

# Programmation avancée

# Rekursivité

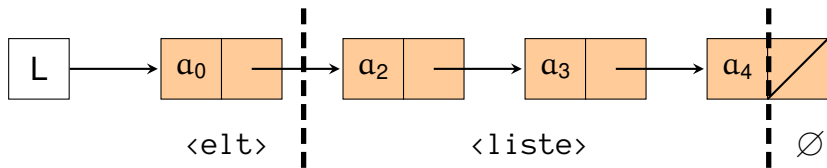
Walter Rudametkin

Walter.Rudametkin@polytech-lille.fr  
<https://rudametw.github.io/teaching/>

Bureau F011  
Polytech Lille

CM4

# La récursivité: Liste chaînée



- ▶ Structure de données récursive :  
 $\langle \text{liste} \rangle ::= \langle \text{elt} \rangle \langle \text{liste} \rangle \mid \emptyset$

## Déclaration

```
type Liste = pointeur de Cellule
type Cellule = structure
  valeur : <T>
  suivant : Liste
fin
```

Récursivité croisée  
(ou indirecte)

# La récursivité

- ▶ Une entité (SD, algorithme) est récursive si elle se définit à partir d'elle même
- ▶ Algorithmes récursifs (exemple : factorielle, fibonacci)

## Exemple d'algo récursive: Factorielle

### ▶ Analyse récurrente

- ▶  $n! = n * (n - 1)!$
- ▶  $0! = 1$

### ▶ Écriture fonctionnelle

▶  $\text{fact}(n) = n * \text{fact}(n-1)$

▶  $\text{fact}(0) = 1$

▶ Cas général, récursif

▶ Cas primitif, terminal

# Factorielle

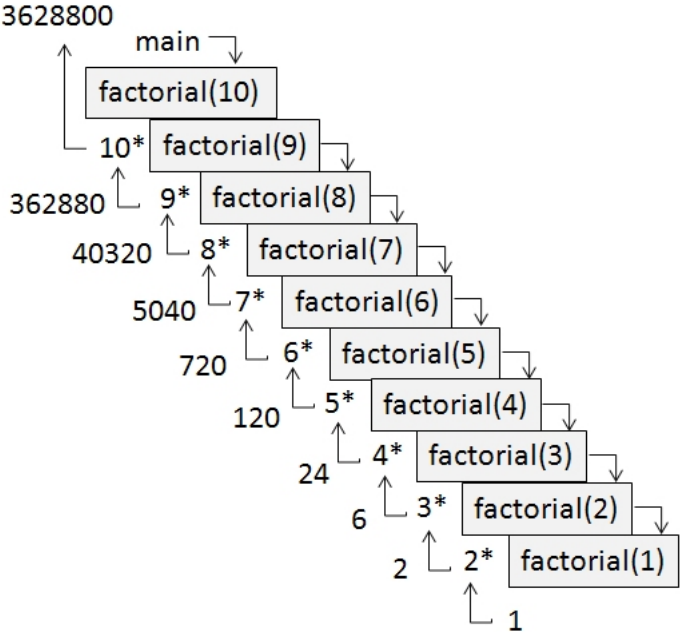
## Algorithme

```
fonction fact(n) : entier
  D : n : entier
  L : f : entier
  si n = 0 alors
    f ← 1
  sinon
    f ← n * fact(n-1)
  fsi
  retourner(f)
ffonction
```

## Fonction en C

```
int fact (int n) {
    if (n==0)
        return 1;
    else
        return(n * fact(n-1));
}
```

# Exemple d'exécution d'une factorielle



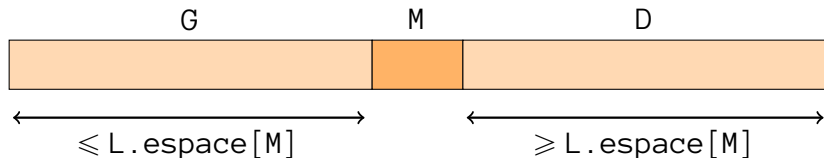
# Conception récursive d'algorithmes

## 3 parties

- ▶ **Cas généraux récurrents:**  
Résolution du problème par lui-même
- ▶ **Cas terminaux non récurrents:**  
Résolution immédiate du problème)
- ▶ **Conditions de terminaison**

# Exemple : Suite de Fibonacci

# Recherche dichotomique dans une liste contiguë: trouver l'élément $x$



- ▶ Dichotomie sur  $L . \text{espace}$
- ▶ **Cas général:**  $X \neq L . \text{espace} [M] \Rightarrow$  dichotomie à gauche ou à droite
- ▶ **Cas terminal :**  $X = L . \text{espace} [M]$
- ▶ **Condition de terminaison :**  $G > D$  (non trouvé)



# Recherche dichotomique: liste contiguë

Action Dichotomie(L,X,G,D,pos,existe)

D : L : liste contiguë d'entiers

X, G, D : entier

R : pos: entier ; existe : booléen

L : M : entier

Si  $G > D$  Alors

existe  $\leftarrow$  faux

Sinon

M  $\leftarrow$  (G + D) / 2

Si X = L.espace[M] Alors

existe  $\leftarrow$  vrai

pos  $\leftarrow$  M

Sinon

Si X < L.espace[M] Alors

dichotomie(L,X,G,M-1,pos,existe)

Sinon

dichotomie(L,X,M+1,D,pos,existe)

Fsi

Fsi

Fsi

Faction

# Récurtivité sur les listes

## SD récursives $\Rightarrow$ algorithmes récursifs

▶  $\langle \text{liste} \rangle ::= \emptyset \mid \langle \text{elt} \rangle \langle \text{liste} \rangle$

où :

- ▶  $\emptyset \rightarrow$  cas terminal
- ▶  $\langle \text{elt} \rangle \rightarrow$  traitement de l'élément (éventuellement cas terminal)
- ▶  $\langle \text{liste} \rangle \rightarrow$  traitement récursif (cas général)

# Récurtivité sur les listes

## Longueur d'une liste

- ▶  $L = \langle \text{elt} \rangle \langle \text{liste} \rangle$   
longueur(L) = 1 + longueur(L↑ •suivant)
- ▶  $L = \emptyset$   
longueur(L) = 0

## Algorithme

```
fonction longueur (L) : entier
  D : L : liste
  Si L = NULL Alors
    retourner(0)
  Sinon
    retourner(1 + longueur(L↑ •suivant))
  Fsi
ffonction
```

# La récursivité : inverser() récursive

## Inverser une suite de caractères

- ▶  $s = \langle c_1, c_2, \dots, c_n, \bullet \rangle : \text{inverser} \langle c_n, \dots, c_2, c_1 \rangle$
- ▶ cas généraux et terminaux ? conditions de terminaison ?

## Algorithme

```
Action inverser()  
  L : c : caractère  
  lire(c)  
  Si  $c \neq \bullet$  Alors  
    inverser()  
    écrire(c)  
  Fsi  
Faction
```

# La récursivité : inverser() itérative

- ▶ mémoriser les caractères lus séquentiellement
- ▶ les restituer en ordre inverse de leur mémorisation
- ▶ ⇒ mémorisation en pile

## Algorithme

Action inverser()

L: c : caractère, P : Pile de caractères

lire(c)

TQ c ≠ '•'

Faire empiler(P, c); lire(c);

Fait

{restituer en ordre inverse}

TQ non pileVide(P) Faire

dépiler(P,c) ; écrire(c);

Fait

Faction

# La récursivité : pile d'exécution d'un langage

- ▶ Mémorise le contexte appelant lors d'un appel de fonction
- ▶ Restitue ce contexte lors du retour

## Exemple

```
void inverse(){
    char c;
    c = getchar();
    if (c != '.') {
        inverse() ; putchar(c);
    }
}
```

# La récursivité : pile d'exécution d'un langage

## Schéma d'exécution

# La récursivité : conséquences

- ▶ Fournit une méthode pour traduire itérativement (à l'aide d'une pile) des algorithmes récursifs = la dérécursivisation
- ▶ Récursivité  $\Rightarrow$  surcoût dû à la pile
  - ▶ exemple : dichotomie, factorielle, longueur
  - ▶ contre-exemple : inverser (en général pour une récursivité non terminale)
- ▶ Intérêt général quand elle facilite l'analyse algorithmique d'un problème (récursif par nature; ex : SD récursive)
- ▶ Intérêt pour la parallélisation des tâches



# La récursivité : insertion liste ordonnée

## Insertion de $x$ dans une liste ordonnée

- ▶  $L = \emptyset \Rightarrow L = \langle x \rangle$
- ▶  $L = \langle \text{elt} \rangle \langle L' \rangle$ 
  - ▶  $x \leq \langle \text{elt} \rangle \Rightarrow L = \langle x, \text{elt} \rangle \langle L' \rangle$
  - ▶  $x > \langle \text{elt} \rangle \Rightarrow$  insérer  $x$  dans  $\langle L' \rangle$

# La récursivité : insertion liste ordonnée

```
Action insérer(L, x)
  D/R : L : liste de <T>
  D : x : <T>
  Si L =  $\emptyset$  Alors
    ajoutTête(L, x)
  Sinon
    Si  $x \leq L \uparrow \bullet \text{valeur}$  Alors
      ajoutTête (L, x)
    Sinon
      insérer(L $\uparrow \bullet$ suivant, x)
  Fsi
Fsi
Faction
```

# La récursivité : insertion liste ordonnée

```
1 void inserer(liste *pL, int x){
2     if ( (*pL == NULL) || (x <= (*pL)->valeur) )
3         ajoutTête(pL, x);
4     else
5         inserer( &(*pL)->suivant, x);
6 }
7
8 void ajoutTête(liste *pL, int x){
9     Ptcellule pt;
10    pt = malloc(*pt);
11    pt->valeur = x;
12    pt->suivant = *pL;
13    *pL = pt;
14 }
```

# La récursivité : insertion liste ordonnée

## Schéma d'exécution