Chapitre 9 : types récursifs, les listes

Listes et tableaux

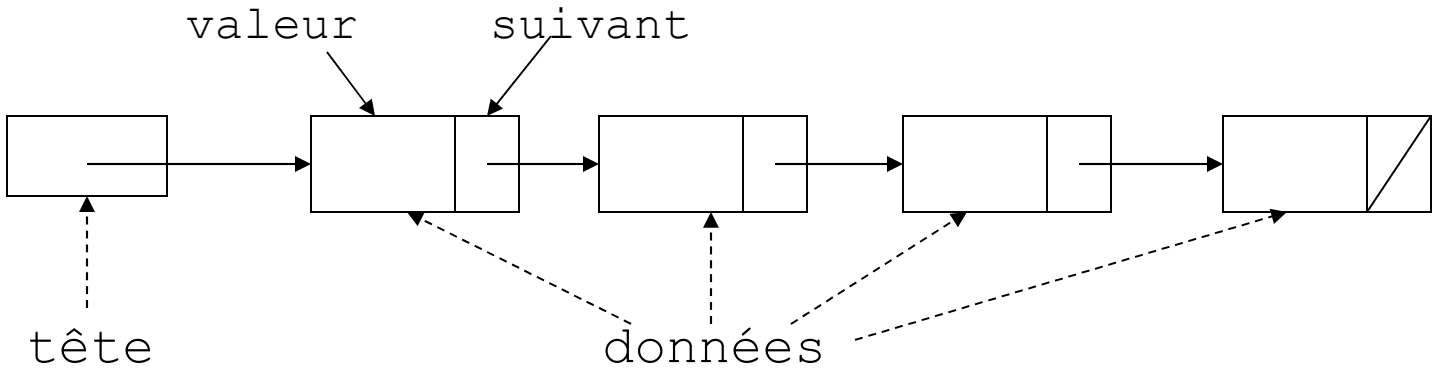
Opérations sur les listes

Exemples

Arbres binaires

Les listes

Une liste est une structure de données qui relie des objets de type identique (et quelconque)



Différences entre listes et tableaux

Accès aux éléments :

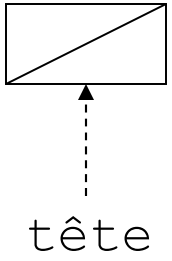
- dans un tableau, on accède à chaque élément par son indice. L'accès est immédiat
- dans une liste, on accède aux éléments séquentiellement à partir du premier. On doit donc parcourir tout ou partie de la liste avant de trouver l'élément voulu

Taille:

- un tableau a une taille fixe
- une liste a une taille flexible. On peut toujours rajouter un élément à une liste

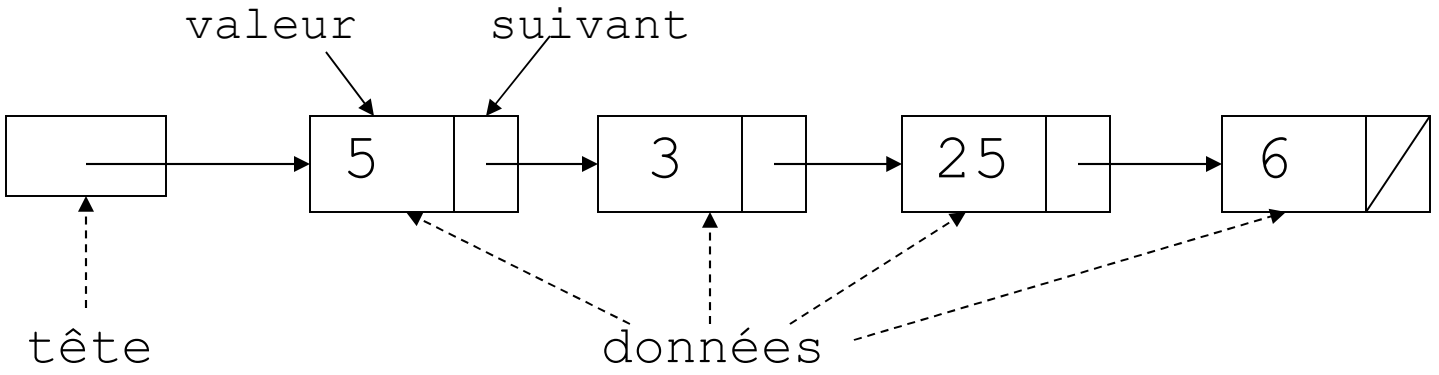
Définition

Les listes sont définies récursivement.



Un liste `l` d'éléments de type `T` est soit :

- vide (notée `l=[]`)
- constituée d'un premier élément de type `T` (noté `e`) et d'une liste d'éléments de type `T` (notée `r`) => `l=(e,r)`



Représentation java

```
// exemple : liste d'entiers
class ListeInt{
   int valeur;
   Liste suivant;

   ListeInt(int premier, ListeInt reste){
     valeur = premier;
     suivant = reste;
   }
}
```

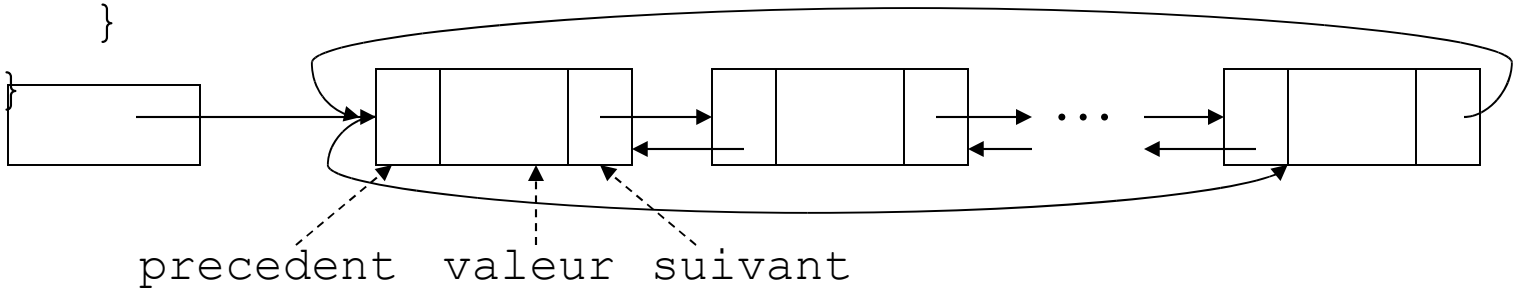
Cette représentation impose la présence d'au moins un élément

Pour créer une liste vide en java, on utilise la référence nulle

```
   ListeInt l = null;
```

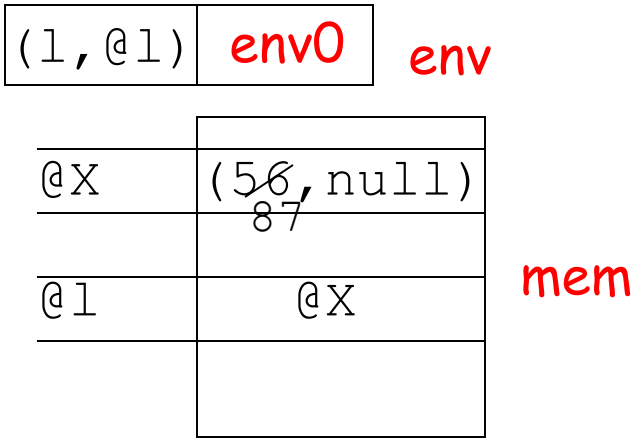
Listes doublement chaînées

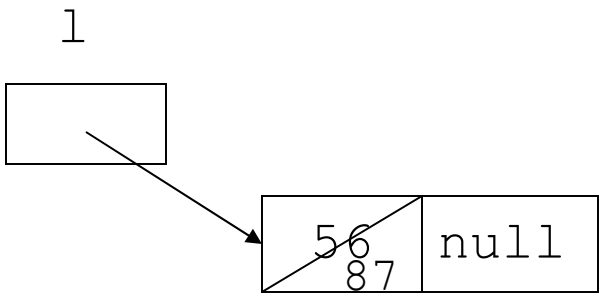
```
// exemple : liste d'entiers
class ListeInt{
    int valeur;
    Liste precedent;
    Liste suivant;

    ListeInt(int premier,ListeInt avant,
             ListeInt apres){
      valeur = premier;
      precedent = avant;
      suivant = apres;
    }
}
```



Manipulation de listes en Java (1/3)

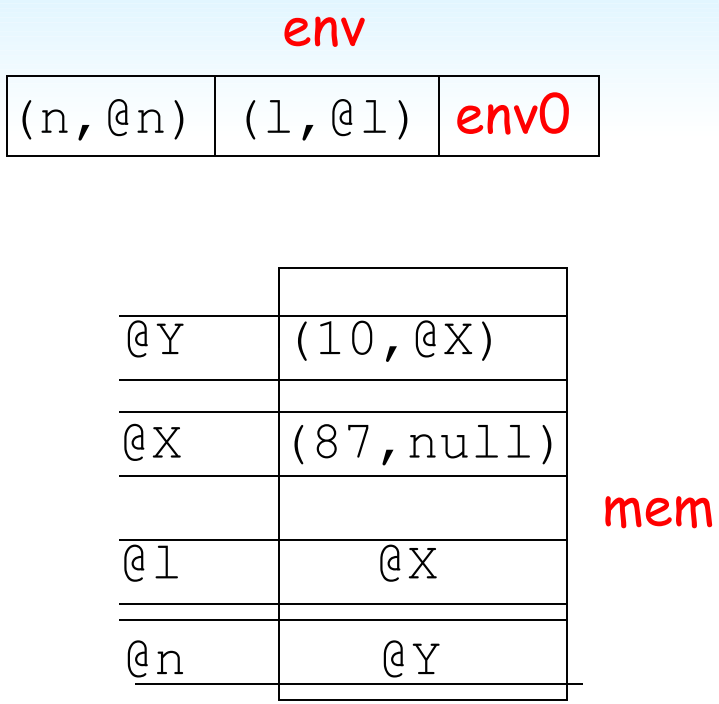
```
ListeInt l = null;
l= new ListeInt(56,null);
l.valeur = 87;
```

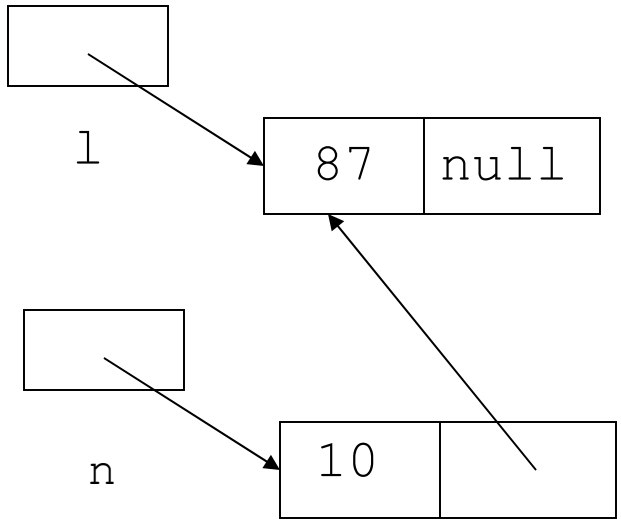




Manipulation de listes en Java (2/3)

```
ListeInt n = new ListeInt(10,l);
```





Manipulation de listes en Java (3/3)

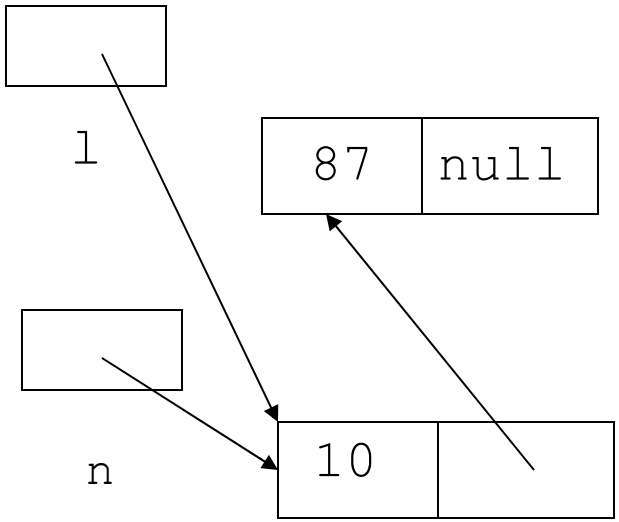
```
l = n;
// copie des références et non des objets
```

env

(n,@n)	(l,@l)	env0

mem

@Y	(10,@X)
@X	(87,null)
@l	@Y
@n	@Y



Comparaisons

```
l == n
// vaut true si l et n réfèrent le même objet

l == null
// vaut true si la liste l est vide
```

La classe Liste d'entiers (1/3)

```
class ListeInt{
 private int valeur;
 private ListeInt suivant;
 public ListeInt(int premier, ListeInt reste){
      valeur = premier;
      suivant = reste;
    }
  // insertion d'un élément en tête de liste
 public ListeInt cons(int e){....}
  // récupération de la valeur de la tête de liste
 public int tete(){....}
  // récupération de la liste privée de son premier élément
 public ListeInt queue(){....}
}
```

La classe Liste d'entiers (2/3)

```
// insertion d'un élément en tête de liste
 public ListeInt cons(int e){
     return new ListeInt(e,this);
   }
// récupération de la valeur de la tête de liste
 public int tete(){
      return this.valeur;
   }
// récupération de la liste privée de son premier
// élément
 public ListeInt queue(){
      return this.suivant;
   }
```

La classe Liste d'entiers (3/3)

```
import static java.lang.System.*;
public class MainListe{
    public static void main(String[] args){
        ListeInt = new ListeInt( 4,null );
        l=l.cons(5);
        l=l.cons(8);
        do{
          out.println(l.tete());
          l=l.queue();
        }while( l!=null);
    }
}
```

résultat

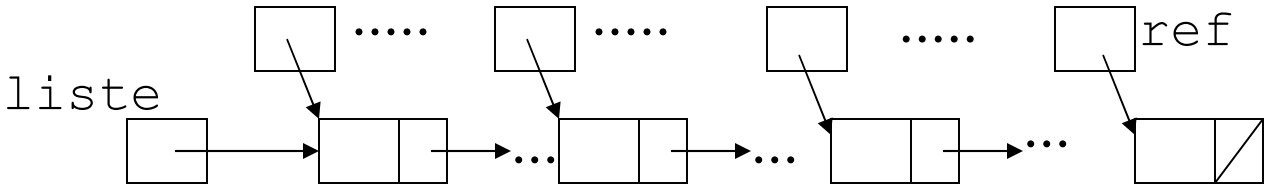
```
8
5
4
```

Autre opération: modification

```
// modifier la valeur de tête d'une liste
public void modifierTete( int valeur ){
    this.valeur = valeur;
}

// modifier la queue d'une liste
public void modifierQueue( ListeInt queue ){
    this.suivant = suivant;
}
```

Autre opération: longueur

```
// longueur d'une liste
public int longueur(){
   int lg = 0;
   ListeInt ref = this;
   while( ref!=null ){
      lg++;
      ref=ref.queue();
   }
   return lg;
}
```



Autre opération: appartenance

```
// appartenance d'une valeur à une liste
public boolean contient( int valeur ){
  ListeInt ref = this;
  while(ref != null){
    if(ref.tete() == valeur)
      return true;
    else
      ref=ref.queue();
  }
  return false;
}
```

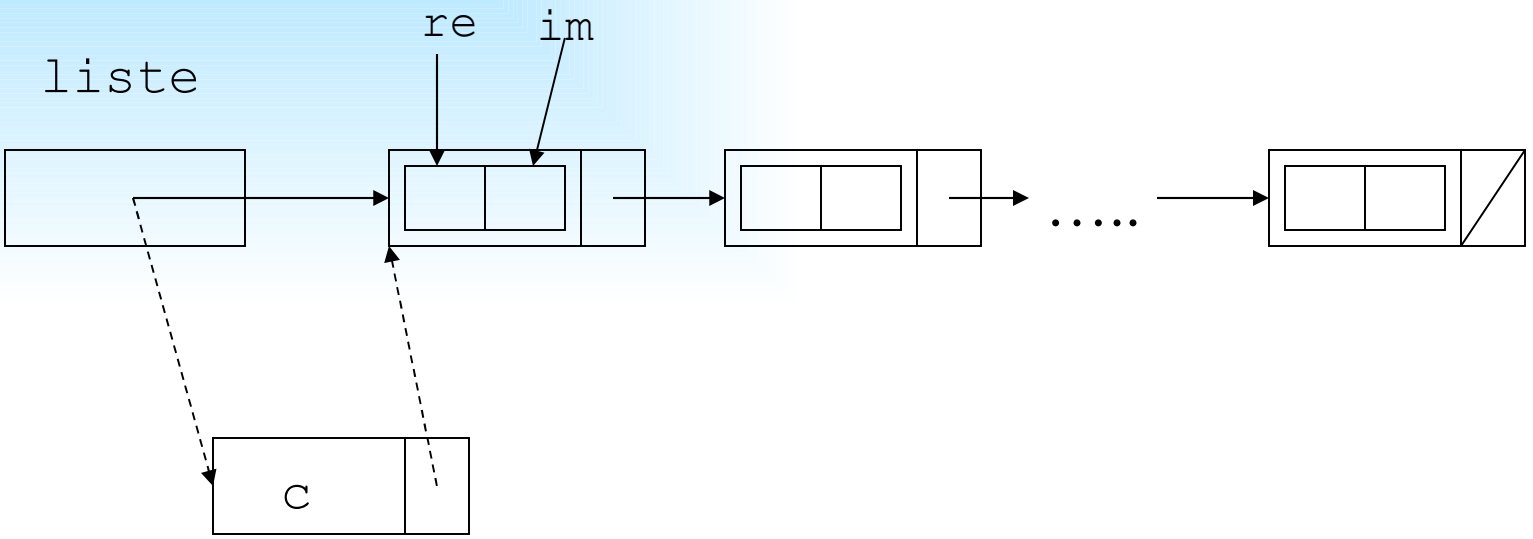
Autre opération: concaténation

```
// concaténer la liste réceptrice avec une autre liste
public void concatener(ListeInt l){
  ListeInt ref = this;
  while(ref.queue() != null){
  // parcours jusqu'à la dernière cellule de la liste
    ref = ref.queue();
  }
  ref.modifierQueue( l );
}
```

Autre liste: liste de complexes

```
class Complexe{
  private float re,im;
  public Complexe( float re,float im){
    this.re = re; this.im = im;
  }
}
class ListeComplexe{
  Complexe valeur;
  ListeComplexe suivant;
  public ListeComplexe(Complexe c,ListeComplexe l){
    this.valeur = c; this.suivant = l;
  }
  public ListeComplexe ajouter
                    (Complexe c, ListeComplexe liste){
    liste = new ListeComplexe(c,this);
  }
  .....
}
```

ajouter(Complexe c, ListeComplexe liste)



Exemple : liste des mots d'un texte

Comment rassembler en une unique structure, des données dont le nombre sera déterminé dynamiquement ?

Exemple: programme qui parcourt un texte et ajoute chaque mot nouveau à une liste. Si ce mot est déjà présent, il incrémente son nombre d'occurrences.

On considère (pour simplifier) que le texte ne compte qu'un mot par ligne.

Exemple (1/10): typage

```
class Donnee{
      private String mot;
      private int occ = 0;
      public Donnee( String mot, int occ){
         this.mot = mot;
         this.occ = occ;
      }
      public void incrementerOcc(){
          occ++;
      }
}
```

Exemple (1/10): typage

```
class Liste{
 private Donnee valeur;
 private Liste suivant;
 public Liste(Donnee premier, Liste reste){
      valeur = premier;
      suivant = reste;
    }
  // insertion d'un élément en tête de liste
 public Liste cons(Donnee e){....}
  // récupération de la valeur de la tête de liste
 public Donnee tete(){....}
  // récupération de la liste privée de son premier élément
 public Liste queue(){....}
}
```

Exemple (2/10) : algorithme

```
début
  ouvrir le fichier texte en lecture;
  lire un mot;
  créer une liste initialisée avec le mot lu
  tant que
    il reste des mots à lire
  faire
    lire un mot;
    ajouter ce mot à la liste;
  fin faire;
  afficher la liste obtenue;
fin.
```

Exemple (3/10) : raffinement

2 méthodes apparaissent (à inclure dans la classe `Liste`):

- Ajouter une donnée à la liste.

```
Liste ajouter(String mot);
```

- Afficher la liste

```
void println();
```

Exemple (4/10) : programme principal

```
package listes;
import java.util.Scanner;
import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
public class Mots{
 public void main()throws FileNotFoundException{
  Scanner in = new Scanner( new
                        File("D:\\ProjetsBlueJ\\texte.txt") );
  String mot  = in.next();
  Liste liste = new Liste(new Donnee(mot,1),null);
  while( in.hasNext() ){
      mot   = in.next();
      liste = liste.ajouter( mot );
  }
  liste.println();
 }
}
```

Exemple (5/10) : algorithme de ajouter (version récursive)

```
début
 si le mot lu est le premier de la liste
 alors
  incrémenter le nombre d'occurrences de ce mot;
 sinon
  si la liste ne possède qu'un seul élément
      ajouter la donnée en tête de la liste;
  sinon
      retourner la liste après avoir ajouter le mot
      dans la queue de la liste;
  fin si;
 fin si;
fin;
```

Exemple (6/10) : code de ajouter (version récursive)

```
// ne s'applique qu'à une liste non vide
public Liste ajouter( String mot ){
  Donnee donnee = this.valeur;
  if(mot.equals(donnee.mot)){
    donnee.incrementerOcc();
    return this;
  }
  else
    if(this.suivant==null)
      return this.cons(new Donnee(mot,1));
    else
      return new Liste(donnee,this.suivant.ajouter(mot));
}
```

Exemple (7/10) : algorithme de ajouter(version itérative)

```
// on suppose la liste non vide
début
curseur<-liste;
tant que non vide(curseur) faire
  si mot lu = premier mot du curseur
  alors incrémenter première cellule du curseur;
  sinon curseur<-suivant du curseur;
  fin si;
fin tant que;
ajouter nouvelle cellule en tête de liste;
fin;
```

Exemple (8/10) : code de ajouter (version itérative)

```
public Liste ajouter( String mot ){
        Liste ref = this;
        Donnee donneeCourante=ref.valeur;
        String motCourant = null;
        while( ref!=null ){
            motCourant = donneeCourante.mot;
            if( mot.equals(motCourant)){
                ref.valeur.incrementerOcc();
                return this;
             }
             else
                 ref = ref.suivant;
             donneeCourante = ref.valeur;
         }
         return this.cons(new Donnee(mot,1));
    }
```

Exemple (9/10) : code de println

```
// méthode de la classe Liste
public void println(){
        System.out.println(" mot   nombre d'occurences");
        Liste ref = this;
        Donnee donnee = this.valeur;
        String mot = null;
        int occ = 0;
        while(ref != null){
            mot = donnee.mot;
            occ = donnee.occ;
            System.out.printf("%s=>%d\n",mot,occ);
            ref = ref.queue();
            donnee = ref.valeur;
         }
    }
```

Exemple (10/10) : résultats

Fichier texte

```
un
arbre
binaire
est
soit
vide
soit
possede
un
sous
arbre
binaire
gauche
et
un
sous
arbre
binaire
droite
```

```
---- affichage de la liste
 mot nombre d'occurences
      arbre=>3
    binaire=>3
       est=>1
      soit=>2
      vide=>1
    possede=>1
       sous=>2
     gauche=>1
         et=>1
     droite=>1
         un=>3
```

Arbre binaire

Structures naturellement adaptées à une grande variété d'algorithmes

- Recherche du meilleur coup à jouer (go,échecs)
- Recherche d'une donnée associée à une clé

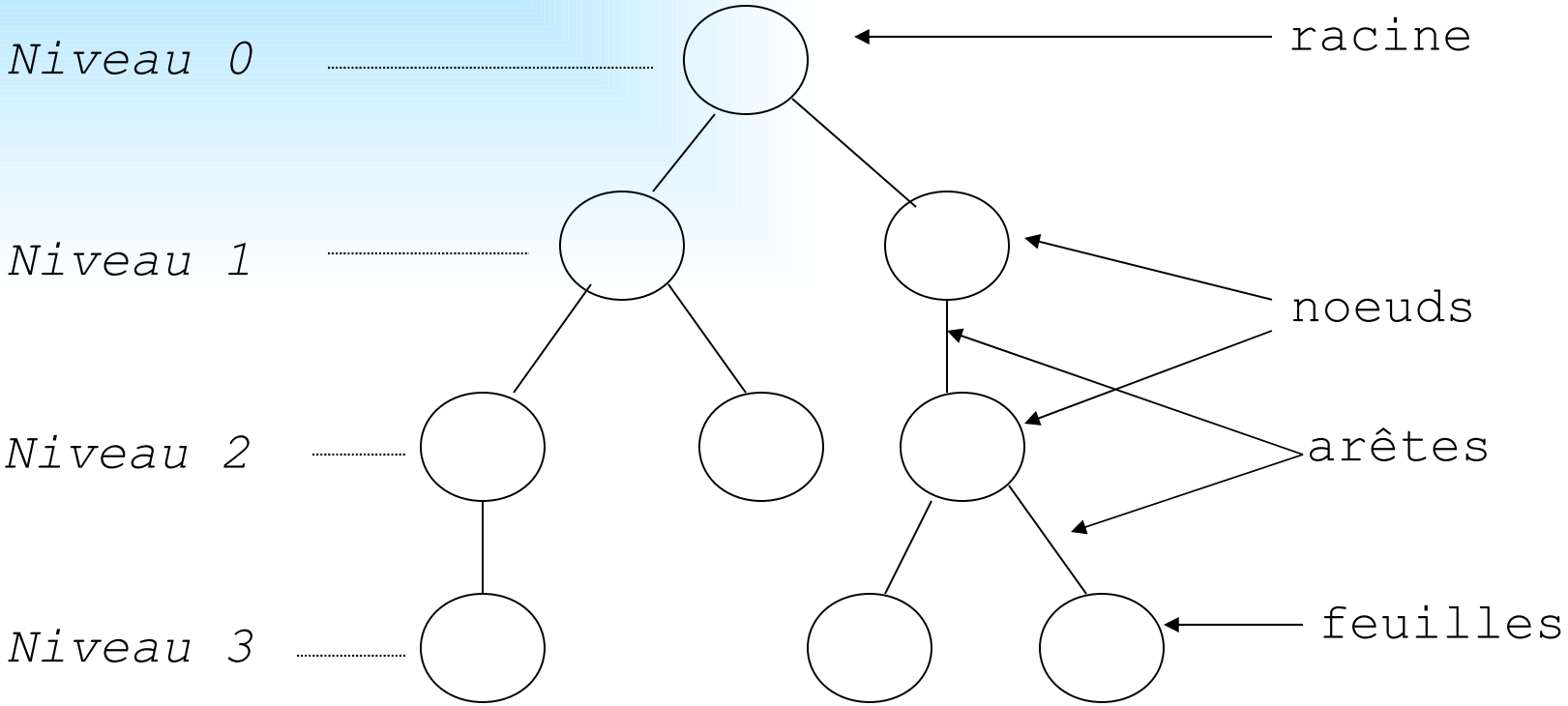
Définition récursive

Un arbre binaire est :

Soit vide

Soit un nœud qui possède un sous-arbre gauche et un sous-arbre droite eux mêmes arbres binaires

Représentation graphique



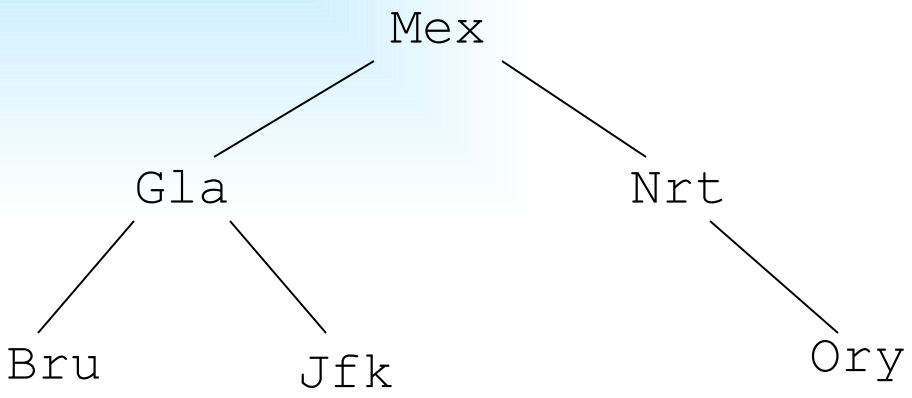
Exemple (1/9) : arbre binaire de recherche

L'ensemble des informations concernant les aéroports internationaux est classé dans un arbre binaire selon l'ordre lexicographique de leur sigle.

Ce choix (arbre plutôt que liste) améliore aussi bien la *recherche* que l'*ajout* d'un nouvel aéroport

La longueur d'un chemin de l'arbre est plus courte que la longueur de la séquence

Exemple (2/9) : un arbre



Propriété conservée :

`cle(fils_gauche)< cle < cle(fils_droite)`

Exemple (3/9) : typage

```
public class Element{
    private String sigle;
    private String infos;

    public Element(String sigle,String infos){
        this.sigle = sigle;
        this.infos = infos;
    }

    public String getInfos(){
        return infos;
    }

    public String getSigle(){
        return sigle;
    }
}
```

Exemple (4/9) : typage

```
public class ArbreBinaire{
    Element valeur;
    ArbreBinaire filsGauche;
    ArbreBinaire filsDroite;

    public ArbreBinaire(Element valeur,
                        ArbreBinaire filsGauche,
                        ArbreBinaire filsDroite){
        this.valeur = valeur;
        this.filsGauche = filsGauche;
        this.filsDroite = filsDroite;
    }
```

Exemple (4/9) : recherche

Soient `a` l'arbre binaire, `ag` et `ad` respectivement ses fils gauche et droite.

Soit un couple (sigle,info) noté `<s,d>`, de type `Element` racine de `a` :

`a=<<s,d>,ag,ad>`

Exemple (5/9) : algorithme de rechercher

Soit a= <<s,d>,ag,ad>

```
rechercher(s':Sigle,a:ArbreBinaire)=
        si s=s' alors d
        sinon si s>s'
              alors rechercher(s',ag)
              sinon rechercher(s',ad)
              fin si;
      fin si;
fin si;
```

Exemple (6/9) : code de `rechercher`

```
public String rechercher( String sigle ){
    if(this.sigle.equals(sigle))
        return valeur.getInfos();
    else
        if(this.sigle>sigle)
            return rechercher(sigle,filsGauche);
        else
            return rechercher(sigle,filsDroite);
}
```

Exemple (7/9) : algorithme de `inserer`

```
inserer
(s':Sigle,d':Donnee,<<s,d>,ag,ad>:ArbreBinaire)=
      si s/=s'
      alors si s>s'
            alors <<s,d>,inserer(s',d',ag),ad>
            sinon <<s,d>,ag,inserer(s',d',ad)>
            fin si;
      fin si;
fin si;
```

Exemple (8/9) : inserer

```
// on suppose que l'arbre n'est pas vide
public ArbreBinaire inserer(Element valeur){
  String MonSigle = this.valeur.getSigle();
  String UnSigle  = valeur.getSigle();
  if(!MonSigle.equals(UnSigle))
    if(MonSigle.compareTo(UnSigle)>0)
      if(filsGauche==null)
         return new ArbreBinaire(this.valeur,
                                 new ArbreBinaire(valeur,null,null),
                                 filsDroite);
      else
         return new ArbreBinaire(this.valeur,
                                       filsGauche.inserer(valeur),
                                       filsDroite);
    ......
```

Exemple (9/9) : inserer (suite)

```
  else
   if(filsDroite==null)
    return new ArbreBinaire(this.valeur,filsGauche,
                          new ArbreBinaire(valeur,null,null));
   else return new ArbreBinaire(this.valeur,filsGauche,
                                filsDroite.inserer(valeur));
else
   return this;
  }
```