètre supplémentaire de la fonction. Le caractère suivant le symbole % détaille la conversion à utiliser. La conversion %d met une valeur au format entier décimal.
- Exemples :
  - `printf("Bonjour\n")` affiche `Bonjour` et un saut de ligne
  - `printf("i vaut %d\n", i)` affiche `i vaut` suivi de la valeur décimale de i (et d'un saut de ligne)
  - `printf("(%d, %d)\n", 31, -4)` affiche `(31, -4)` et un saut de ligne.

# *printf/scanf (1)*

- Pour afficher un texte à l'écran, nous utilisons la fonction printf (*print formatted*).
- Chaque % dans le texte à afficher est substitué par la valeur formatée d'un paramètre supplémentaire de la fonction. Le caractère suivant le symbole % détaille la conversion à utiliser. La conversion %d met une valeur au format entier décimal.
- Exemples :
  - `printf("Bonjour\n")` affiche `Bonjour` et un saut de ligne
  - `printf("i vaut %d\n", i)` affiche `i vaut` suivi de la valeur décimale de i (et d'un saut de ligne)
  - `printf("(%d, %d)\n", 31, -4)` affiche `(31, -4)` et un saut de ligne.
- Réciproquement pour faire entrer dans le programme une donnée saisie par l'utilisateur, nous utiliserons `scanf`.
- Exemple : `scanf("%d", &x)`

# *Démos*