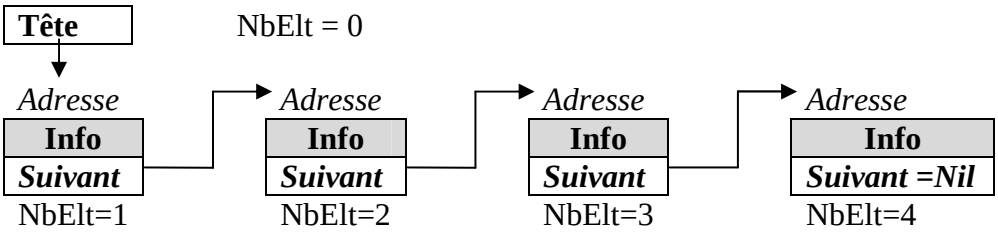
Exercices des chapitres 9, 10 et 11

Sommaire

On considérera dans les exercices, sauf cas contraire une liste chaînée de ce type :
Type Liste = ^Cellule
Type Cellule = Structure
Info : chaîne de caractères
Suivant : Liste
Fin structure



01-**- Fonction de comptage dans une liste chaînée

Ecrire une fonction qui renvoie le nombre d'éléments d'une liste chaînée.

02-**- Fonction de comptage d'occurrences dans une liste chaînée

Ecrire une fonction qui renvoie le nombre d'éléments d'une liste chaînée ayant une valeur donnée (champ Info).

03-**-Fonction de vérification d'une liste chaînée triée

Ecrire une fonction qui vérifie si une liste chaînée est triée par valeurs croissantes du champ Info.

04-**-Procédure d'insertion en tête de liste chaînée

Ecrire une procédure qui insère un nouvel élément en tête d'une liste chaînée.

05-**-Procédure d'insertion en queue de liste chaînée

Ecrire une procédure qui insère un nouvel élément en queue d'une liste chaînée.

06-**- Procédure d'insertion à une position donnée

Ecrire une procédure qui insère un nouvel élément de sorte qu'il se trouve à une position donnée dans la liste. La position est un entier et correspond au numéro du futur élément dans la liste. Le premier élément porte le numéro 1.

07-**- Procédure de suppression d'un élément d'une liste chaînée à une position donnée

Ecrire une procédure qui supprime un élément d'une liste chaînée à une position donnée.

08-**- Fonction de calcul de moyenne des étudiants

Le département dans lequel vous êtes inscrit souhaite gérer les notes de ses étudiants. Les étudiants ont pour identifiant leur numéro d'étudiant. Ils ont un nom et un prénom. Ces informations sont stockées dans une liste chaînée dont chaque élément comporte aussi un champ *moy* pour la moyenne de l'étudiant et un champ *eval* qui est un pointeur sur sa liste de notes. La liste de notes de chaque étudiant est aussi une liste chaînée dont la tête est le champ *eval* de la cellule de l'étudiant.

On dispose des déclarations suivantes :


```
Types :
  Ch10      = Chaine de 10 caractères
  Ch30      = Chaine de 30 caractères
  Ent       = entier
  Nb        = réel
  Pe        = ^Etudiant
  Pn        = ^Note

  Etudiant  = Structure
    no      : Ch10
    nom       : Ch30
    prenom    : Ch30
    moy       : Nb
    eval      : Pn
    suivant   : Pe
              fin Structure

  Note      = Structure
    note      : Nb
    coeff     : Ent
    suivant   : Pn
              fin Structure
```

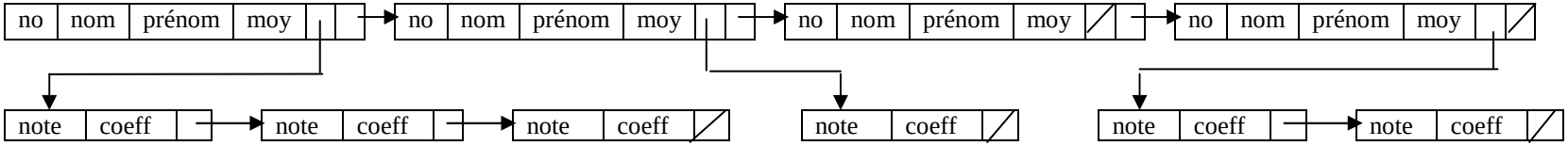
Faire un schéma de cette structure et vérifier à la page suivante où elle est représentée.

On suppose que tous les champs de la liste des étudiants sont remplis sauf le champ *moy*. On suppose que toutes les notes des étudiants et tous les coefficients sont remplis

Écrire une procédure *moyennesEtudiants* qui parcourt la liste des étudiants, et qui calcule et met à jour le champ *moy* de chaque étudiant à l'aide de la liste des notes sur laquelle pointe le champ *eval*. La procédure *moyennesEtudiants* prend en paramètre la tête de la liste des étudiants.

.

On peut représenter cette structure par la figure ci-dessous :



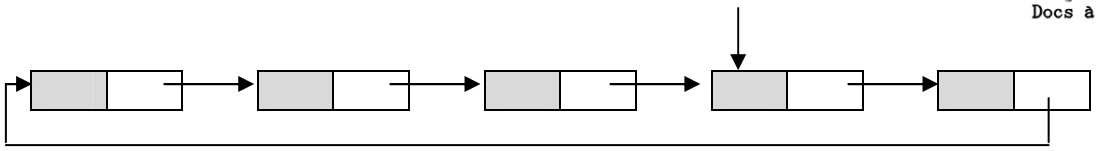
Remarques :

Cette notation équivaut à Nil

Il se peut qu'un étudiant n'ait pas encore de note. C'est le cas du 3ème étudiant de la liste de l'exemple ci-dessus. Le pointeur *eval* est égal à Nil.

09-**- Procédure de parcours d'une liste circulaire ou anneau

Les listes circulaires ou anneaux sont des listes linéaires dans lesquelles le dernier élément pointe sur le premier. Il n'y a donc ni premier, ni dernier. I[Anneau]nnaître l'adresse d'un élément pour parcourir tous les éléments de la liste.



Ecrire une procédure *traite_liste* qui « traite » chaque élément de la liste en appelant une procédure *traiter* qui aura comme paramètre un pointeur sur l'élément courant à traiter. La procédure *traite_liste* prend en paramètre un pointeur sur un élément quelconque de la liste. On considère que la liste contient au moins un élément (**liste non vide**).

10-**- Procédure d'insertion d'un élément dans une liste doublement chaînée

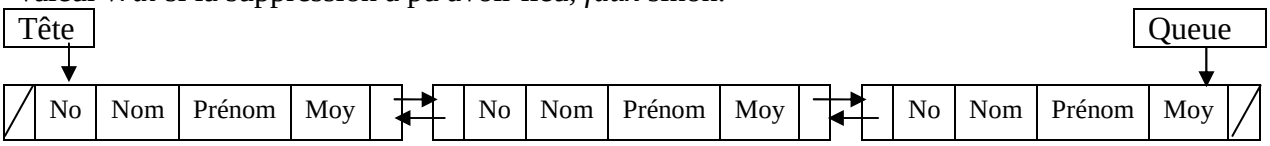
Ecrire une procédure insérant un nouvel élément dans une liste doublement chaînée, avant l'élément de la liste ayant une valeur donnée (dans sa zone info). On dispose d'une fonction PtV(Tête,Val) qui renvoie l'adresse du premier élément de la liste qui porte la valeur "val", ou Nil si cette valeur n'existe pas.

11-***- Fonction de suppression d'un élément dans une liste doublement chaînée

Ecrire une procédure supprimant, dans une liste doublement chaînée, un élément ayant une valeur donnée (dans sa zone info). Dans les paramètres de la procédure, il doit y avoir un paramètre booléen qui aura comme valeur *vrai* si la suppression a pu avoir lieu, *faux* sinon.

12-***- Fonction de suppression d'un étudiant dans une liste doublement chaînée

Ecrire une procédure supprimant, dans une liste doublement chaînée, un étudiant ayant un numéro donné. Dans les paramètres de la procédure, il doit y avoir un paramètre booléen qui aura comme valeur *vrai* si la suppression a pu avoir lieu, *faux* sinon.



13-***- Procédure d'insertion d'un étudiant dans une liste circulaire triée

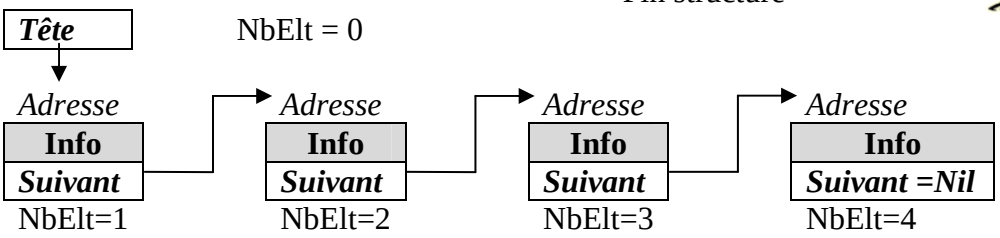
Ecrire une procédure insérant un étudiant dans une liste doublement chaînée, qui doit restée triée par ordre croissant du *No*. Il faudra donc insérer le nouvel étudiant juste avant le premier numéro d'étudiant supérieur à celui que l'on souhaite ajouter dans la liste. On ne demande pas de gérer les éventuels doublons de numéros.

La liste a le même schéma que dans l'exercice 12.

CORRIGES

On considérera dans les exercices, sauf cas contraire une liste chaînée de ce type :

```
Type Liste =      ^Cellule
Type Cellule =    Structure
                        Info : chaîne de caractères
                        Suivant : Liste
                  Fin structure
```

01-**- Fonction de comptage dans une liste chaînée

```
fonction cpterEltListeChainee(Tête : Liste) : entier
/*
* Comptage des éléments d'une liste chaînée passée en paramètre
*/
Variables :
     nbElt : entier /* nombre d'éléments de la liste */
     pliste : Liste /* pointeur de parcours de la liste */
Début
     /* Initialisation des variables */
     nbElt ← 0
     pliste ← Tête
     /* Boucle de parcours des éléments de la liste passée en paramètre */
     tantque pliste ≠ Nil
          nbElt ← nbElt + 1                    /* on incrémente nbElt */
          pliste ← pliste^.suivant    /* on passe à l'élément suivant */
     fintantque
     retourner(nbElt)
Fin
```

02-**- Fonction de comptage d'occurrences dans une liste chaînée

```
fonction cpterOccEltListeChainee(Tête : Liste, val : chaîne) : entier
/*
* Comptage des occurrences d'une valeur d'une liste chaînée passée en paramètre
*/
Variables :
     nbOcc : entier          /* nombre d'occurrences trouvées dans la liste */
     pliste : Liste          /* pointeur de parcours de la liste */
Début
     nbOcc ← 0                          /* Initialisation des variables */
     pliste ← Tête
     /* Boucle de parcours des éléments de la liste passée en paramètre */
     tantque pliste ≠ Nil
          si pliste^.info = val alors
               nbOcc ← nbOcc + 1               /* on incrémente nbOcc */
          finsi
          pliste ← pliste^.suivant    /* on passe à l'élément suivant */
     fintantque
     retourner(nbOcc)
fin
```

03-**-Fonction de vérification d'une liste chaînée triée

Ecrire une fonction qui vérifie si une liste chaînée est triée en ordre croissant du champ *Info*.


```
fonction estTriee(Tête : Liste) : booléen
/*
* renvoie vrai si la liste est triée, faux sinon
*/
Variables :
     trie : booléen              /* indicateur pour l'ordre */
     pliste : Liste              /* pointeur de parcours */
Début
     /* Initialisation des variables */
     trie ← vrai            /* la liste est considérée triée au départ */
     pliste ← Tête
     /* si la liste n'est pas vide */
     si pliste ≠ Nil alors
          /* Boucle de parcours des éléments */
          tantque pliste^.suivant ≠ Nil et trie faire
               si pliste^.info ≤ pliste^.suivant^.info alors
                    pliste ← pliste^.suivant    /* on passe au suivant */
               sinon
                    trie ← faux                 /* la liste n'est pas triée */
               finsi
          fintantque
     finsi
     retourner(trie)
Fin
```

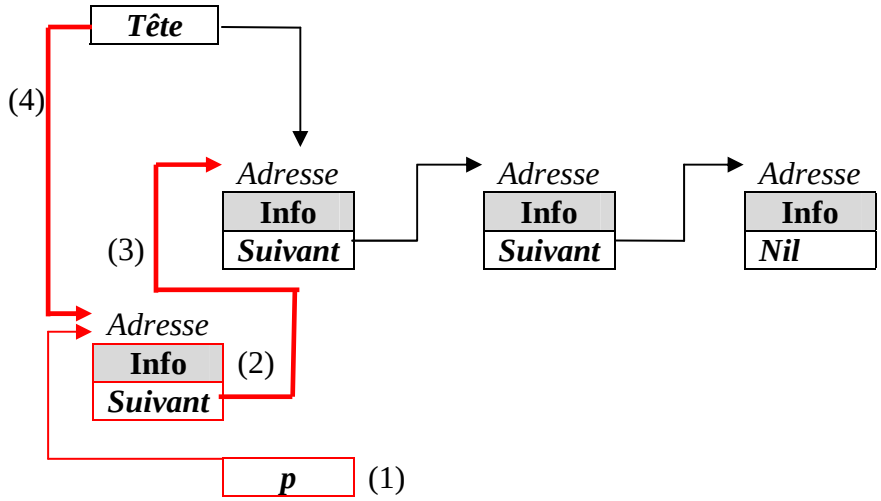
04-**-Procédure d'insertion en tête de liste chaînée

Actions à mener :

(1) Il faut d'abord créer une cellule d'adresse P par l'action Allouer(P).

(2) Une fois cette cellule créée il faut donner la valeur à l'information contenue dans ce nouvel élément de la liste.

(3) et (4) Enfin, il faut réaliser le chaînage de ce nouvel élément.



```
procédure insererEnTete(     entrée-sortie Tête : Liste, entrée val : chaîne)
/*
* Insère un nouvel élément dans la liste chaînée passée en paramètre
*/
Variables :
     p : Liste
Début
     allouer(p)              /* Création de la nouvelle cellule dans la liste */
     p^.info ← val
     p^.suivant ← Tête       /* liaison (3) */
     Tête ← p                /* liaison (4) */
Fin
```


05-**-Procédure d'insertion en queue de liste chaînée

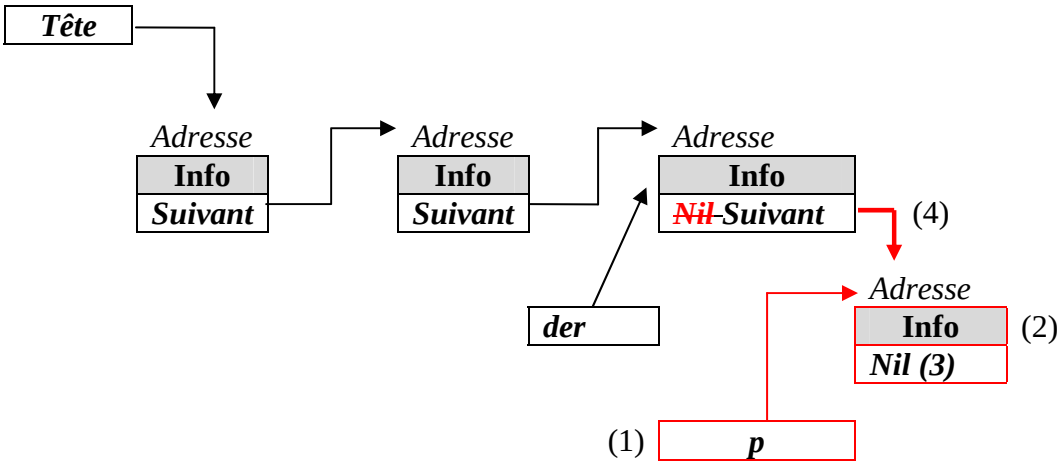
Si la liste est vide ceci revient à insérer le nouvel élément en tête de liste, sinon :

Actions à mener :

(1) Il faut d'abord créer une cellule d'adresse P par l'action Allouer(P).

(2) Il faut ensuite donner la valeur au champ Info de ce nouvel élément de la liste.

(3) et (4) Enfin, il faut réaliser le chaînage de ce nouvel élément au dernier élément de la liste. Pour ce faire il faut connaître l'adresse du dernier élément. Elle sera renvoyée par la fonction *dernier*, que nous écrirons ensuite, et rangée dans la variable *der*.



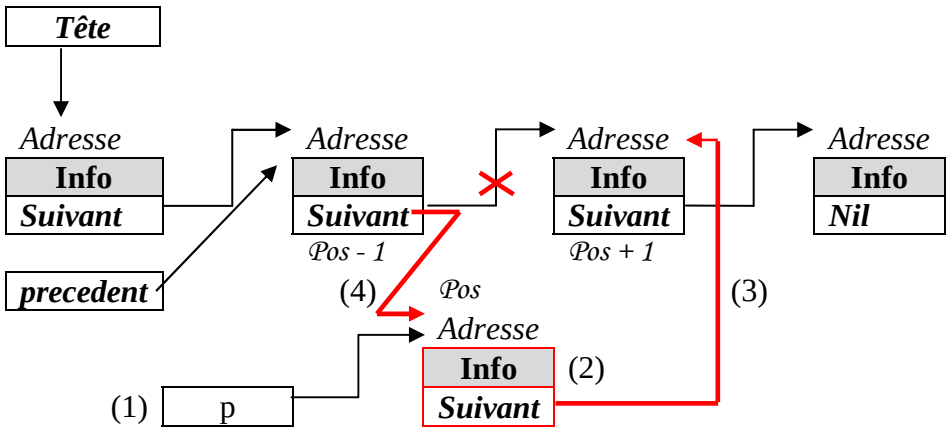

```
procedure InsererEnQueue(    entrée-sortie Tête : Liste, entrée val : chaîne)
     /* Insère un nouvel élément à la fin de la liste passée en paramètre */
Variables
     p, der : Liste
Début
     si Tête = Nil alors                                  /* La liste est vide */
          insererEnTete(Tête, val)
     sinon                                          / la liste n'est pas vide */
          der ← dernier(liste) /* on récupère l'adresse du dernier élément */
1         allouer(p)          /* création de la nouvelle cellule */
2         p^.info ← val       /* stockage de la valeur dans le champ info */
3         p^.suivant ← Nil    /* Liaison (3) : le nouvel élt sera le dernier */
4         der^.suivant ← p    /* Liaison (4) /
     finsi
Fin
```

Pour la fonction *dernier*, qui permet de récupérer l'adresse du dernier élément de la liste, il faut parcourir tous les éléments de la liste en mémorisant à chaque fois l'adresse de la cellule précédente.

```
fonction dernier(Tête : Liste) : Liste
     /* Renvoie l'adresse du dernier élément d'une liste chaînée non vide */
Variables
     q : Liste
Début
     q ← Tête
     tantque q^.suivant ≠ Nil
          q ← q^.suivant
     fintantque
     retourner(q)
Fin
```


06-**- Procédure d'insertion à une position donnée

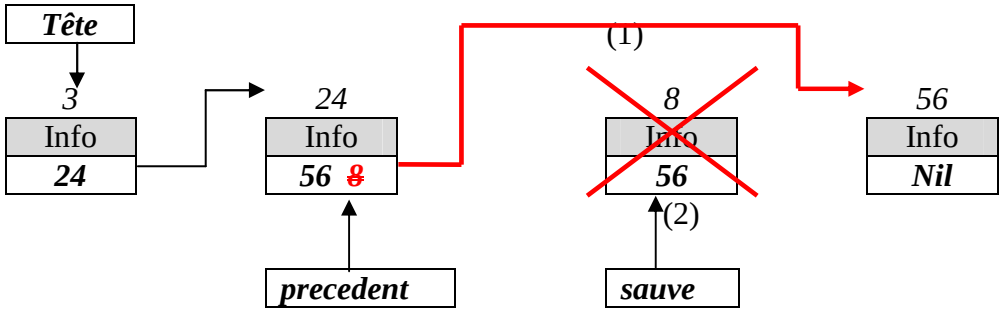
Pour insérer à la position désirée, il faut connaître l'adresse de l'élément précédant cette position (position – 1). Si cette position n'existe pas, la procédure ne réalisera pas l'insertion. L'adresse de l'élément qui précédera le nouvel élément est renvoyé par une fonction *accesPosition* qui est écrite ensuite. Cette fonction renvoie Nil si la position n'existe pas.
Il faut prévoir le cas de l'insertion en tête de liste, cas où la position est égale à 1. Dans ce cas il y aura modification de la tête de la liste.




```
procedure insererDansListe( entrée-sortie Tête : Liste,
                            entrée val : chaine, entrée pos : entier)
     /* insertion de la valeur "val" à la position "pos" dans la liste  */
Variables
     precedent : Liste
Début
     si pos = 1 alors              /* on souhaite insérer en tête de liste */
          insererEnTete(Tête, val)
     sinon
          precedent ← accesPosition(Tête, pos – 1)  /* voir ci-après */
          si precedent ≠ Nil alors                  /* la position existe */
1              allouer(p)              /* création de la nouvelle cellule */
2              p^.info ← val
3              p^.suivant ← precedent^.suivant  /* Liaison du nouvel élément */
4              precedent^.suivant ← p      /* Liaison de l'élément précédent */
          finsi
     finsi
Fin
```

```
fonction accesPosition(Tête : Liste, pos :entier) : Liste
     /* Renvoie l'adresse de l'élément qui est en position "pos", ou Nil s'il
n'y a pas d'élément à cette position. */
Variables
     p : Liste                    /* pointeur de parcours */
Début
     P ← Tête
     tantque p ≠ Nil ET pos > 1
          pos ← pos - 1
          p ← p^.suivant
     fintantque
     retourner(p)
Fin
```


07-**- Procédure de suppression d'un élément d'une liste chaînée à une position donnée



Comme dans le cas de l'insertion il faut déterminer l'adresse de la cellule qui précède celle à supprimer, c'est-à-dire l'adresse de la position – 1.

```
procedure supprimerDansListe(     entrée-sortie Tête : Liste,
                                  entrée pos : entier)
     /* suppression de l'élément à la position "pos" de la liste chainée */
Variables
     sauve, precedent : Liste
Début
     si Tête ≠ Nil alors              /* liste non vide */
          si pos = 1 alors            /* on souhaite supprimer en tête */
               sauve ← Tête
               Tête ← Tête^.suivant
               desallouer(sauve)
          sinon
               precedent ←accesPosition(Tête, pos – 1)
               si precedent ≠ Nil alors
                    sauve ←precedent^.suivant   /* adresse élt à supprimer */
                    si sauve ≠ Nil alors    /* l'élément à supprimer existe */
1                        precedent^.suivant ←sauve^.suivant
2                        desallouer(sauve)  /* libère espace de l'élt supprimé */
                    finsi
               finsi
          finsi
     finsi
Fin
```

08-**- Procédure de calcul de moyenne des étudiants

On a défini les types suivants :


```
Ch10 =    Chaine de 10 caractères
Ch30 =    Chaine de 30 caractères
Ent  =    entier
Nb   =    réel
Pe   =    ^Etudiant
Pn   =    ^Note
Etudiant  =    Structure                  |  Note     =    Structure
                    numero    :    Ch10   |                    note     :    Nb
                    nom       :    Ch30   |                    coeff    :    Ent
                    prenom    :    Ch30   |                    suivant  :    Pn
                    moy       :    Nb     |               fin Structure
                    eval      :    Pn     |
                    suivant   :    Pe     |
               fin Structure               |
```

```
procédure moyennesEtudiants(entrée etu : Pe)
/* Procédure qui calcule la moyenne de chaque étudiant et met à jour le champ
moy de chaque étudiant de la liste passée en paramètre */
Variables
     totCoeff : entier
     totNotes : réel
     petu : Pe     /* pointeur de parcours de la liste des étudiants */
     pmat : Pn     /* pointeur de parcours de la liste des notes de chaque ét.*/
Début
     petu ← etu
     tantque petu ≠ Nil      /* parcours de la liste des étudiants */
          totCoeff ← 0       /* au début il n'y a ni note ni coefficient */
          totNote ← 0        /* pour l'étudiant */
          pmat ← petu^.eval  /* eval est la tête de liste des notes de l'et. */
          tantque pmat ≠ Nil /* parcours de la liste des notes de l'étudiant */
               totCoeff ← totCoeff + pmat^.coeff     /* somme des coefficients */
               totNote ← totNote + pmat^.note * pmat^.coeff /* somme pondérée */
               pmat ← pmat^.suivant        /* on passe à la note suivante */
          fintantque
          si petu^.eval ≠ Nil alors
               /* calcul et mémorisation dans la cellule de l'étudiant de la
               moyenne de ses notes, s'il en a */
               petu^.moy ← totNote / totCoeff
          finsi
     fintantque
Fin
```

09-**- Procédure de parcours d'une liste circulaire ou anneau

```
procédure parcoursAnneau(entrée anneau : Liste)
Variables
     p : Liste
     fini : booléen
Début                        /* la liste est supposée non vide */
     P ← anneau
     fini ← faux
     tant que NON(fini)
          traiter(p^.info)
          p    ← p^.suivant       /* on passe à l'élément suivant de la liste */
          fini ← p = anneau
     fintantque
Fin
```

10-**- Procédure d'insertion d'un élément dans une liste doublement chaînée

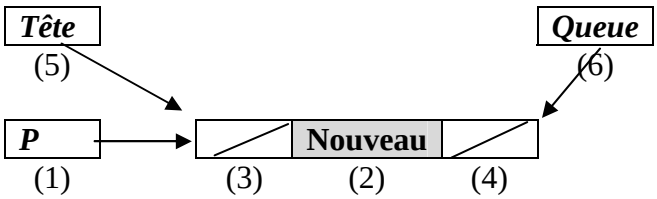
On utilise les types suivants :
Type ListeDC = ^Element
Type Element = Structure
Precedent : ListeDC
Info : chaîne de caractères
Suivant : ListeDC
Fin Structure

Pour insérer un élément dans une liste doublement chaînée il faut :

- Allouer un emplacement pour le nouvel élément de la liste (1),
- Stocker la valeur à ajouter dans le champ *Info* du nouvel élément (2).

Si la liste est vide :

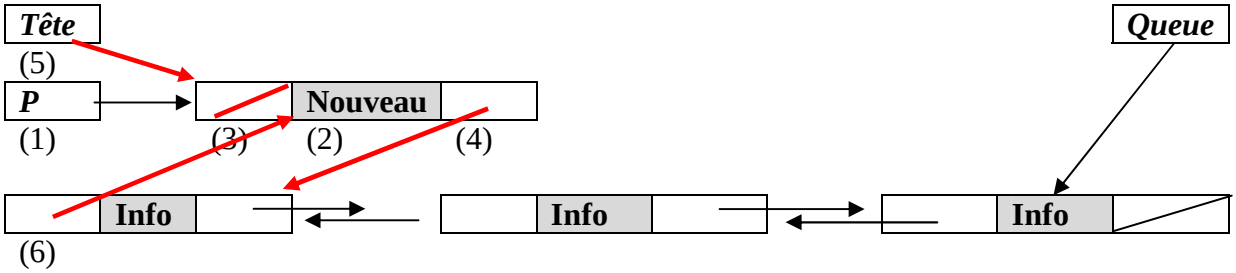
- Donner la valeur *Nil* au champ *Precedent* du nouvel élément (3),
- Donner la valeur *Nil* au champ *Suivant* du nouvel élément (4),
- Donner au pointeur de tête l'adresse du nouvel élément (5),
- Donner au pointeur de queue l'adresse du nouvel élément (6).




```
procedure insererDansListeDoubleVide( entrée-sortie Tête, Queue : ListeDC,
                                      entrée nouveau : chaine)
Variables
     p : ListeDC
Début
(1)  allouer(p)              /* création de la nouvelle cellule dans la liste */
(2)  p^.info ← nouveau
(3)  p^.precedent ← Nil
(4)  p^.suivant ← Nil
(5)  Tête ← p
(6)  Queue ← p
Fin
```

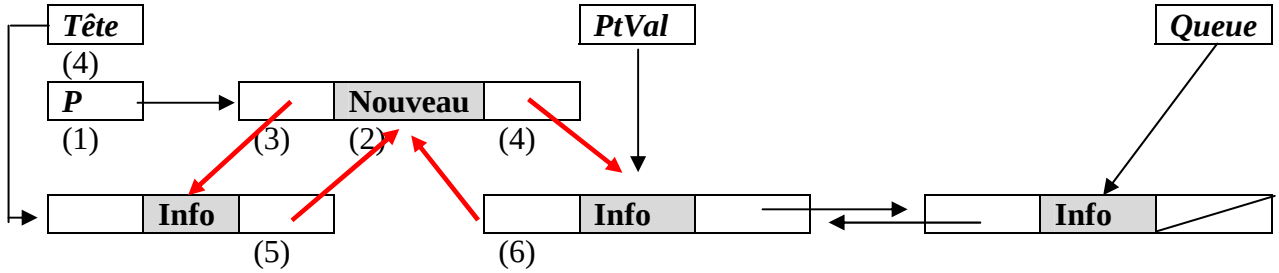
Si la liste est non vide et que l'insertion se fait en tête :

- Donner la valeur *Nil* au champ *Precedent* du nouvel élément (3),
- Faire pointer le champ *Suivant* du nouvel élément sur l'élément qui doit le suivre (4),
- Donner au pointeur de tête l'adresse du nouvel élément (5),
- Modifier le pointeur du champ *Précedent* de l'élément suivant qui doit maintenant contenir l'adresse du nouvel élément.



Si la liste est non vide et que l'insertion se fait avant un élément connu par son adresse :

- Faire pointer le champ *Precedent* du nouvel élément sur l'élément qui doit le précéder (3),
- Faire pointer le champ *Suivant* du nouvel élément sur l'élément qui doit le suivre (4),
- Modifier le pointeur du champ *Suivant* de l'élément précédent qui doit maintenant contenir l'adresse du nouvel élément (5),
- Modifier le pointeur du champ *Precedent* de l'élément suivant qui doit maintenant contenir l'adresse du nouvel élément (6).



Cette procédure insère l'élément *Nouveau* avant le premier élément portant la valeur "val" dans de la liste doublement chaînée. La fonction PtV(Tête,Val) renvoie l'adresse du premier élément qui porte la valeur "val", ou Nil si cette valeur n'existe pas.

```
procedure insererDansListeDouble(entrée-sortie Tête, Queue : ListeDC,
                                 entrée val : chaine,
                                 entrée nouveau : chaine)
     Variables
     p, ptVal : ListeDC
Début
     ptVal ≠ ptV(Tête, val)
     si ptVal ← Nil alors
(1)       allouer(p) /* création de la nouvelle cellule dans la liste */
(2)       p^.info ← nouveau
(3)       p^.precedent ← ptVal^.precedent
(4)       p^.suivant ← ptVal
          si ptVal = Tête alors /* insertion en tête de liste */
(5)            Tête ← p
          sinon
(5)            ptVal^.precedent^.suivant ← p
          finsi
(6)       ptVal^.precedent ← p
     finsi
Fin
```

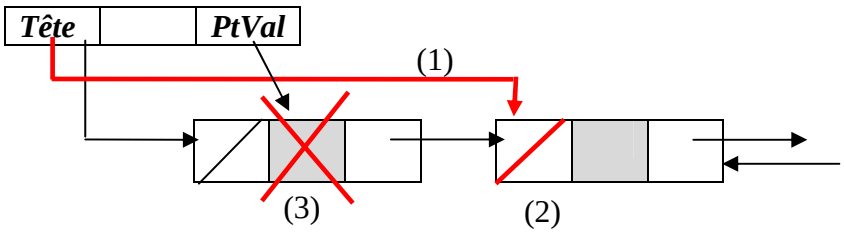

11-***- Procédure de suppression d'un élément dans une liste doublement chaînée

Pour supprimer un élément dans une liste doublement chaînée il faut distinguer 4 cas :

- Suppression du premier élément de la liste ;
- Suppression du dernier élément de la liste ;
- Suppression de l'unique élément de la liste qui est à la fois le premier et le dernier ;
- Suppression d'un élément à une position quelconque de la liste.

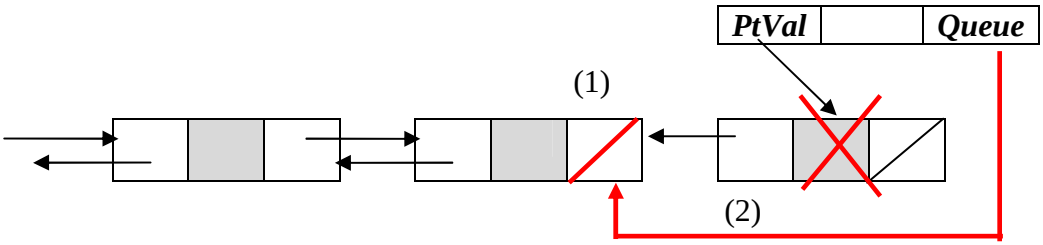
On supprime l'élément pointé par *PtVal*.

Suppression en tête de liste doublement chaînée :



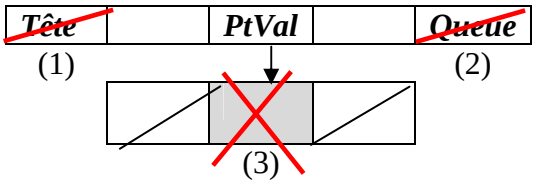
- On fait pointer la tête sur l'élément qui suit l'élément à supprimer (1) ;
- On met *Nil* dans le pointeur *Precedent* de l'élément qui suit l'élément à supprimer (2);
- On libère l'espace occupé par l'élément à supprimer (3).

Suppression du dernier élément de la liste doublement chaînée :



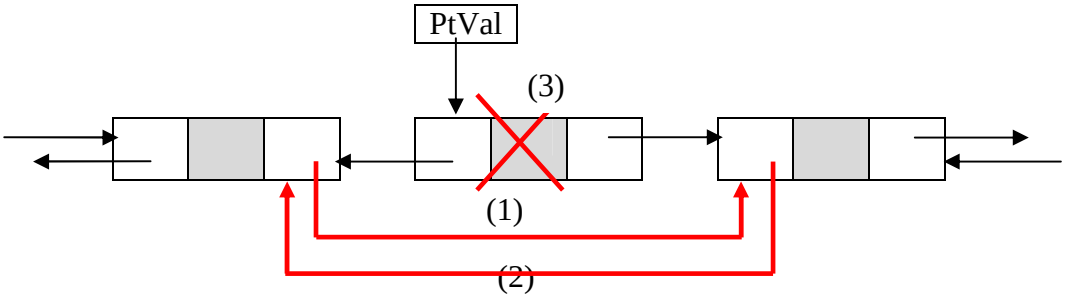
- On fait pointer la queue sur l'élément qui précède l'élément à supprimer (1) ;
- On met Nil dans le pointeur Suivant de l'élément qui précède l'élément à supprimer ;
- On libère l'espace occupé par l'élément à supprimer.

Suppression si la liste doublement chaînée ne contient qu'un seul élément :



- On met Nil dans le pointeur de tête. (1) ;
- On met Nil dans le pointeur de queue (2) ;
- On libère l'espace occupé par l'élément à supprimer (3).

Suppression en position quelconque dans la liste doublement chaînée :



- On modifie le pointeur *Suivant* de l'élément précédant l'élément à supprimer (1) ;
- On modifie le pointeur *Precedent* de l'élément suivant l'élément à supprimer (2) ;
- On libère l'espace occupé par l'élément à supprimer (3).

```
procédure supprimerDansListeDouble(   entrée-sortie Tête, Queue : ListeDC,
                                      entrée val : chaine,
                                      sortie ok : booléen)
Variables
     ptVal : ListeDC             /* pointeur sur l'élément à supprimer */
Début
     ptVal ← ptV(Tête, val)  /* renvoie l'adresse de la première occurrence de
     ok ← faux               "val" ou Nil si celle-ci n'existe pas */
     si ptVal ≠ Nil alors    /* l'elt portant la valeur à supprimer existe */
          ok ← vrai
          si ptVal = Tête alors            /* l'élément est en tête */
(1)            Tête ← Tête^.suivant
          sinon                            /* l'élément n'est pas en tête */
(1)            PtVal^.precedent^.suivant    ← ptVal^.suivant
          finsi
          si ptVal = Queue alors           /* l'élément est en queue */
(2)            Queue = PtVal^.precedent
          sinon                            / * l'élément n'est pas en queue */
(2)            ptVal^.suivant^.precedent    ← ptVal^.precedent
          finsi
(3)       desallouer(PtVal)
     finsi
Fin
```


12-***- Procédure de suppression d'un étudiant dans une liste doublement chaînée

On utilise les types suivants et on travaille avec seulement un pointeur de tête :

```
ListeEtuDC = ^EtudiantDC
EtudiantDC     =    Structure
                         Precedent : ListeEtuDC
                         numero    :    chaîne de caractères
                         nom       :    chaîne de caractères
                         prenom    :    chaîne de caractères
                         moy       :    réel
                         suivant   :    ListeEtuDC
                    fin Structure
```

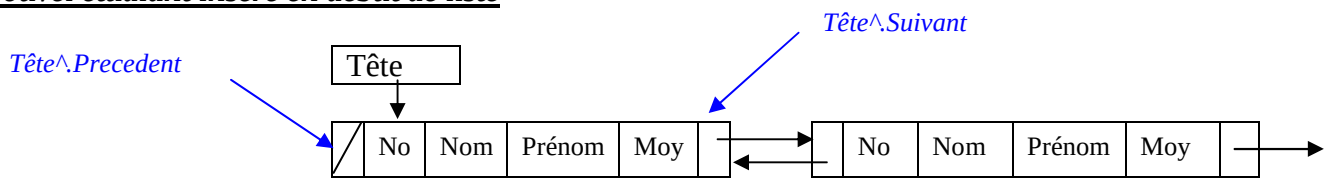
La procédure *supprimerEtudiant* recherche, dans la liste, l'élément dont le numéro est donné en paramètre. Si elle le trouve elle renvoie l'adresse de cet élément et met *vrai* dans *trouvé*. Sinon, elle renvoie *Nil* à la place de l'adresse et *faux* dans *trouvé*. Si l'étudiant a été trouvé, cette procédure appelle la procédure *supprimerDansListeEtuDC* qui réalise effectivement la suppression.

```
procédure supprimerEtudiant(entrée-sortie Tête : ListeEtuDC
                            entrée numEtu : chaîne
                            sortie trouve : booléen)
/* recherche de l'élément portant le numéro de l'étudiant à supprimer et appel
de la procédure de suppression si l'élément est trouvé. */
Variables
     ptEtu : listeEtuDC          /* pointeur de parcours des étudiants */
Début
     trouve ← faux
     ptEtu ← Tête
     tantque ptEtu ≠ Nil et non(trouve)
          si ptEtu^.No = numEtu alors      /* on a trouvé l'étududiant */
               trouve ← vrai
               supprimerDansListeEtuDC(Tête, ptEtu)
          sinon
               ptEtu ← ptEtu^.suivant      /* on passe à l'étudiant suivant */
          finsi
     fintantque
Fin
```

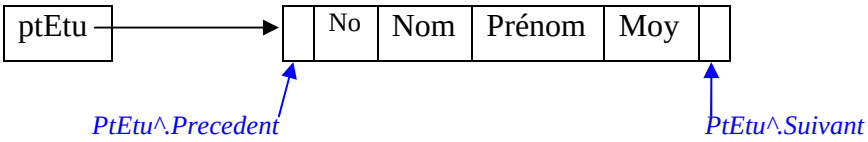
```
procédure supprimerDansListeEtuDC(    entrée-sortie Tête : ListeEtuDC
                                       entrée p : ListeEtuDC)
/* suppression de l'élément pointé par p */
Début
     si p = Tête              /* l'étudiant à supprimer est en tête de liste */
          Tête ← p^.suivant
     Sinon                    /* mise à jour de l'élément précédant */
          p^.precedent¨.suivant ← p^.suivant
     finsi
     si p^.suivant ≠ Nil alors    /* l'étud. à supprimer n'est pas le dernier */
          p^.suivant^.precedent ← p^.precedent
          /* sinon il n'y a pas d'élément suivant à modifier */
     finsi
Fin
```

13-***- Procédure d'insertion d'un étudiant dans une liste doublement chaînée triée

(1) Nouvel étudiant inséré en début de liste



Elément à insérer :

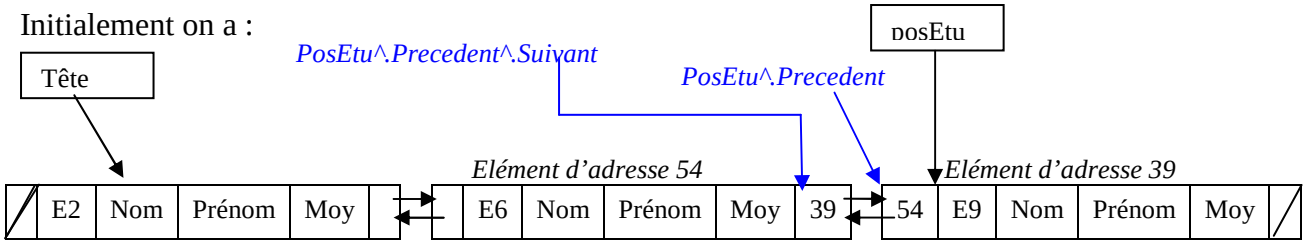


On voit bien sur cette figure que :

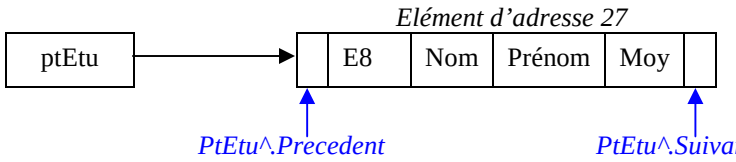
- ptEtu^ qui sera le premier élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur ptEtu^.precedent = Nil, puisque c'est le premier il n'y a pas de précédent ;
  - son pointeur ptEtu^.suivant = Tête qui est l'adresse de l'actuel premier élément de la liste qui va devenir le 2ème puisque le nouvel étudiant doit être inséré avant lui.
- Tête^ qui sera désormais le 2ème élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur Tête^.precedent = ptEtu, puisque l'élément qui va le précéder est celui qui vient d'être créé à l'adresse ptEtu ;
  - son pointeur Tête^.suivant ne change pas. Il peut être égal à Nil ou, comme ici, pointer toujours sur l'élément qui le suivait avant l'insertion du nouvel étudiant;

(2) Insertion du nouvel élément à la place adéquate dans la liste ici entre le 2ème et le 3ème élément

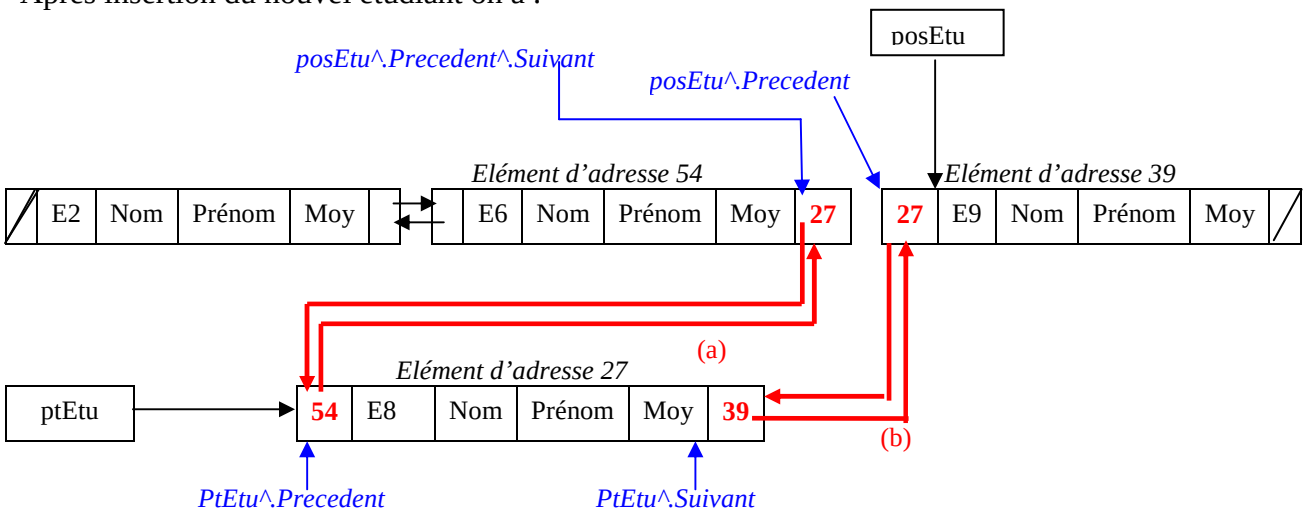
Initialement on a :



Elément à insérer :



Après insertion du nouvel étudiant on a :

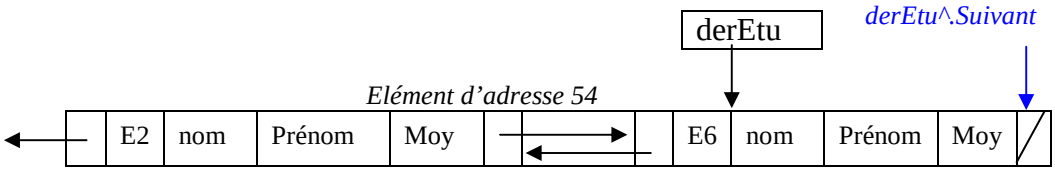


On voit bien sur cette figure que :

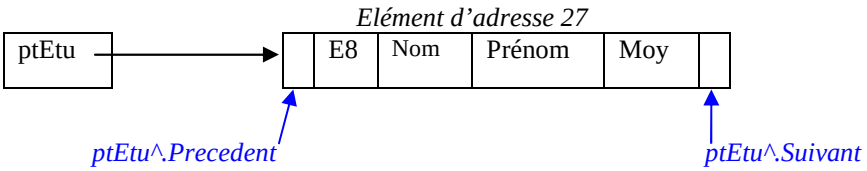
- ptEtu qui sera le 3ème élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur ptEtu^.precedent = posEtu^.precedent (a);
  - son pointeur ptEtu^.suivant = posEtu, adresse de l'élément avant lequel doit se faire l'insertion (b).
- posEtu qui sera désormais le 4ème élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur posEtu^.precedent = ptEtu, puisque l'élément qui le précède désormais est celui qui vient d'être créé à l'adresse ptEtu ;
- Le 2ème élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur suivant représenté par posEtu^.precedent^.suivant qui doit être égal à ptEtu.

(3) Nouvel étudiant inséré en fin de liste

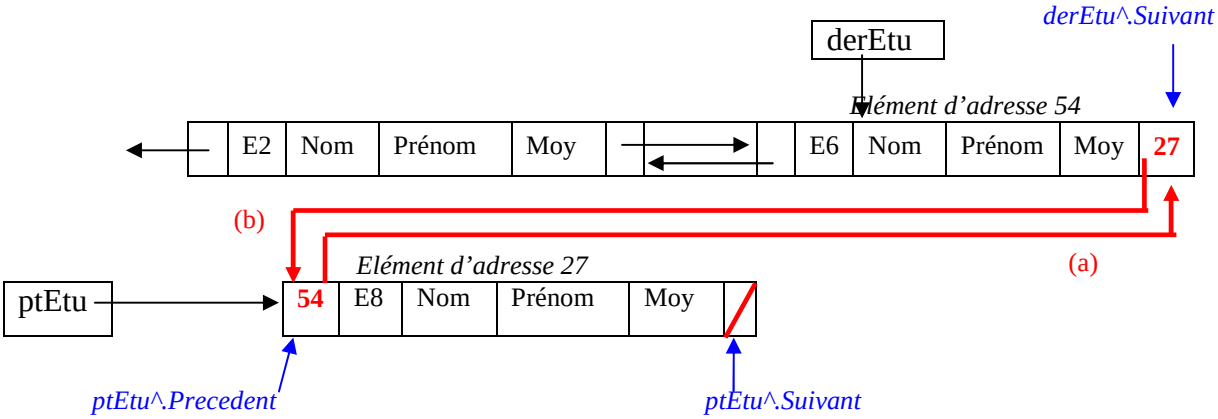
Initialement on a :



Elément à insérer :



Après insertion du nouvel étudiant on a :



On voit bien sur cette figure que :

- ptEtu qui sera le dernier élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur ptEtu^.precedent = derEtu (a);
  - son pointeur ptEtu^.suivant = Nil puisqu'il sera le dernier de la liste.
- derEtu^ qui sera désormais l'avant dernier élément de la liste doit avoir :
  - son pointeur derEtu^.suivant = ptEtu, puisque l'élément qui le suit est celui qui vient d'être créé à l'adresse ptEtu (b);

```
procédure insererEtudiant(  entrée-sortie Tête : ListeEtuDC,
                            entrée numEtu, nomEtu, prenomEtu : chaîne)
Variables
     p : ListeEtuDC                              /* pointeur de parcours */
     ptEtu : ListeEtuDC
     stop : booléen
Début
     allouer(ptEtu) /* création du nouvel étudiant */
     ptEtu^.No ← numEtu
     ptEtu^.Nom ← nomEtu
     ptEtu^.Prenom ← prenomEtu
     si Tête = Nil alors         /* la liste est vide, l'élément sera unique */
          ptEtu^.suivant ← Nil
          ptEtu^.precedent ← Nil
          Tête ← ptEtu
          Queue ← ptEtu
     sinon
          si numEtu < Tête^.No alors                /* insertion en tête */
               ptEtu^.suivant ← Tête
               ptEtu^.precedent ← Nil
               Tête^.precedent ← ptEtu
               Tête ← ptEtu
          sinon              /* parcours de la liste jusqu'à trouver le 1er No
               p ← Tête      supérieur à celui à insérer */
               stop ← faux
               tantque p^.suivant ≠ Nil et non stop faire
                    si p^.No > numEtu alors /* insertion avant p^ */
                         stop ← vrai
                    sinon
                         p ← p^.suivant
               fintantque
               si p^.No > numEtu alors /* insertion avant le dernier p^ */
                    ptEtu^.suivant ← p
                    ptEtu^.precedent ← p^.precedent
                    p^.precedent^.suivant ← ptEtu
                    p^.precedent ← ptEtu
               sinon         /* insertion en fin de liste, après p^ */
                    ptEtu^.suivant ← Nil
                    ptEtu^.precedent ← p
                    p^.suivant ← ptEtu
                    /* pas d'élément suivant à modifier */
          finsi
     finsi
Fin
```


BIBLIOGRAPHIE

Initiation à l'algorithmique et aux structures de données J. COURTIN et I. KOWARSKI (Dunod)

WEBOGRAPHIE

http://www.siteduzero.com/tutoriel-3-36245-les-listes-chainees.html
http://liris.cnrs.fr/pierre-antoine.champin/enseignement/algo/listes_chainees/
http://deptinfo.cnam.fr/Enseignement/CycleA/SD/cours/structuress%E9quentielleschain%E9es.pdf
http://pauillac.inria.fr/~maranget/X/421/poly/listes.html#toc2
http://users.skynet.be/Marco.Codutti/esi/web/log2/cours/Liste.pdf
http://membres.lycos.fr/zegour/Publication/Livre3/Cours/Part7.htm
http://wwwens.uqac.ca/~rebaine/8INF805/courslistespilesetfiles.pdf