Chapitre 7: Les listes linéaires

1. Introduction

Une liste linéaire(LL) est la représentation informatique d'un ensemble fini, de taille variable et éventuellement nul, d'éléments de type T. Untel ensemble est ordonnée.
Mathématiquement, on peut présenter une LL en énumérant ses éléments dans l'ordre.

On peut considérer une Pile comme un cas particulier de la SD Liste. Pour la SD pile, les adjonctions (empiler), les suppressions (depiler) et les recherches (dernier) sont faites par rapport au sommet. On dit que la SD pile est une structure à un seul point d'accès.

On peut considérer une File comme un cas particulier de la SD Liste. Pour la SD file, les adjonctions (enfiler) sont faites par rapport à la queue, les suppressions (défiler) et les recherches (premier) sont faites par rapport à la tête. On dit que la SD file est une structure à deux points d'accès.

Pour la SD LL, les adjonctions, les suppressions et les recherches ne sont pas faites systématiquement ni par rapport à la tête, ni par rapport à la queue.

2. Opérations sur la SD LL

On distingue : les opérations atomiques (ou élémentaires) et les opérations élaborés.

2.1 Les Opérations atomiques

On distingue :

créer_liste (ou init_Liste) : permettant de créer une liste linéaire vide.
liste_vide : permettant de voir si la liste linéaire est vide ou non ?

ajouter ou opération d'**adjonction** **: -** en tête : avant le premier

- en queue : après le dernier
- quelque part au milieu

supprimer un élément de la liste : - premier élément

- dernier élément
- quelque part au milieu

recherche : permettant de voir si un élément appartient dans une liste linéaire. Le point de départ peut être fourni comme paramètre.
Visiter : permettant de visiter tous les éléments de la SD LL en effectuant pour chaque élément visité une action donnée (paramètre). Cette action est connue sous le nom de traversée.

2.2 Les Opérations élaborés

On distingue :

Inversion permettant d'inverser une liste linéaire

ll=(a, b, c, d) ll_{inv}=(d, c, b, a)

supprimer_tous : permet de supprimer tous les éléments d'une liste donnée.

La **concaténation** permet de concaténer deux listes données.
ll_1=(a, b, c, d)

ll_2=(x, y, z, w, k)

La concaténation de ll1 et ll2 dans l'ordre (ordre significatif) donne :

Ll3=(a, b, c, d, x, y, z, w, k)

Fonction **Reste** (L : Liste) : Liste retourne les éléments de la liste L **sans le premier**

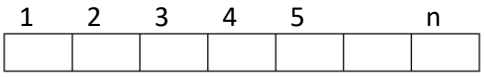
Fonction **Face** (L : Liste) : Liste retourne les éléments de la liste L **sans le dernier**

Fonction **Taille** (L : Liste) : entier retourne le nombre d'éléments de la liste L

3. Représentation physique

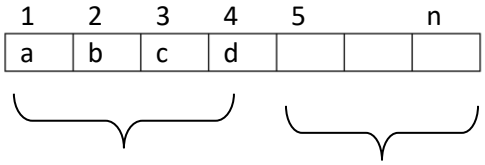
On distingue : représentation contiguë et représentation chaînée.

3.1 Représentation contiguë

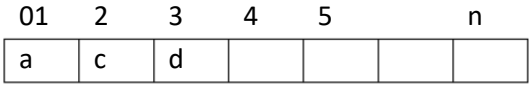


avec n est estimé a

Illustration : ll=(a, b, c, d) représentation abstraite

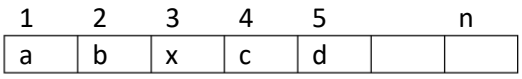


suppression : elle exige des décalages à gauche pour récupérer la position devenue disponible.
Exemple : supprimer b



recherche ➔ recherche dans un tableau, on fait appel aux algorithmes connus soit recherche séquentielle soit dichotomique

adjonction : elle exige des décalages à droite. Exemple : ajouter x après b.

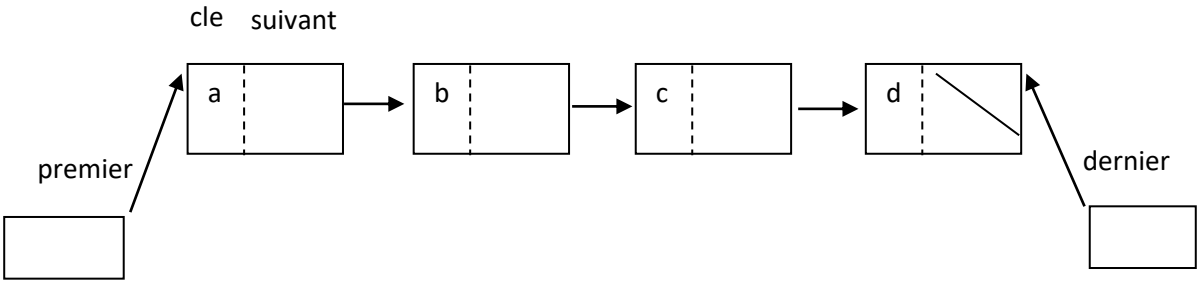


visiter : balayer tous les éléments d'un tableau dans la partie garnie.

3.2 Représentation chaînée

ll=(a, b, c, d)

variante 1 :



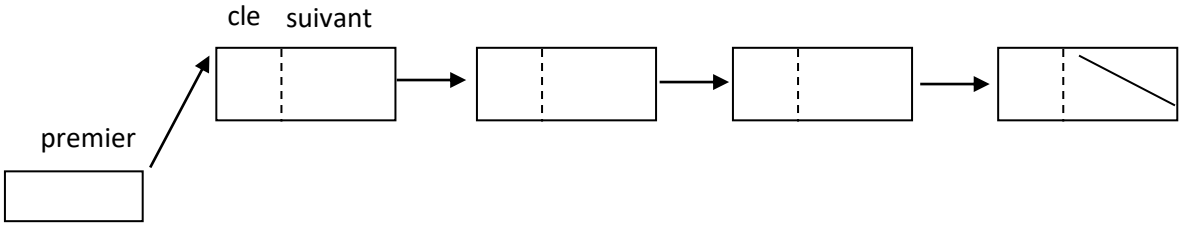
Représentation chainée ≠ liste linéaires

L'adjonction dans une liste linéaire (LL) concrétisée à l'aide d'une représentation chaînée n'exige pas de **décalages** contrairement à la représentation contiguë.

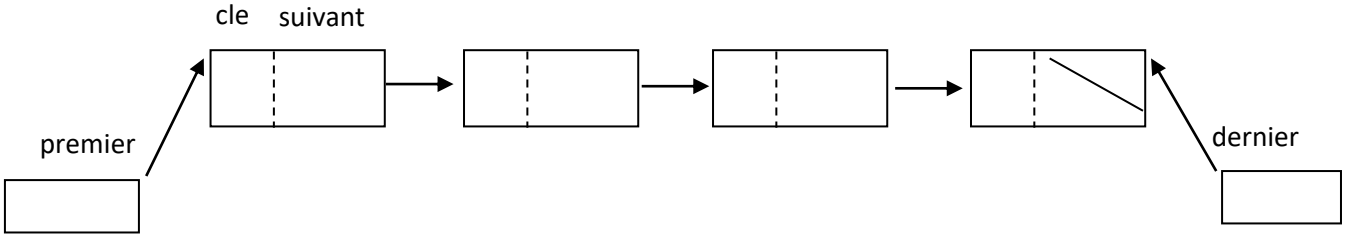
On peut dire que la représentation contiguë de la SDLL n'est pas recommandée à cause des décalages impliqués par les deux opérations fondamentales ajouter et supprimer notamment pour les listes linéaires de taille plus au moins importante.

4. Variantes de la SD liste linéaire On distingue :

4.1 Liste linéaire uni directionnelle avec un seul point d'entrée (premier)

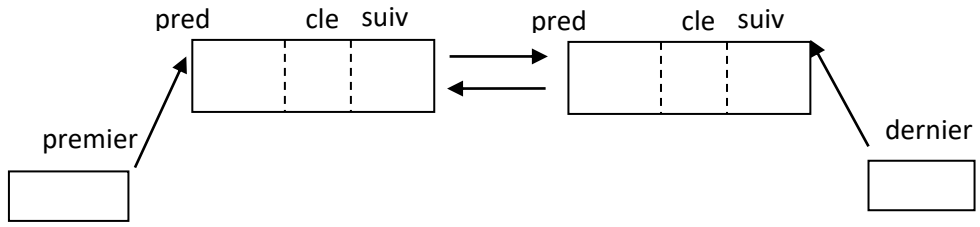


4.2 Liste linéaire unidirectionnelle avec deux points d'entrée (premier et dernier)



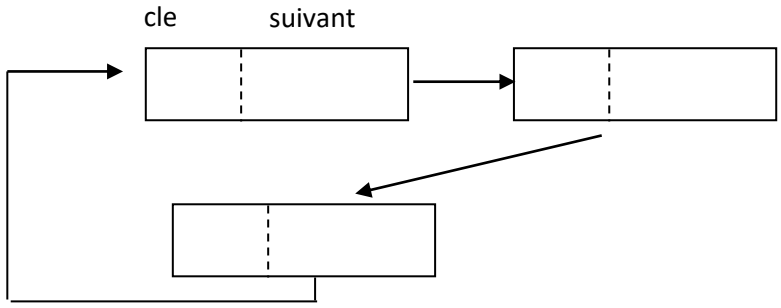
Pour les deux variantes (1) et (2), la liste linéaire est unidirectionnelle. À partir d'un élément donné on peut passer à son successeur. Ceci est possible grâce au champ de chaînage suivant : dans la variante (1), le premier élément est privilégié (accès direct) dans la variante (2) le premier et le dernier élément sont privilégiés (accès directe).

4.3 Liste linéaire bidirectionnelle avec 2 points d'entrée



À partir d'un élément donné, on peut passer soit à son successeur soit à son prédécesseur.

4.4 Liste linéaire circulaire ou anneau



Les notions de premier et dernier disparaissent, c'est-à-dire ces notions n'ont pas de sens dans un anneau. Un anneau est doté uniquement d'un point d'entrée quelconque.

5 Matérialisation de liste chainée

5.1 Liste chaînée à 1 seul point d'entrée

```
Types  --ou DefType
        TypeElem= ….  – un type simple (entier, reel, ..) ou composé (structuré)

        Cellule = Struct
              elem : TypeElem  -- nommé element ou clé
              succ : ^Cellule    --pointe sur l'élément  suivant
        FinStruct

        Liste=^Cellule
```

/* création d'une liste vide */

```
Procédure init_liste (var L : Liste)
Début
        L ←Nil

Fin proc
```

/* tester la vivacité d'une liste */

```
fonction liste_vide (L : Liste)    : booléen
Début
        return (L = Nil)

Fin Fn
```

/* retourner le nombre d'éléments de la liste */

Solution 1

```
Fonction Taille_liste (L : Liste) : entier
 Début
   Si L=Nil   alors
     return 0
  Sinon
     return  1+ Taille_liste ( Reste (L)  )
  Fin si
Fin FN
```

Solution 2

```
Fonction Taille_liste (L : Liste) : entier
Var
   nb : eniter
Début
  Nb← 0
  Tant que  L != Nil   faire
     nb←nb+1
     L←L^.succ
  Fin Tq
  return nb    -- ou   Taille_liste← nb
Fin FN
```

/*retourner le premier élément */

```
Fonction premier_liste (L : Liste) : TypeElem
Début
        assure (non liste_vide (L ) )  -- c'est une précondition
        return  ←L^.elem

Fin proc
```

/*retourner le dernier élément dans la liste */

Solution 1	Solution 2
Fonction dernier_liste (L : Liste) : TypeElem Début assure (non liste_vide (L)) Tant que L^.succ != NIL faire L←L^.succ Fin TQ return L^.elem Fin Fn	Fonction dernier_liste (L : Liste) : TypeElem Début assure (non liste_vide (L)) Si TailleListe (L) =1 alors return L^.elem Sinon return dernier_liste (Reste (L)) Fin Fn

/*retourner la liste sans le premier */

```
Fonction Reste (L : Liste) : Liste
Début
        assure (non Liste_vide (L ) )
        return  (L^.succ )
Fin Fn
```

/*retourner la liste sans le dernier */

Solution 1	Solution 2
Fonction Face (L : Liste) : Liste Var L2 :^Cellule Début assure (non liste_vide (L)) Si (L^.succ= Nil) alors return Nil Sinon L2^. elem ← L^.elem L2^.succ ←Face (L^.succ) return L2; Fin si fin Fn	Fonction Face (L : Liste) : Liste var L2 : ^Cellule Début assure (non liste_vide (L)) Si L^.succ = NIL alors return NIL Fin Si L2←L --On avance jusqu'à l'avant-dernier Tant que L^.succ^.succ !=NIL faire L ←L^.succ Fin Tq L^.succ ←Nil return L2 fin FN

/*insertion avant premier (ou au début ou en Tête)*/

```
procedure inserer_avant_premier (info:TypeElem, var L:Liste)
var
        q :^Cellule
debut
        Allouer(q)
        q^.elem←info
        q^.succ←L
        L←q
fin proc
```

/*insertion après le dernier (ou à la fin ou en queue) */

Solution 1	Solution 2
Proc insererFin(info:TypeElem, var L:Liste) var p :^Cellule – pour sauvegarder le dernier Début Si liste_vide(L) alors inserer_avant_premier(info, L) Sinon Si L^.succ = NIL alors -- L est le dernier élément Allouer (p) p^.elem← info p^.succ←Nil L^.succ ← p Sinon insererFin(info, L^.succ) Fin Si Fin Si Fin Proc	proc insererFin (info:TypeElem, var L:Liste) var p :^Cellule – pour sauvegarder le dernier q :^Cellule --pour parcourir la liste début si (liste_vide (L)) alors inserer_avant_premier (info, L) sinon q←L --pour trouver le dernier Tant que q^.succ !=NIL faire q←q^.succ Fin Tq Allouer(p) p^.elem←info p^.succ←Nil --insérer la nouvelle cellule en queue q^. succ← p fin si Fin proc

/*supprimer le premier élément */

procedure suppTete (var L:Liste) var p : ^cellule début assert (Non Liste_Vide (L)) p←L L←L^.succ liberer (p) Fin Proc.	procedure suppTete (var L:Liste) var p : ^cellule début assert (Non Liste_Vide (L)) p←L L←Rest (L) liberer (p) Fin Proc.

/*supprimer le dernier */

procedure supDernier (var L:Liste) var p : ^cellule début assert (Non Liste_Vide (L)) p← dernier_liste (L) L← Face (L) liberer (p) Fin Proc.	procedure suppDernier(Var L : Liste) Var q : ^Cellule début assure (non liste_vide(L)) Si L^.succ = NIL alors Liberer(L) L ← NIL Sinon -- Avancer jusqu'à l'avant-dernier q ←L Tant que q^.succ^.succ ≠ NIL faire q ← q^.succ Fin TQ --Supprimer le dernier Liberer(q^.succ) q^.succ ← NIL Fin Si Fin Proc

5.2 Liste chaînée à 2 points d'entrée

En supposant que les éléments de la liste sont des entiers, celle-ci se déclare de la façon suivante :

```
Types
        Cellule = Struct
              cle : entier
              Suiv : ^Cellule
        FinStruct

        Liste = Struct
              premier: ^Cellule
              dernier : ^Cellule
        FinStruct
```

5.2.1. Création d'une liste chaînée

La procédure suivante permet de créer une liste chaînée de n éléments de type entier.

/*création d'une liste linéaire*/

Solution1 : sous forme d'une procédure	**Solution2 :** sous forme d'une fonction
Procédure creer_liste (Var L : Liste) Début L.premier←Nil L.dernier←Nil Fin proc	Fonction creer_liste (): Liste Var Ll : Liste début L1.premier←Nil L1.dernier←Nil creer_liste←L1 - - return L1 fin Fn

5.2.2. Tester la vacuité d'une liste linéaire

Solution 1	**Solution 2**
Fonction liste_vide (ll : Liste) : boolean Debut Si (ll.premier=Nil) alors liste_vide← vrai Sinon liste_vide← faux finsi fin Fn	Fonction liste_vide (ll :Liste) : boolean debut Si ((ll.premier=Nil) et (ll.dernier=Nil)) alors liste_vide← vrai Sinon liste_vide← faux finsi fin Fn

La solution (2) est cohérente par rapport à la réalisation de créer liste

5.2.3 Processus d'adjonction ou d'insertion

On distingue quatre types d'insertions :

insérer après un élément référencée

insérer avant un élément référencée

insérer avant premier

insérer après dernier

/*insertion après élément référencée*/

```
procedure inserer_apres (info:entier, var p:^Cellule)
var
        q:^Cellule
debut
        Allouer(q)
        q^.cle←info
        q^.suiv←p^.suiv

        /*mise à jour du successeur de p*/
        p^.suiv←q
fin proc
```

/*insertion avant un élément référencé*/

```
procedure inserer_avant (info:entier, var p:^Cellule)
//le problème : la liste est unidirectionnelle à partir de p, on ne peut pas passer à son
//prédécesseur
var
        q:^Cellule
debut
        Allouer(q)
        q^←p^
        /*mise à jour l'espace référencé par p*/
        p^.cle←info
        p^.suiv←q
Fin proc
```

/*insertion avant le premier élément*/

```
procedure inserer_avant_premier (info:entier, var ll:Liste)
var
        q:^Cellule
debut

        si (liste_vide (ll)) alors
                Allouer(q)
                q^.cle←info
                q^.suiv←Nil
                ll.premier←q
                ll.dernier←q
        sinon
                Allouer(q)
                q^.cle←info
                q^.suiv←ll.premier
                ll.premier←q
        finsi
fin proc
```

/*insertion après le dernier*/

```
procedure inserer_apres_dernier(info:entier, var ll:Liste)
var
    q:^Cellule
debut
        si (liste_vide (ll)) alors
                Allouer(q)
                q^.cle←info
                q^.suiv←Nil

                ll.premier←q
                ll.dernier←q
        sinon
                Allouer(q)
                q^.cle←info
                q^.suiv←Nil
                (ll.dernier)^.suiv←q
                ll.dernier←q
       finsi
fin proc
```

5.2.4 Parcours d'une liste chaînée

La procédure itérative suivante permet de parcourir et afficher les éléments d'une liste chaînée.

```
Procédure AffichListe_iter (ll : Liste)
Var
        P : ^Cellule
Début
        p^ ←(ll.premier)^
        TantQue (P # Nil) Faire  -- #  ou != ou /=
                Ecrire(P^.cle)
                P^← (P^.Suiv)^
         FinTQ
Fin Proc
```

5.1.5 Recherche d'un élément dans une liste chaînée

```
Fonction recherche(x : Entier ; ll: Liste) : Booléen
Var
        P :^Cellule
        trouve : Booléen
Début
        Trouve←Faux
        P^ ←(ll.premier)^
        TantQue (P # Nil) ET (trouve = Faux) Faire
            Trouve←(P^.cle = x)
            P^←(P^.suiv)^
        FinTQ
        recherche ←trouve
Fin Fn
```

5.2.6 Processus de suppression

On distingue trois types de suppression:

1) supprimer un élément référencée, 2) supprimer le premier et 3) supprimer le dernier

/* suppression d'un élément référencée */

```
procedure supprimer_elem ( var p:^Cellule)
var
        q :^Cellule
debut
                /* on suppose que p admet un successeur*/
        Assure (p^.suiv != Nil) /* la méthode assert de la bibliothèque assert.h en C */
        q←p^.suiv
        p^←q^
        liberer (q)
fin proc
```

/* suppression du premier élément */

```
procedure supprimer_premier (var ll :Liste)
var q :^Cellule
debut
        q←ll.premier
        ll.premier←q.suiv
        liberer (q)
        si (ll.premier= Nil) alors
                ll.dernier←Nil
fin proc
```

/* suppression du dernier élément */

```
procedure supprimer_dernier (var ll :Liste)
var
        q :^Cellule
Debut
        Si (ll.premier = ll.dernier) alors suppressimer_premier (ll)
        sinon
        q←ll.premier
        TantQue (q^.suiv != ll.dernier)
                q←q^.suiv
        Fin TQ
        q^.suiv← Nil
        liberer (ll.dernier)
        ll.dernier←q
        finsi
fin proc
```

5.3. Liste linéaire bidirectionnelle avec 1 seul point d'entrée

```
Types  --ou DefType
        TypeElem= ….  – un type simple (entier, reel, ..) ou composé (structuré)

        Cellule = Struct
                pred : ^Cellule     --pointe sur l'élément  prédécesseur
                elem : TypeElem  -- nommé element ou clé
                succ : ^Cellule     --pointe sur l'élément  suivant
        FinStruct

        Liste=^Cellule
```

/* création d'une liste vide */

```
Procédure init_liste (var L : Liste)
Début
        L ←Nil
Fin proc
```

/*insertion avant le premier*/

```
procedure inserer_Debut (info:TypeElem, var L:Liste)
var
        q:^Cellule      - - ou q (^Cellule)
debut
         Allouer(q)
         q^.pred←Nil
         q^.elem←info
         q^.succ←L
         si( non Liste_Vide (L) alors
            L^.pred←q
         fin si
         L←q
Fin proc
```

/*Insérer avant l'élément numéro k */

```
Procédure Insérer (Var L : Liste, E : TypeElem, K : Entier, Var Ok : Booléen)
-- Précond    : L possède un chaînage bidirectionnel et  K > 0
-- Postcond   : Si  L contient  (a1, a2, … an), elle devient  (a1, a2, … ak-1, E, ak,…an)  et Ok
--              Si  K = Taille(L) + 1, la liste L devient (a1, a2, … an, E)  et Ok
--              Si  K = 1, la liste devient  (E, a1, a2, … an)  et Ok
--              Sinon l'opération est impossible  et Non Ok
DefVar
   pKmoins1, c (^Cellule)
Début
   Ok ← Faux
   Si  (K=1)
      Alors   Ok ← Vrai
              InsérerDébut (E, L)
      Sinon   pKmoins1 ← Pointeur (L, K-1)          -- retourne le pointeur qui pointe vers la
              Si  Non Vide (pKmoins1)  Alors          -- cellule se trouvant à la position k-1
                  Ok ← Vrai
                  Allouer (c)
                  c^.elem ← E
                  c^.pred ← pKmoins1
                  c^.succ ← pKmoins1^.succ          -- ou  c^.succ ← Reste (pKmoins1)
                  Si  Non Vide (pKmoins1^.succ)  Alors   -- ou Non Vide (Reste (pKmoins1))
                      PKmoins1^.Succ^.Pred ← C
                  Fin Si
                  pKmoins1^.succ ← c
              Fin Si
   Fin Si
Fin
```

/*supprimer l'élément numéro k */

```
Procédure Supprimer (Var L : Liste, K : Entier, Var Ok : Booléen)
-- Précond   : L possède un chaînage bidirectionnel et  K > 0
-- Postcond  : Si  L contient  a1, a2, … an, elle devient  a1, a2, … ak-1, ak+1,…an
--             Si  K = Taille(L), la liste L devient a1, a2, … an-1
--             Si  K = 1, la liste devient  a2, … an
--             Sinon l'opération est impossible.
DefVar
    pK (^Cellule)
Début
    Ok ← Faux
    pK ← Pointeur (L, K)
    Si  Non Vide (pK)  Alors
        Ok ← Vrai
        Si  (pK = L)
            Alors   L ← L^.succ                          -- ou  L ← Reste (L)
            Sinon   pK^.pred^.succ ← pK^.succ            -- ou  pK^.pred^.succ ← Reste (pK)
        Fin Si
        Si  Non Vide (pK^.succ)  Alors                   -- ou  Non Vide (Reste (pK))
            pK^.succ^.pred ←  pK^.pred
        Fin Si
    Fin Si
Fin
```

5.4. Liste linéaire bidirectionnelle avec 2 points d'entrée

```
Types
        Cellule = Struct
                Pred :^Cellule
                cle : entier
                Suiv : ^Cellule
        FinStruct

        Liste = Struct
                 premier: ^Cellule
                 dernier : ^Cellule
        FinStruct
```

/*création*/

```
Procédure creer_liste (Var ll : Liste)
Début
        ll.premier←Nil
        ll.dernier←Nil

Fin proc
```

/*insertion après élément référencée*/

```
procedure inserer_apres (info:entier, var p:^Cellule)
var
        q:^Cellule
debut
        Allouer(q)
        q^.cle←info
        q^.suiv←p^.suiv
        q^.pred←p

        (p^.suiv)^.pred←q
         p^.suiv←q
fin proc
```

/*insertion avant un élément référencé*/

```
procedure inserer_avant (info:entier, var p:^Cellule)
var
        q:^Cellule
debut
         Allouer(q)
         q^.cle←info
         q^.suiv←p
         q^.pred←p^.pred

        (p^.pred)^.suiv←q
         p^.pred←q
Fin proc
```

/*La procédure suivante permet de parcourir et afficher les éléments d'une liste à chaînage double en commençant par le dernier élément.*/

```
Procédure AffichInvListe (ll : Liste )
Var
        P : ^Cellule
Début
        P ←ll.dernier
        TantQue (P # Nil) Faire   --   généralement on utilise  #   ou  /=    ou  !=
                Ecrire(P^.cle)
                P←P^.Pred
        FinTQ
Fin
```