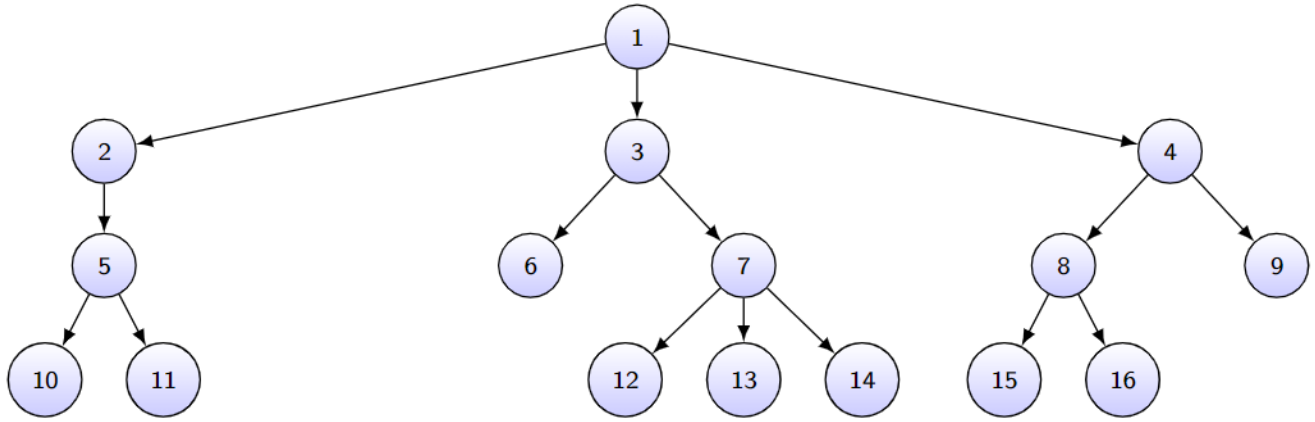
INFORMATIQUE 3

III. ARBRES

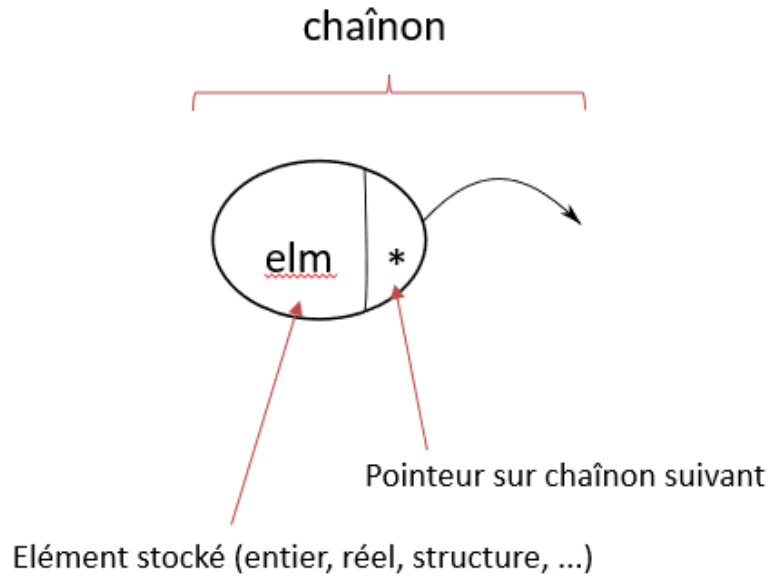


Eva ANSERMIN & Renaud VERIN & Romuald GRIGNON

CY TECH

Rappel: les listes chaînées

```
Structure Chainon :
        elmt : Element
        suivant : pointeur sur structure Chainon
```

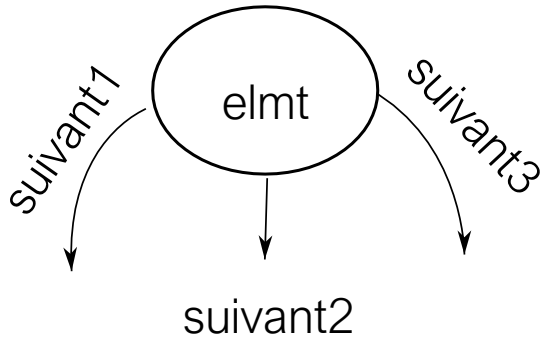


- Les chaînons de la liste pointent sur le chaînon suivant.
- Contrairement aux tableaux statiques, la taille des listes chaînées n'est pas limitée.

Et si on rajoutais une dimension ?

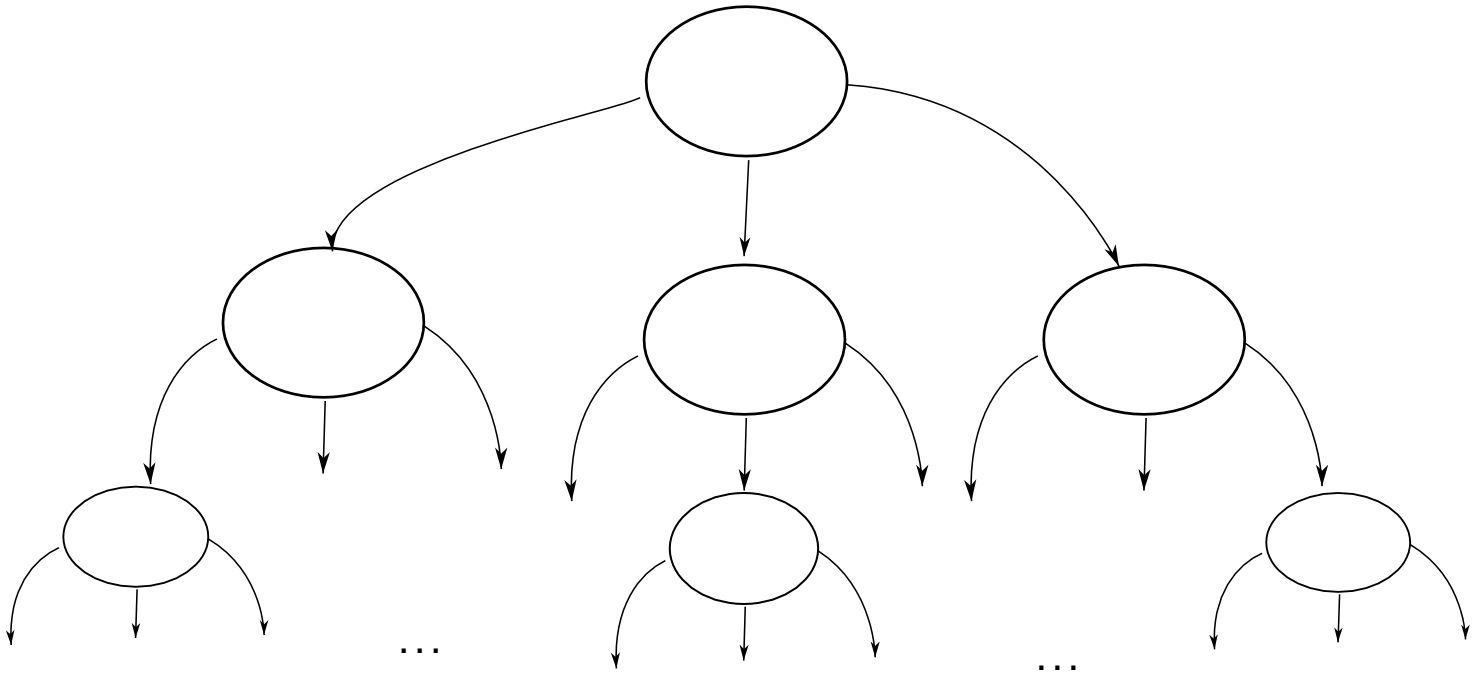
- Le principe des listes chaînées est utilisé pour de nombreux autres concepts!
- Exemple : une Chainon avec plusieurs « suivant »…

```
typedef struct chainon
{
    int elmt;
    struct chainon  *suivant1;
    struct chainon  *suivant2;
    struct chainon  *suivant3;
} Chainon;
```



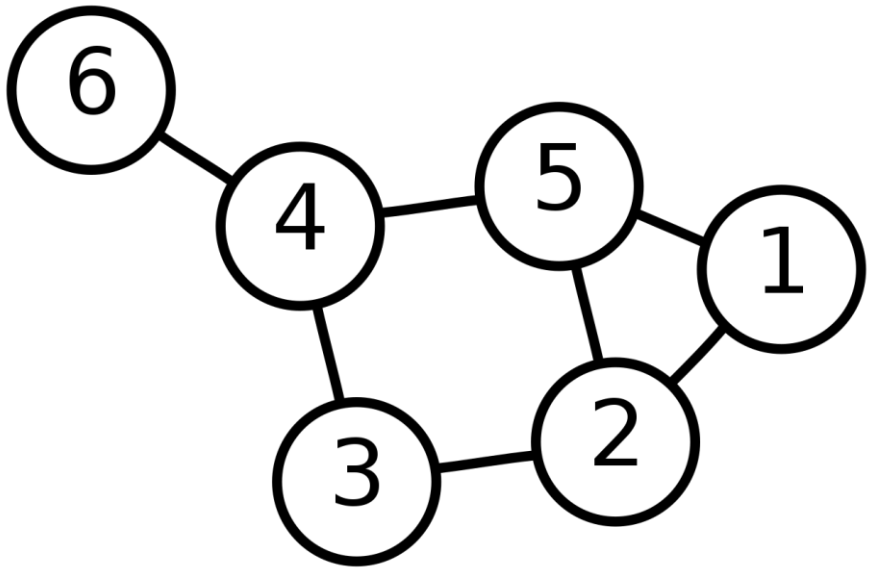
Et si on rajoutais une dimension ?

- Le principe des listes chaînées est utilisé pour de nombreux autres concepts!
- Exemple : une Chainon avec plusieurs « suivant »… permet de construire un arbre !



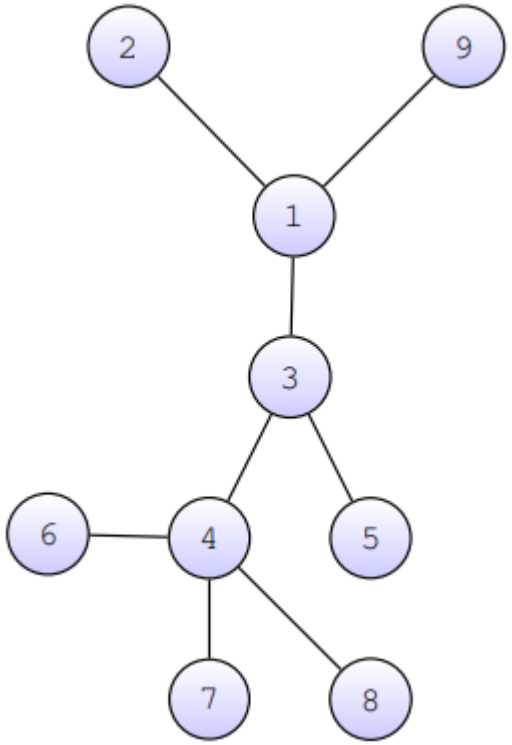
Les graphes

- Les listes chaînées appartiennent à la famille des graphes.
- Un graphe est composé d'un ensemble d'éléments reliés entre eux.
- Il existe une très grande variété de types de graphes. La discipline qui les étudie est la théorie des graphes.

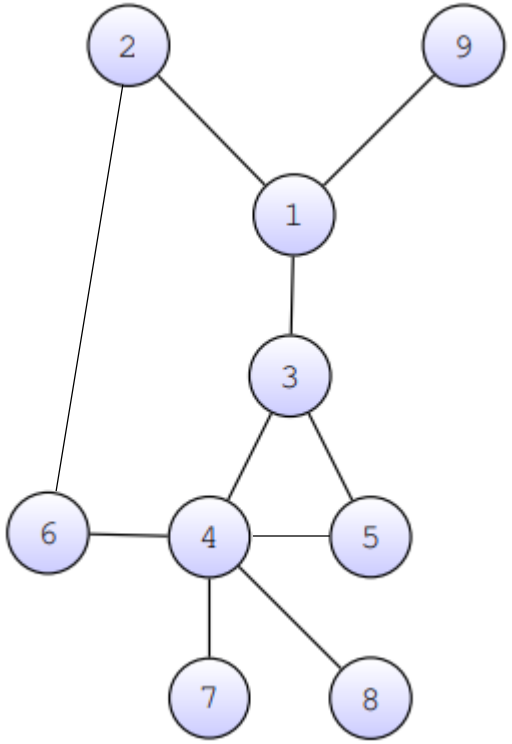


Arbre : définition

- Un arbre est un graphe (orienté ou non), connexe et sans cycle.



Arbre



Graphe connexe avec cycle

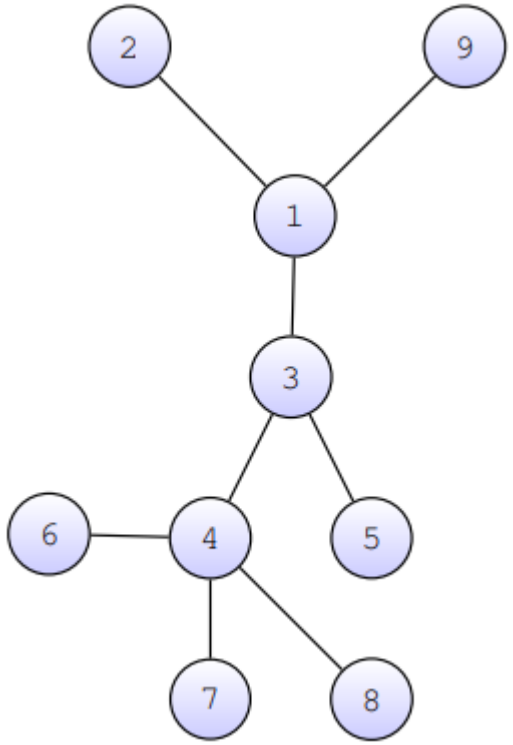
Orienté: il n'y a qu'un seul sens autorisé pour aller d'un élément à l'autre

Connexe : d'un seul tenant.
On peut toujours trouver un chemin qui lie deux élément entre eux

Sans cycle : pas de "rebouclage" entre les éléments

Arbre enraciné

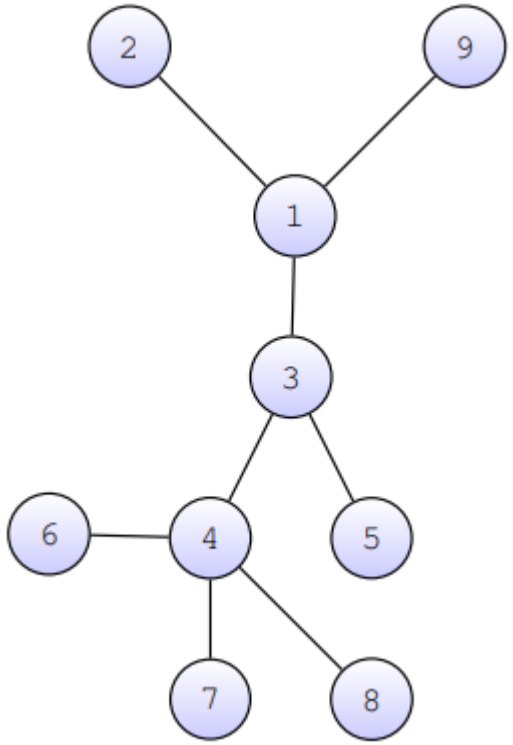
- **Arbre non-enraciné** : il n'y a pas d'ordre entre ses éléments



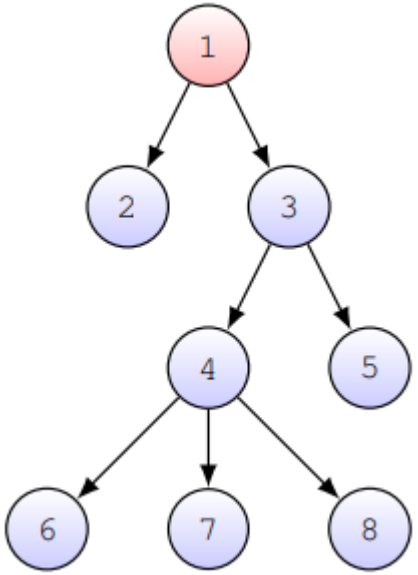
Arbre non enraciné

Arbre enraciné

- Arbre non-enraciné : il n'y a pas d'ordre entre ses éléments
- Arbre enraciné : arbre hiérarchique dans lequel on peut établir des niveaux. Il est orienté.



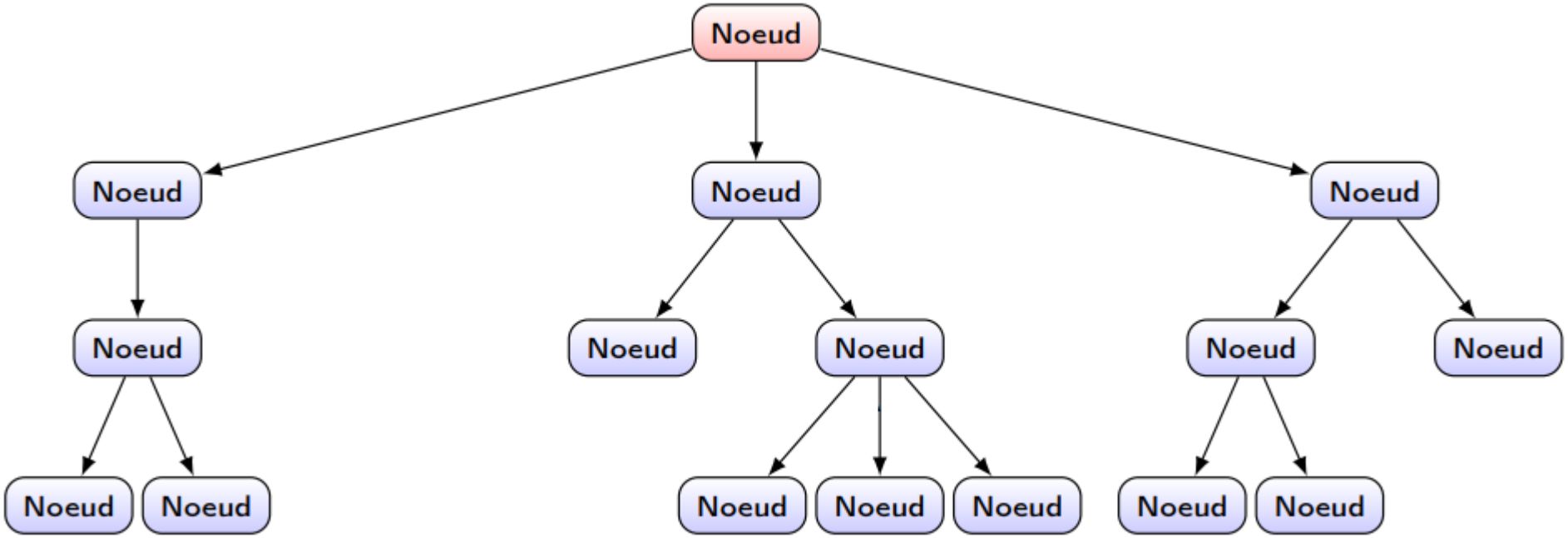
Arbre non enraciné



Arbre enraciné ou orienté

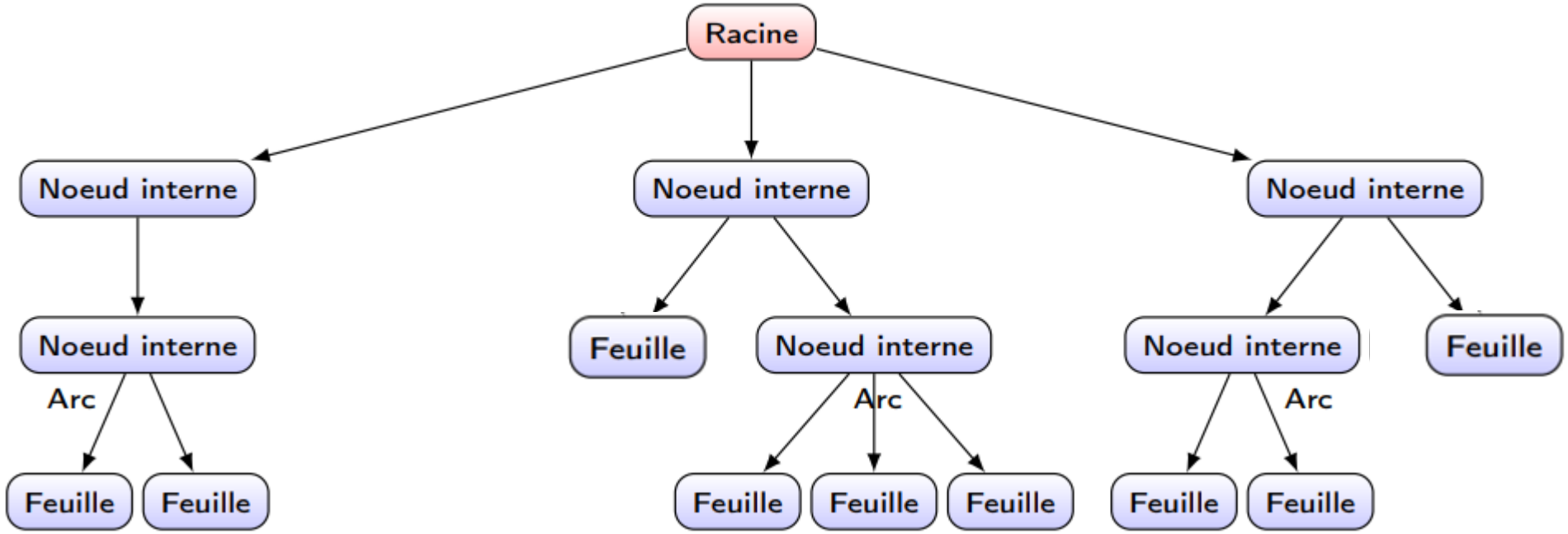
Arbre : vocabulaire

- Un nœud est un élément de l'arbre.



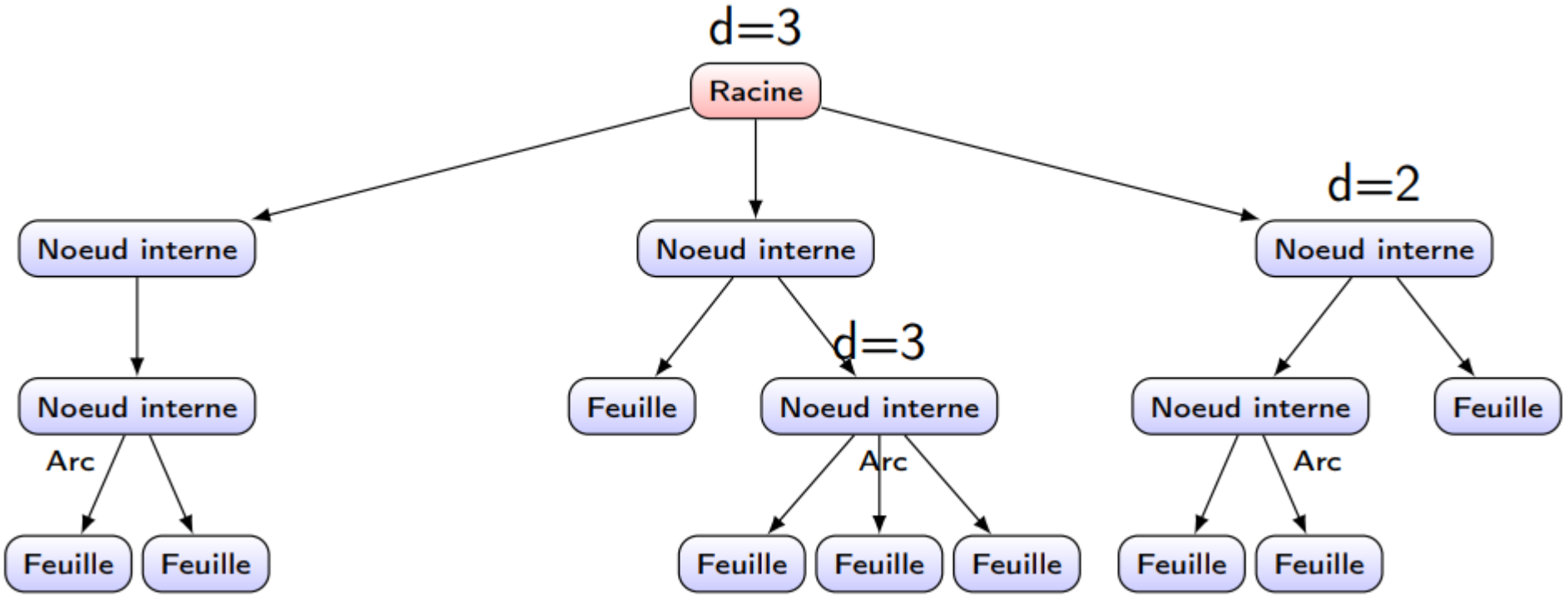
Arbre : vocabulaire

- Racine : nœud au sommet de l'arbre.
- Nœud externe ou feuille : c'est un nœud qui n'a pas d'arc sortant, qui est au bout de l'arbre.
- Nœud interne : c'est un nœud qui n'est pas externe.



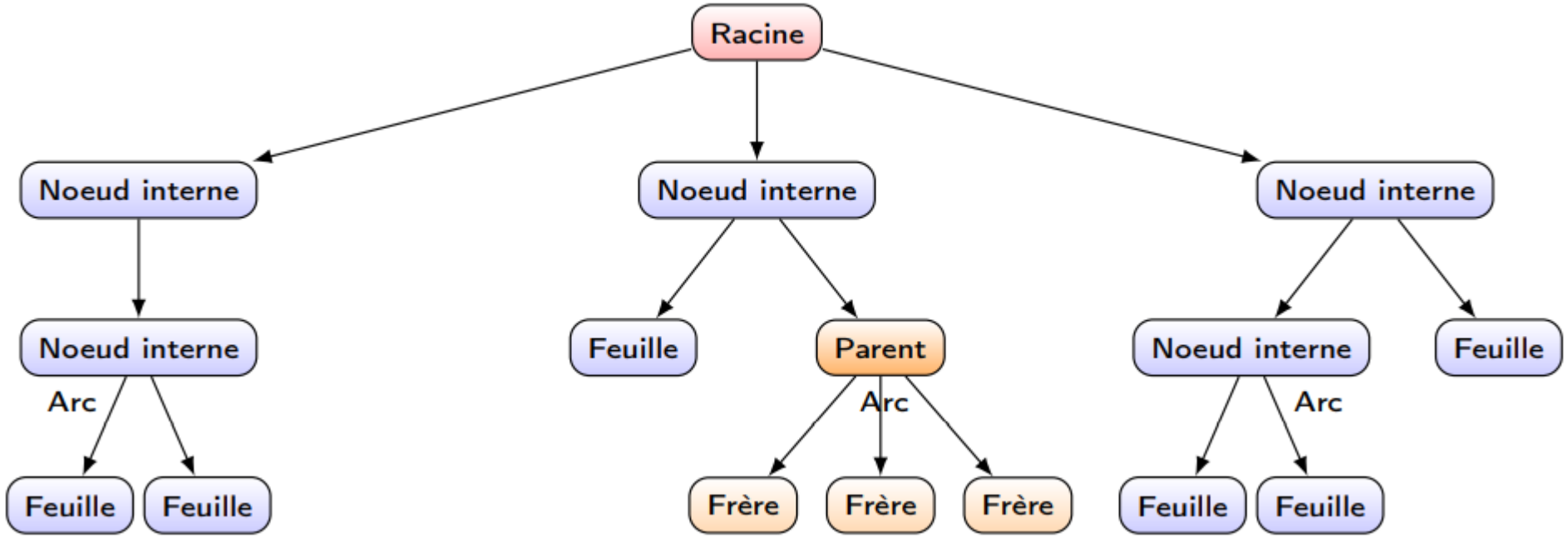
Arbre : vocabulaire

- Racine : nœud au sommet de l'arbre.
- Nœud externe ou feuille : c'est un nœud qui n'a pas d'arc sortant, qui est au bout de l'arbre.
- Nœud interne : c'est un nœud qui n'est pas externe.
- Degré d'un nœud : le nombre d'arcs sortants d'un nœud, nombre de fils.



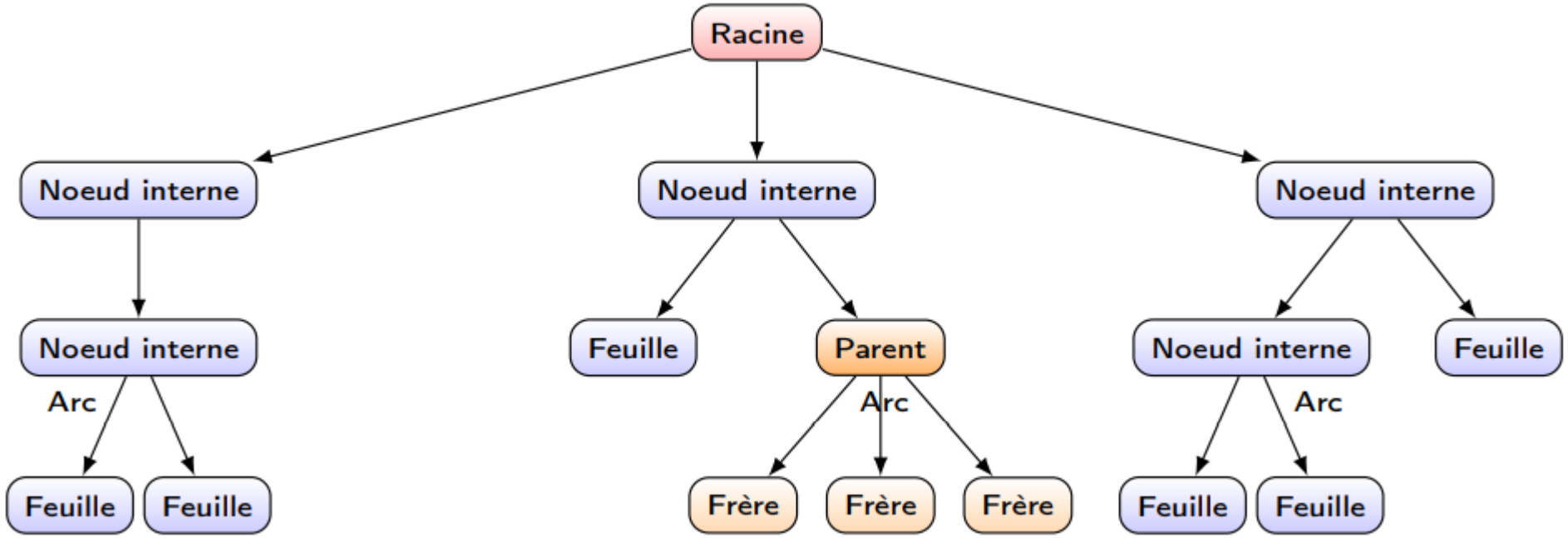
Arbre : vocabulaire

- Racine : nœud au sommet de l'arbre.
- Nœud externe ou feuille : c'est un nœud qui n'a pas d'arc sortant, qui est au bout de l'arbre.
- Nœud interne : c'est un nœud qui n'est pas externe.
- Degré d'un nœud : le nombre d'arcs sortants d'un nœud, nombre de fils.
- Nœuds frères ou sœurs : des nœuds qui ont le même parent.



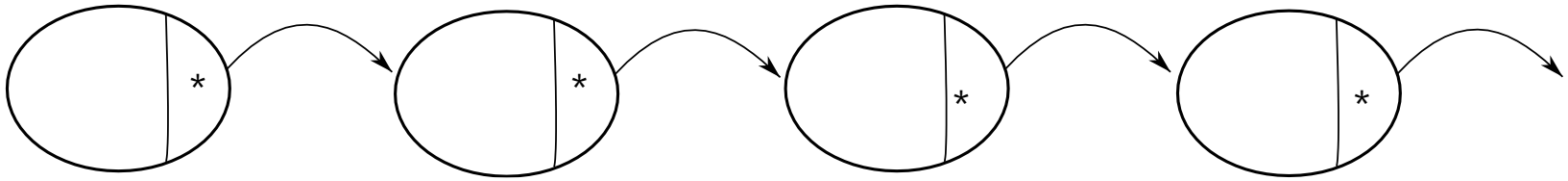
Arbre : vocabulaire

- Racine : nœud au sommet de l'arbre.
- Nœud externe ou feuille : c'est un nœud qui n'a pas d'arc sortant, qui est au bout de l'arbre.
- Nœud interne : c'est un nœud qui n'est pas externe.
- Degré d'un nœud : le nombre d'arcs sortants d'un nœud, nombre de fils.
- Nœuds frères ou sœurs : des nœuds qui ont le même parent.
- Un sous-arbre est l'arbre issu d'un nœud.



Arbre : vocabulaire

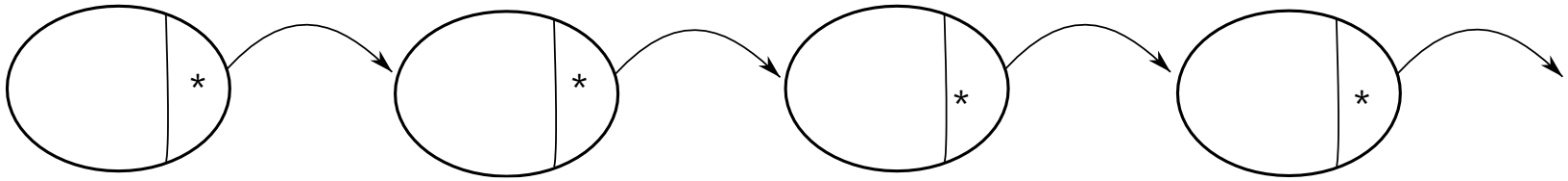
- Une liste chaînée est un arbre orienté (enraciné) ou chaque noeud a un seul fils!



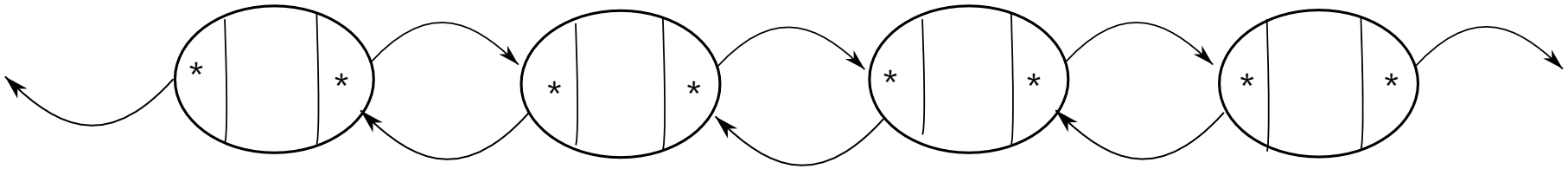
- Arbre non orienté où chaque noeud à un fils ??

Arbre : vocabulaire

- Une liste chaînée est un arbre orienté (enraciné) ou chaque noeud a un seul fils!



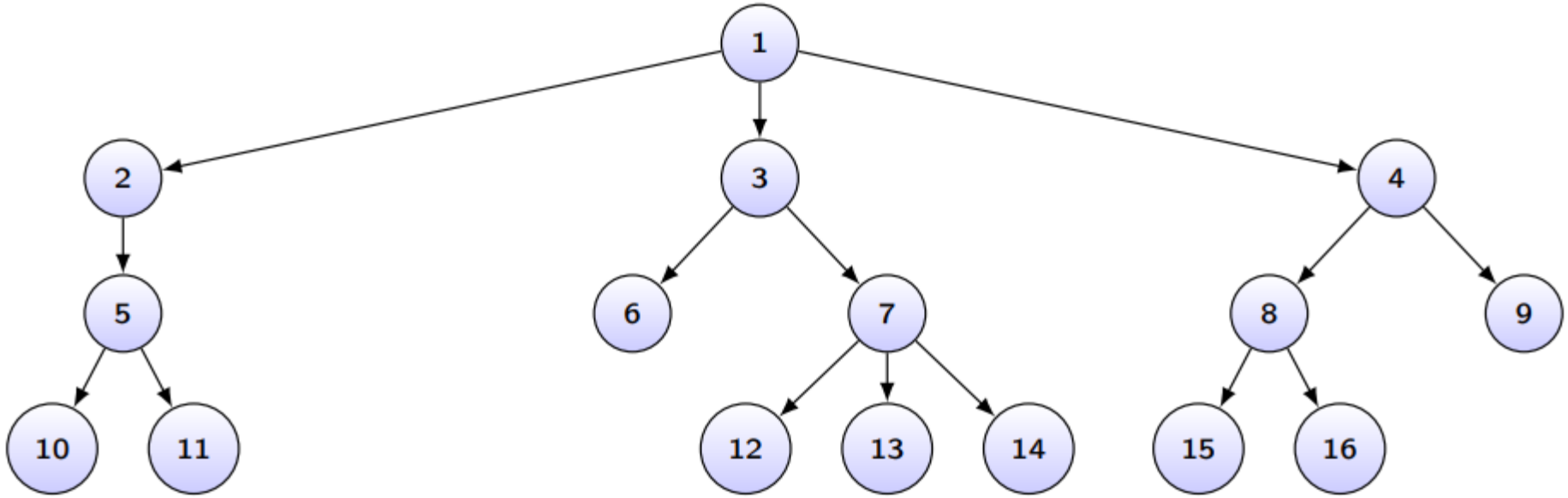
- Arbre non orienté où chaque noeud à un fils ??



Liste doublement chaînée !

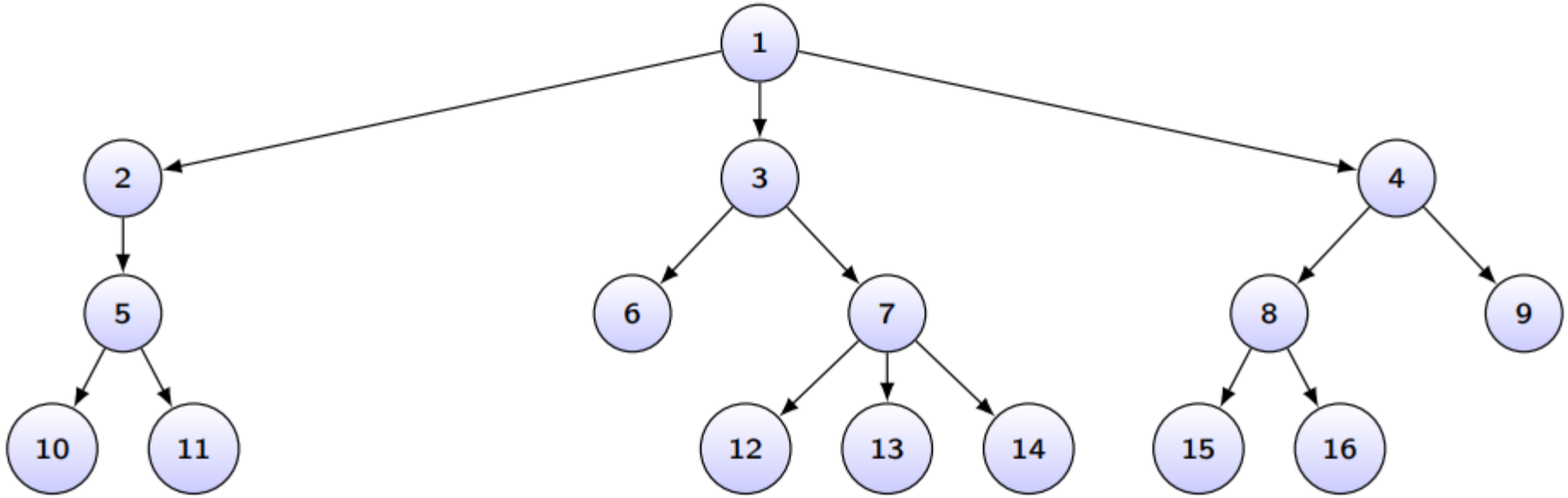
Arbre : vocabulaire

- Arbre numéroté : chaque nœud est étiqueté par un entier positif
- Arbre ordonné : il existe un ordre entre les enfants et les nœuds internes. On dit que le i ème enfant est absent si aucun nœud n'est étiqueté par la valeur i.



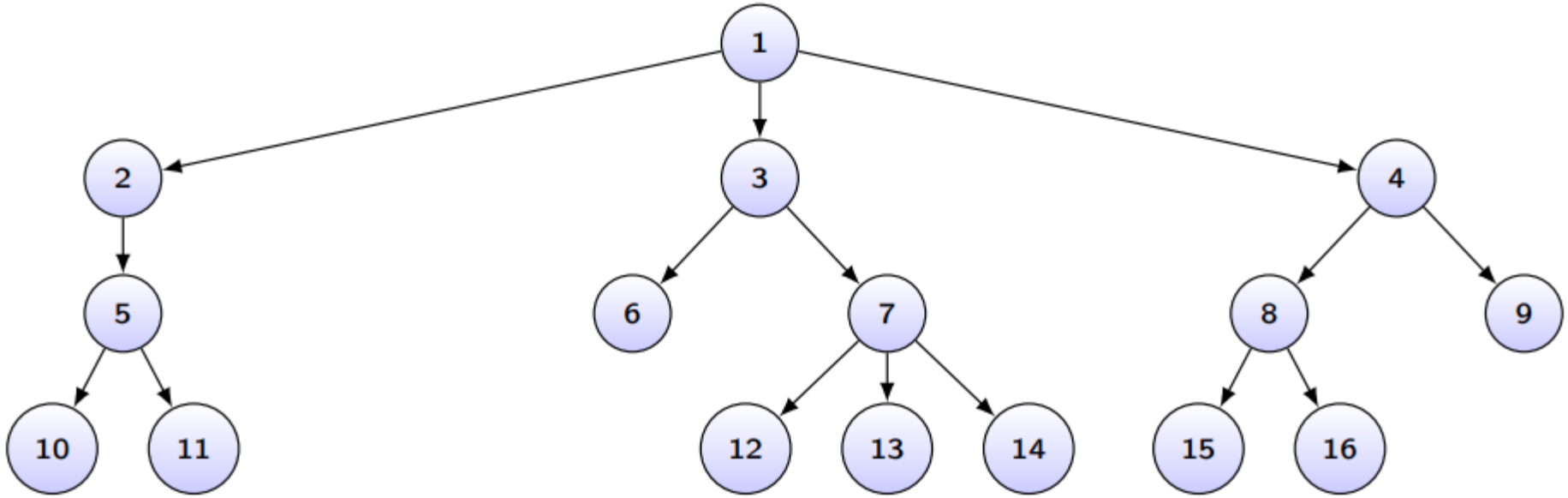
Arbre : vocabulaire

- Arbre numéroté : chaque nœud est étiqueté par un entier positif
- Arbre ordonné : il existe un ordre entre les enfants et les nœuds internes. On dit que le i ème enfant est absent si aucun nœud n'est étiqueté par la valeur i.
- Un **arbre k-iaire** est un arbre dont les nœud ont au maximum k fils



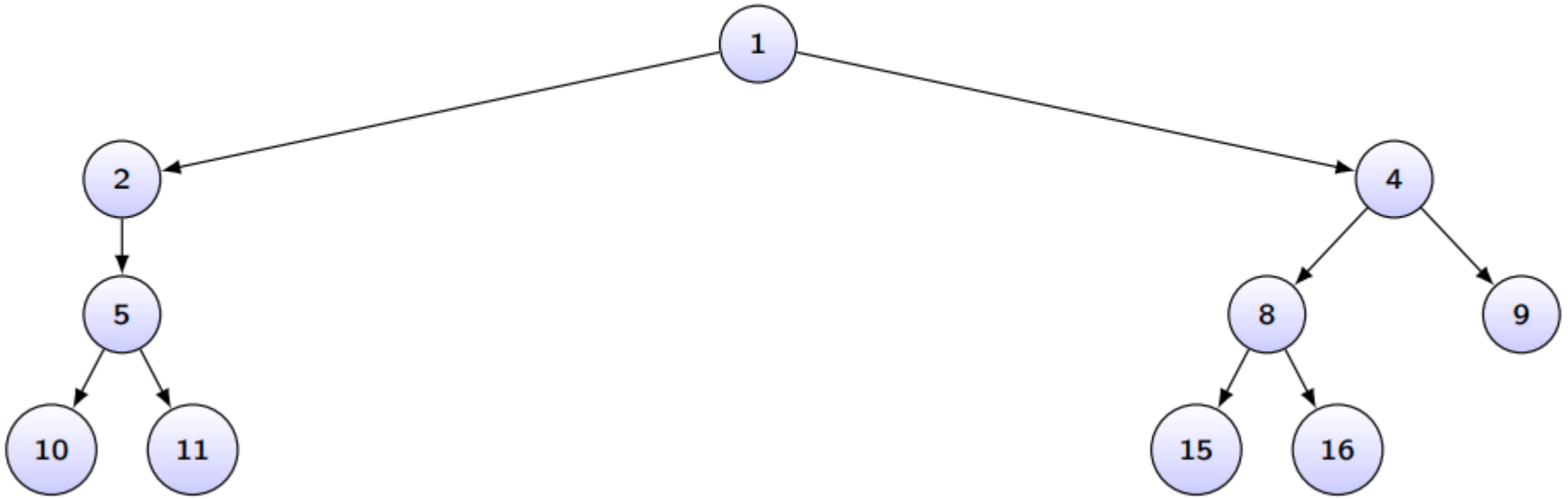
Arbre : vocabulaire

- Arbre numéroté : chaque nœud est étiqueté par un entier positif
- Arbre ordonné : il existe un ordre entre les enfants et les nœuds internes. On dit que le i ème enfant est absent si aucun nœud n'est étiqueté par la valeur i.
- Un **arbre k-iaire** est un arbre dont les nœud ont au maximum k fils. Ici on a k=3.



Arbre : vocabulaire

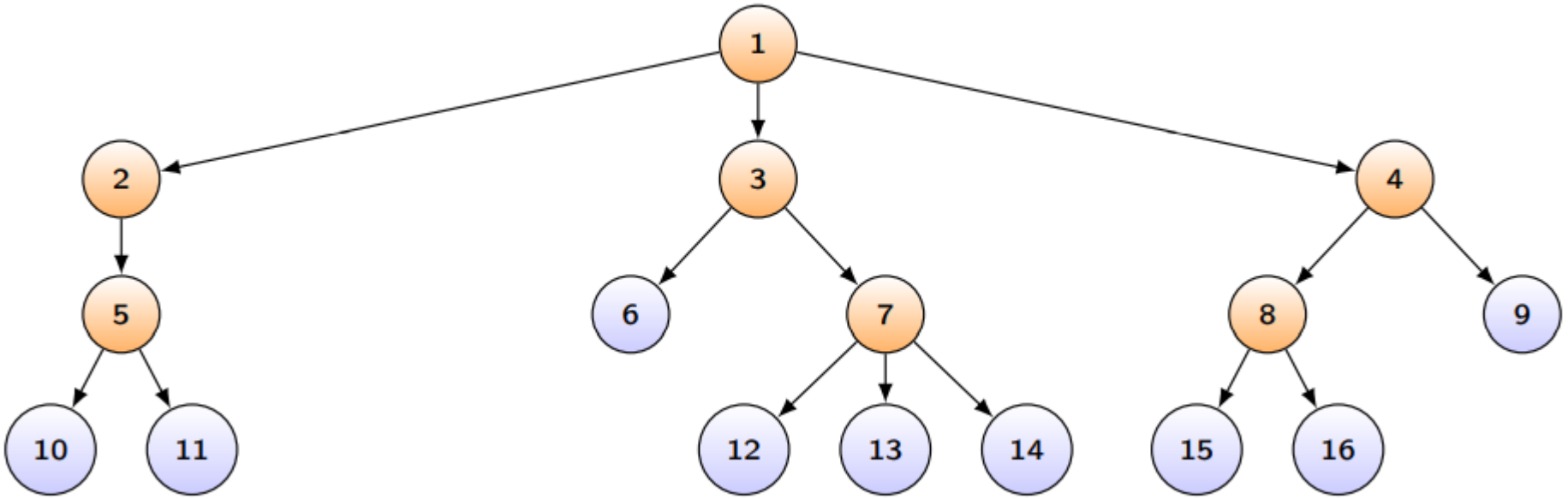
- Arbre numéroté : chaque nœud est étiqueté par un entier positif
- Arbre ordonné : il existe un ordre entre les enfants et les nœuds internes. On dit que le i ème enfant est absent si aucun nœud n'est étiqueté par la valeur i.
- Un arbre binaire est un arbre dont les nœuds ont au maximum 2 fils.



Exemple d'arbre binaire

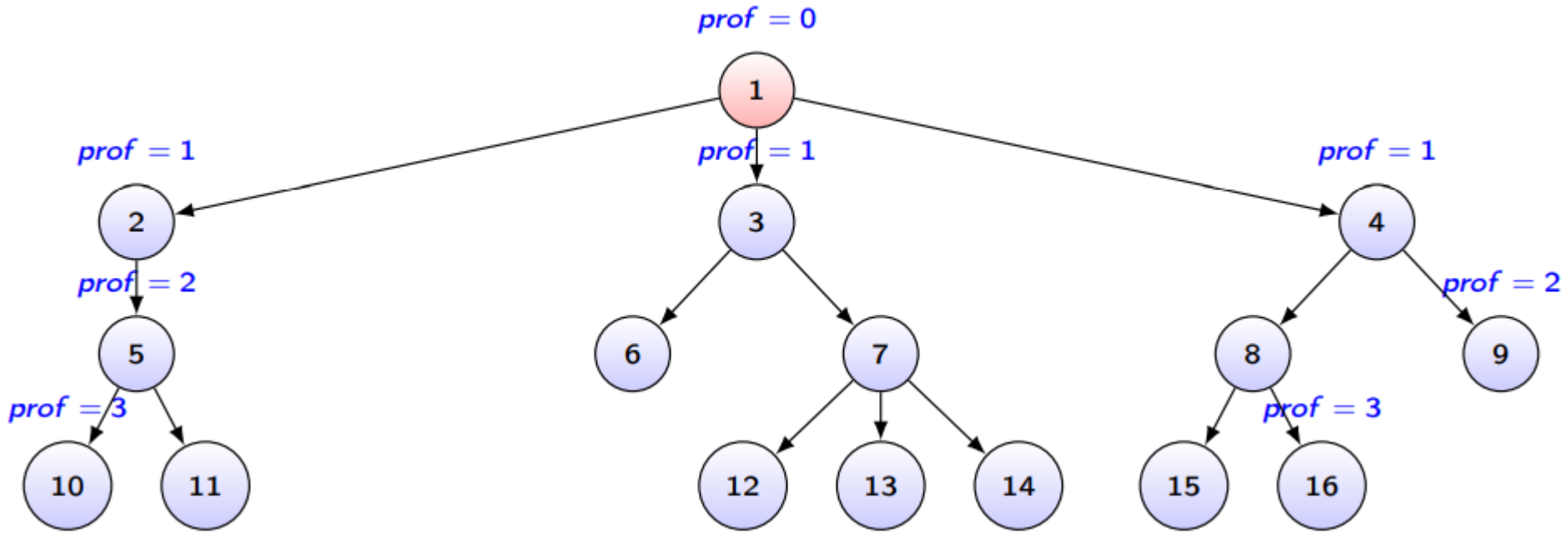
Arbre : vocabulaire

- Taille d'un arbre: nombre de de nœuds internes de l'arbre



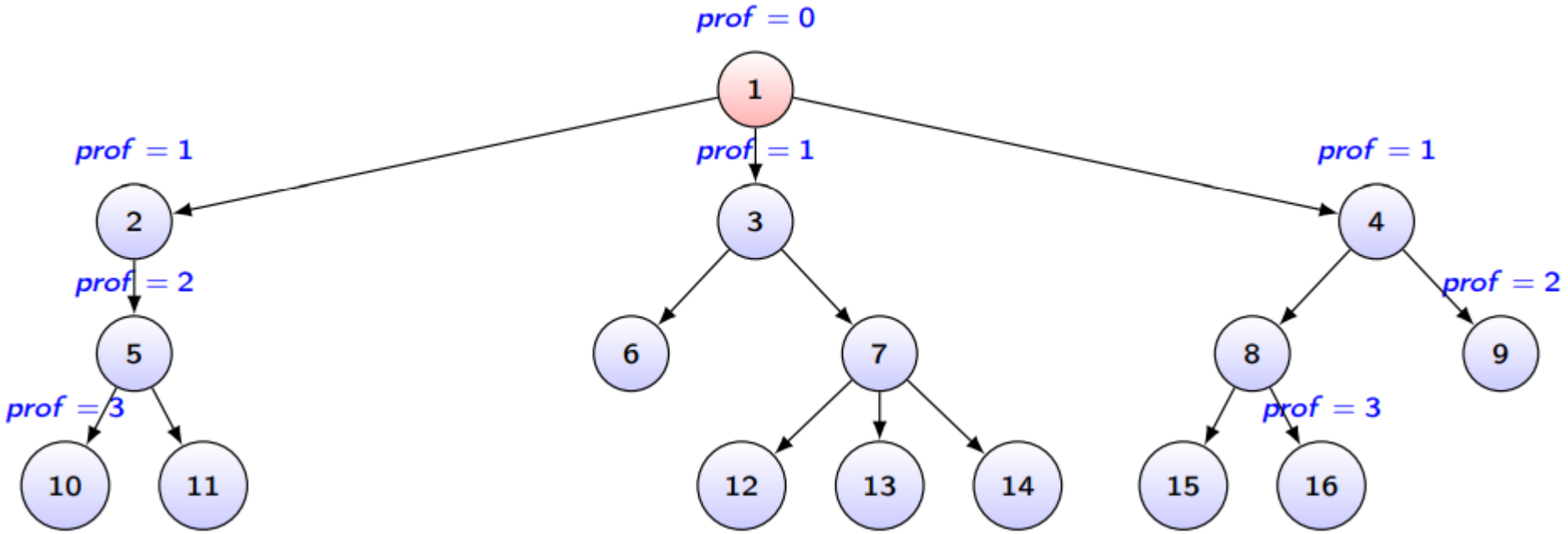
Arbre : vocabulaire

- Taille d'un arbre: nombre de de nœuds internes de l'arbre
- Profondeur d'un nœud : c'est la distance du chemin qui relie la racine au nœud.



Arbre : vocabulaire

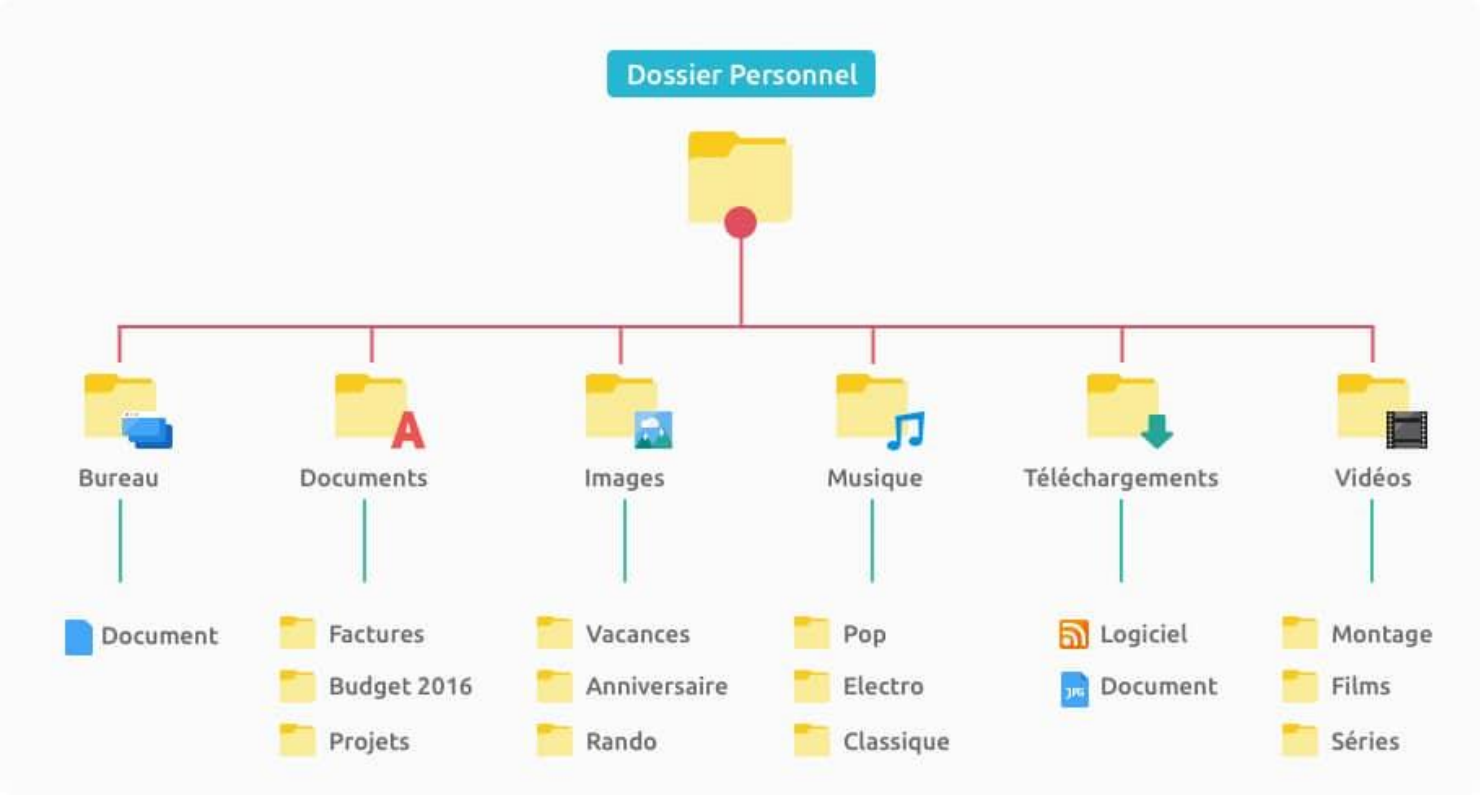
- Taille d'un arbre: nombre de de nœuds internes de l'arbre
- Profondeur d'un nœud : c'est la distance du chemin qui relie la racine au nœud.
- Hauteur d'un arbre : profondeur maximale. Ici 3.



Arbre : Utilité

- Les arbres sont souvent utilisés en informatique (compression, expressions arithmétiques, arbres de recherche, structures de données hierarchiques etc…)

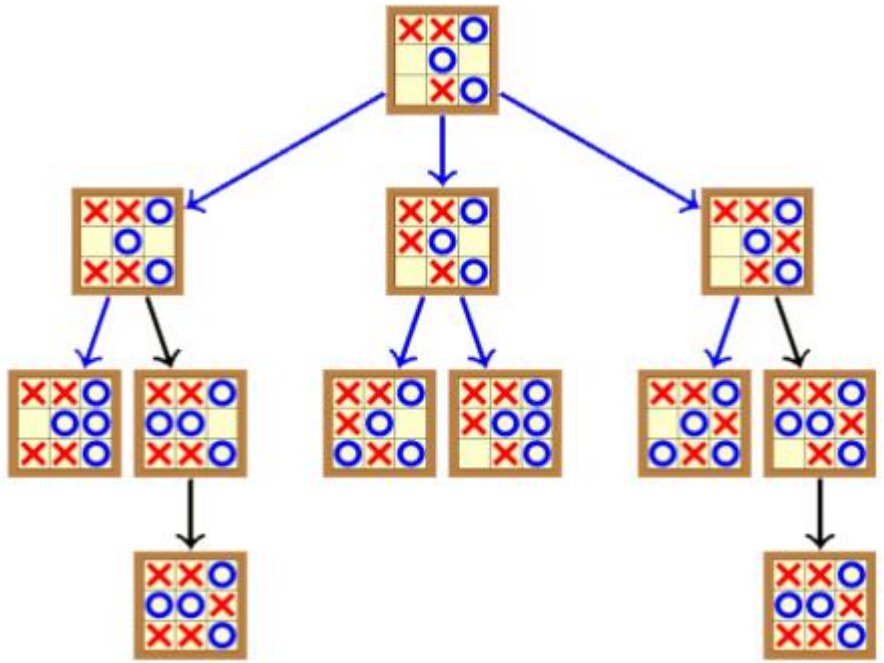
- Exemple : organisation en arbre des fichiers



Arbre : Utilité

- Les arbres sont souvent utilisés en informatique (compression, expressions arithmétiques, arbres de recherche, structures de données hierarchiques etc...)

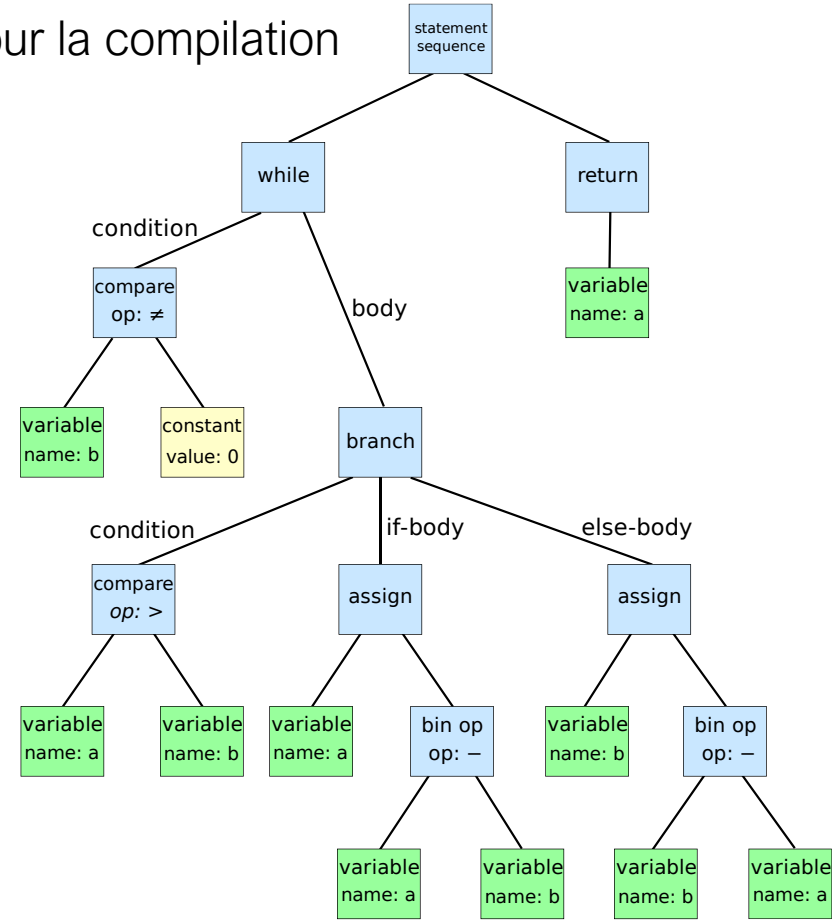
- Exemple : Théorie des jeux, intelligence artificielle classique



Arbre : Utilité

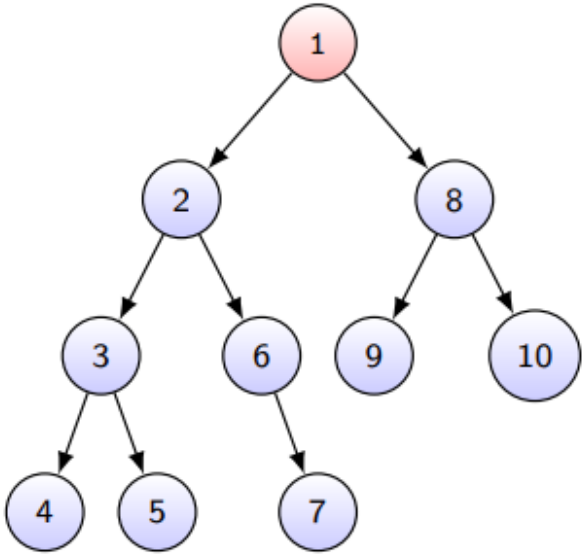
- Les arbres sont souvent utilisés en informatique (compression, expressions arithmétiques, arbres de recherche, structures de données hierarchiques etc…)

- Exemple : arbre syntaxique pour la compilation



Implémentation d'un arbre

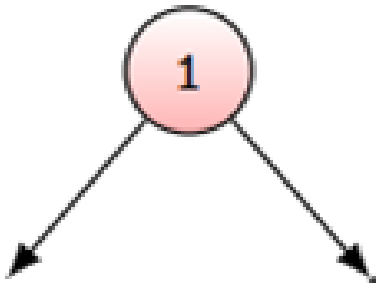
- Le cas des arbres binaires est le plus facile à étudier et à implémenter car l'on connait par avance le nombre maximal de fils de chaque nœud.
- Nous nous concentrons sur ce cas particulier d'arbres pour la suite du cours.
- L'extension à des arbres k-aire se fait en augmentant le nombre de fils.



Implémentation d'un arbre binaire

- Les nœuds d'un arbre binaire ont maximum deux fils.
- La structure d'un nœud de l'arbre peut donc être :

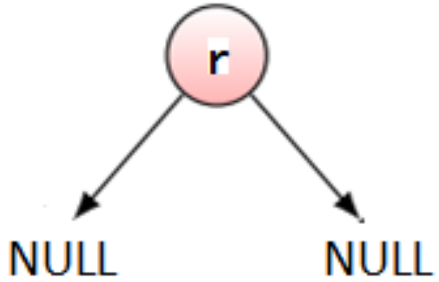
```
Structure Arbre :
        elmt : Element
        fg, fd : pointeurs sur structure Arbre; // fils gauche et droit
```



Implémentation d'un arbre binaire

- Création d'un nœud de l'arbre :

```
FONCTION creerArbre(r: Element) : pointeur sur Arbre
VARIABLE
        noeud : pointeur sur Arbre
DEBUT
        noeud ← reserverMemoire(Arbre)
        elmt(noeud) ← r
        fg(noeud) ← NULL // Le noeud n'a pas de fils à sa création
        fd(noeud) ← NULL
        RETOURNER noeud
FIN
```

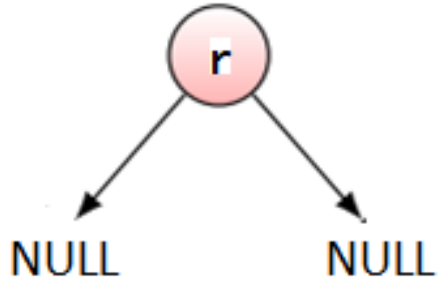


Implémentation d'un arbre binaire

- Création d'un nœud de l'arbre :

```
FONCTION creerArbre(r: Element) : pointeur sur Arbre
VARIABLE
        noeud : pointeur sur Arbre
DEBUT
        noeud ← reserverMemoire(Arbre)
        elmt(noeud) ← r
        fg(noeud) ← NULL // Le noeud n'a pas de fils à sa création
        fd(noeud) ← NULL
        RETOURNER noeud
FIN
```

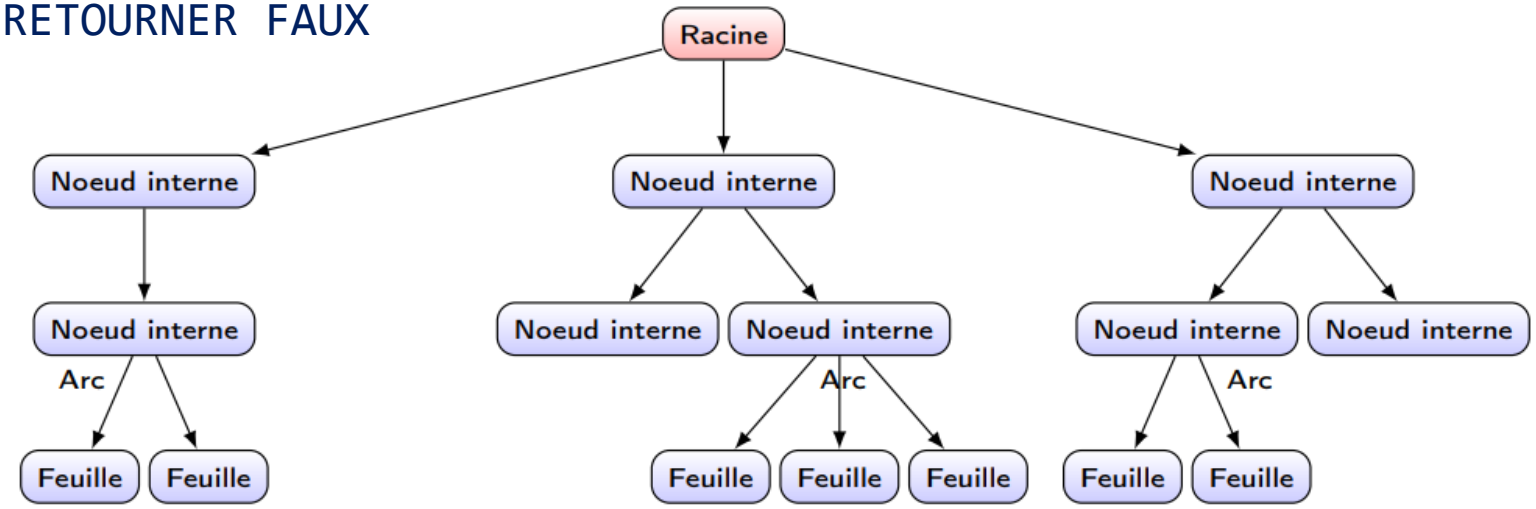
Remarque : comme pour les listes chaînées, on va utiliser des pointeurs sur Arbre plutôt que des structures Arbre afin de pouvoir libérer l'espace mémoire à postériori.



Opérations sur un arbre binaire

- Vérifier sur un nœud de l'arbre est une feuille (nœud « au bout » de l'arbre)

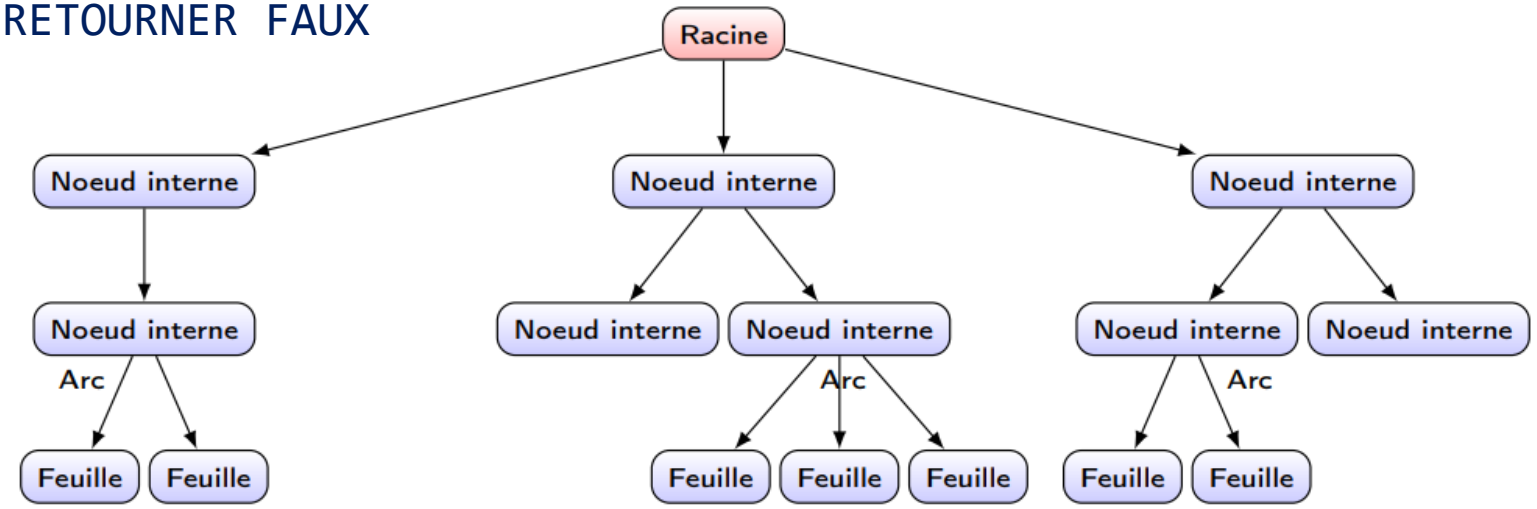
```
FONCTION estFeuille(a : pointeur sur Arbre) : Booleen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        FIN SI
        SI ??? ALORS
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Vérifier sur un nœud de l'arbre est une feuille (nœud « au bout » de l'arbre)

```
FONCTION estFeuille(a : pointeur sur Arbre) : Booleen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        FIN SI
        SI fd(a) EGAL A NULL ET fg(a) EGAL A NULL ALORS
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Vérifier si le fils droit ou gauche d'un nœud existe :

```
FONCTION existeFilsDroit(a : pointeur sur
Arbre) : Booleen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI ??? ALORS
                RETOURNER FAUX
        SINON
                RETOURNER VRAI
        FIN SI
FIN
```

```
FONCTION existeFilsGauche(a : pointeur sur
Arbre) : Booleen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI ??? ALORS
                RETOURNER FAUX
        SINON
                RETOURNER VRAI
        FIN SI
FIN
```

Opérations sur un arbre binaire

- Vérifier si le fils droit ou gauche d'un nœud existe :

```
FONCTION existeFilsDroit(a : pointeur sur
Arbre) : Booleen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI fd(a) EGAL A NULL ALORS
                RETOURNER FAUX
        SINON
                RETOURNER VRAI
        FIN SI
FIN
```

```
FONCTION existeFilsGauche(a : pointeur sur
Arbre) : Booleen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI fg(a) EGAL A NULL ALORS
                RETOURNER FAUX
        SINON
                RETOURNER VRAI
        FIN SI
FIN
```

Opérations sur un arbre binaire

- Retourner l'adresse du fils droit ou gauche d'un arbre:

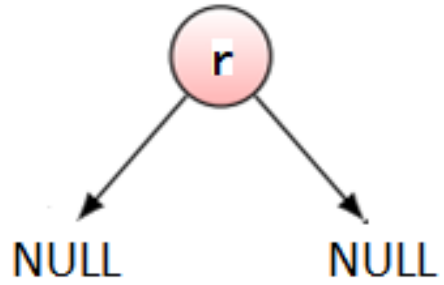
```
FONCTION filsDroit(a: pointeur sur Arbre) :
pointeur sur Arbre
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsDroit(a) ALORS
                RETOURNER fd(a)
        SINON
                RETOURNER NULL
        FIN SI
FIN
```

```
FONCTION filsGauche(a: pointeur sur Arbre) :
pointeur sur Arbre
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                RETOURNER fg(a)
        SINON
                RETOURNER NULL
        FIN SI
FIN
```

Opérations sur un arbre binaire

- Modifier l' élément d'un nœud

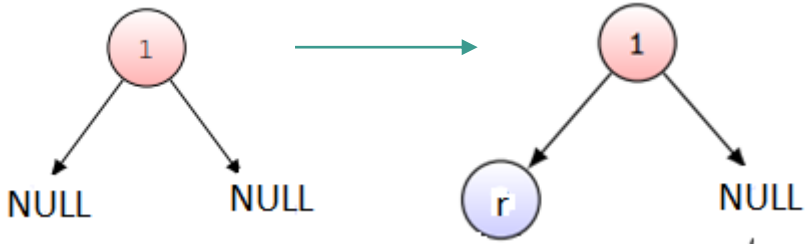
```
PROCEDURE modifierElement(a: pointeur sur Arbre; r: Element) :
pointeur sur Arbre
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON
                elmt(a) ← r
        FIN SI
FIN
```



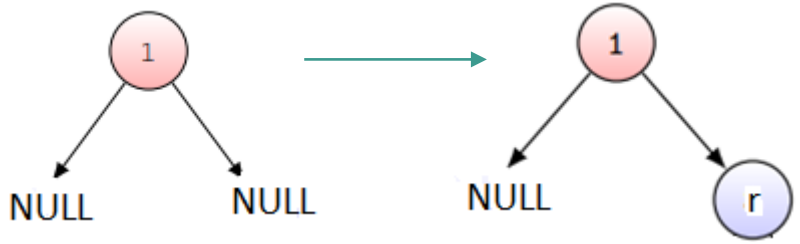
Opérations sur un arbre binaire

- Ajouter un fils droit ou gauche au nœud :

```
FONCTION ajouterFilsGauche(a: pointeur sur
Arbre; r: Element) : Booléen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ???
        SINON SI ??? ALORS
                fg(a) ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



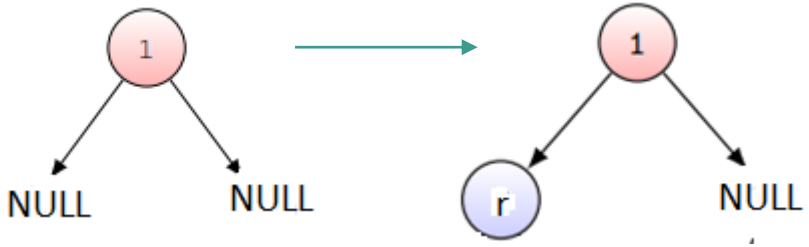

```
FONCTION ajouterFilsDroit(a: pointeur sur
Arbre; r: Element) : Booléen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ???
        SINON SI ??? ALORS
                fd(a) ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



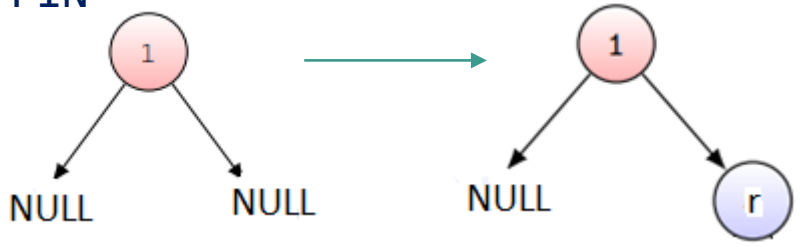
Opérations sur un arbre binaire

- Ajouter un fils droit ou gauche au nœud :

```
FONCTION ajouterFilsGauche(a: pointeur sur
Arbre; r: Element) : Booléen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL
                a ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON SI ??? ALORS
                fg(a) ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



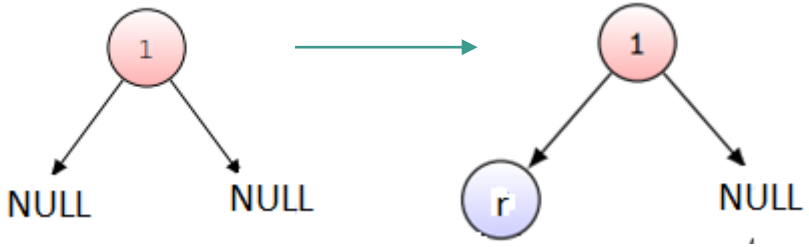

```
FONCTION ajouterFilsDroit(a: pointeur sur
Arbre; r: Element) : Booléen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                a ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON SI ??? ALORS
                fd(a) ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



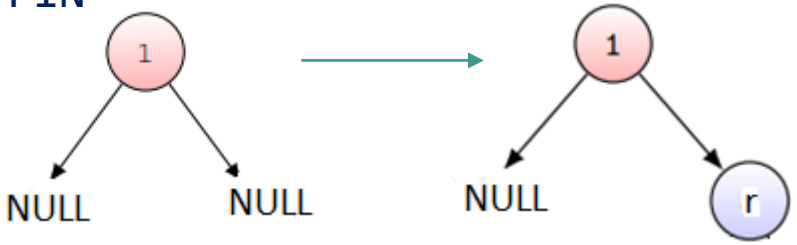
Opérations sur un arbre binaire

- Ajouter un fils droit ou gauche au nœud :

```
FONCTION ajouterFilsGauche(a: pointeur sur
Arbre; r: Element) : Booléen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL
                a ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON SI NON existeFilsGauche(a) ALORS
                fg(a) ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



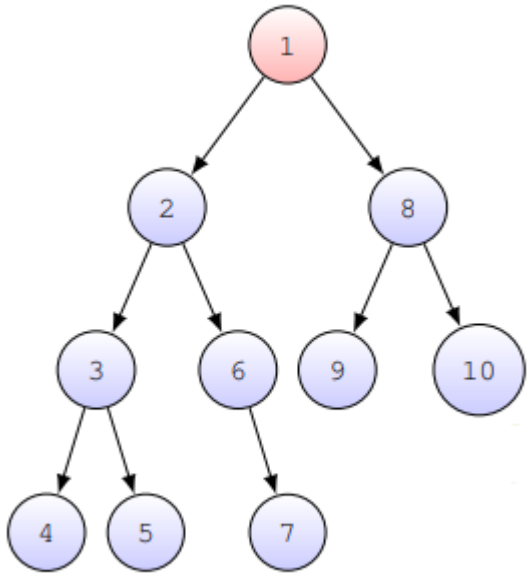

```
FONCTION ajouterFilsDroit(a: pointeur sur
Arbre; r: Element) : Booléen
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                a ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON SI NON existeFilsDroit(a) ALORS
                fd(a) ← creerArbre(r)
                RETOURNER VRAI
        SINON
                RETOURNER FAUX
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud:

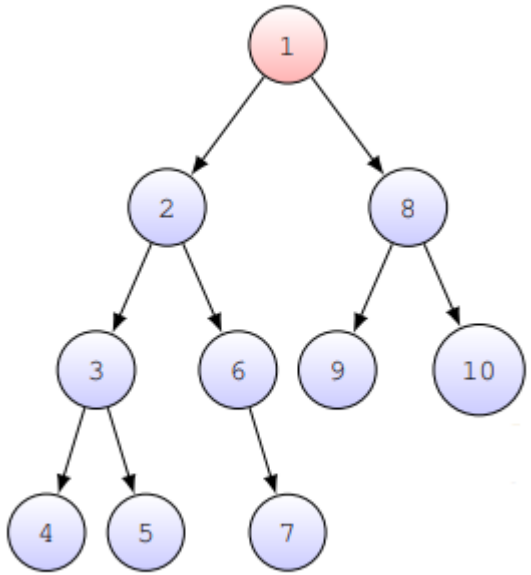
```
PROCEDURE supprimerFilsDroit(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        // pointeur NULL ?
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        // Existence du fils droit ?
        SINON SI existeFilsDroit(a) ALORS
                libererMemoire(fd(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud:

```
PROCEDURE supprimerFilsDroit(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        // pointeur NULL ?
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        // Existence du fils droit ?
        SINON SI existeFilsDroit(a) ALORS
                libererMemoire(fd(a))
        FIN SI
FIN
```



la libération de mémoire correspond à celle allouée, donc uniquement au nœud, pas ses descendants !
→ Fuite mémoire RAM
→ Il faut également supprimer tous les descendants

Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud:

```
PROCEDURE supprimerFilsDroit(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        // pointeur NULL ?
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        // Existence du fils droit ?
        SINON SI existeFilsDroit(a) ALORS
                // noeud à supprimer possède un fils droit ?
                SI existeFilsGauche(fd(a)) ALORS
                        ???
                FIN SI
                // noeud à supprimer possède un fils gauche ?
                SI existeFilsDroit(fd(a)) ALORS
                        ???
                FIN SI
                libererMemoire(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud:

```
PROCEDURE supprimerFilsDroit(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        // pointeur NULL ?
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        // Existence du fils droit ?
        SINON SI existeFilsDroit(a) ALORS
                // noeud à supprimer possède un fils droit ?
                SI existeFilsGauche(fd(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fd(a))    // appel récursif procédure «miroir»
                FIN SI
                // noeud à supprimer possède un fils gauche ?
                SI existeFilsDroit(fd(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fd(a))     // appel récursif
                FIN SI
                libererMemoire(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud:

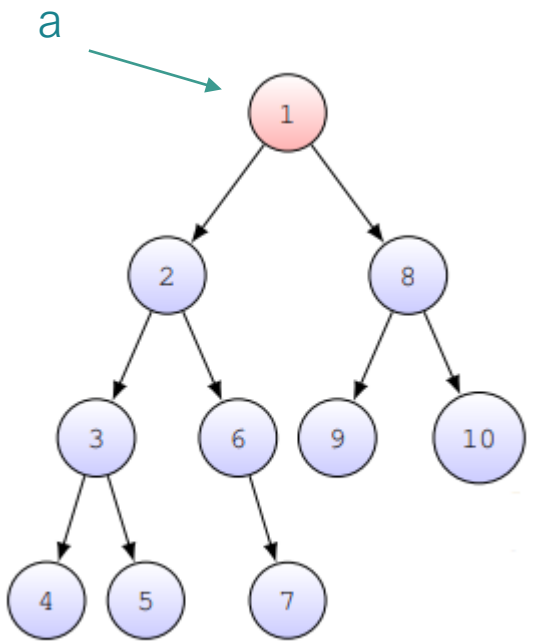
```
PROCEDURE supprimerFilsDroit(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsDroit(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fd(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fd(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fd(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fd(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```

Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

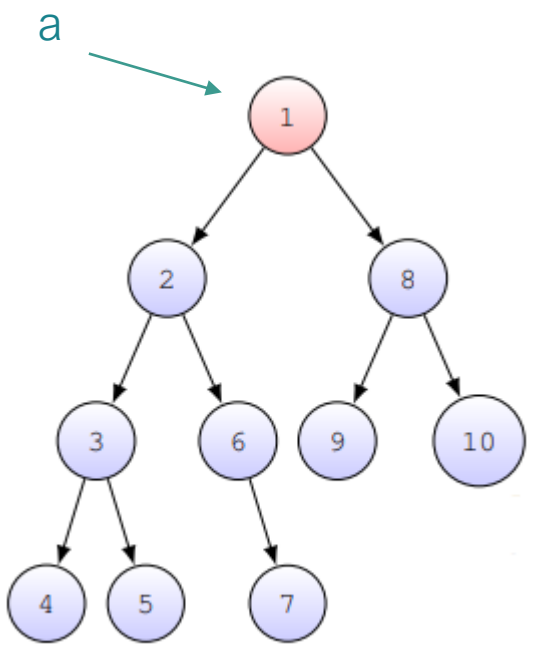
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

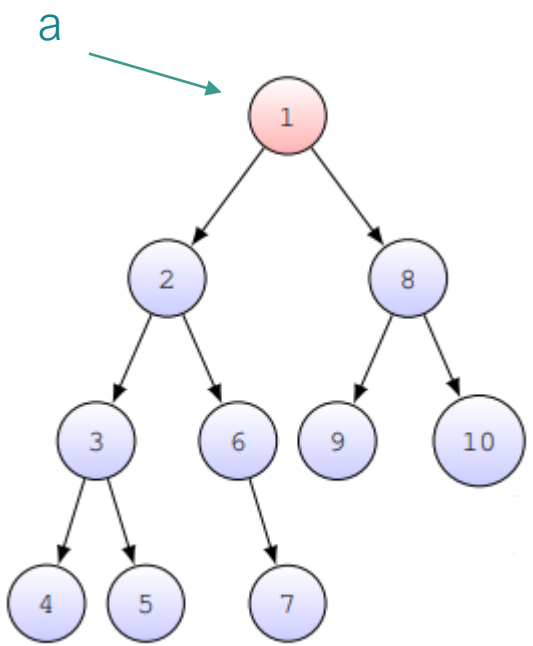
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
    ➡   SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

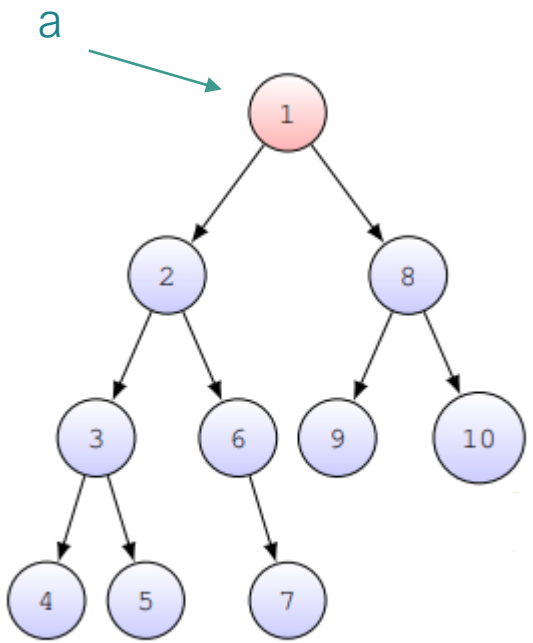
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
           ➡    SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

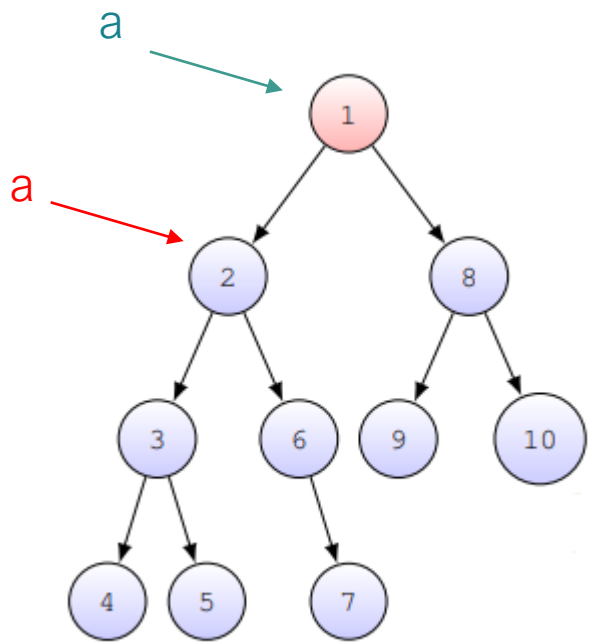
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

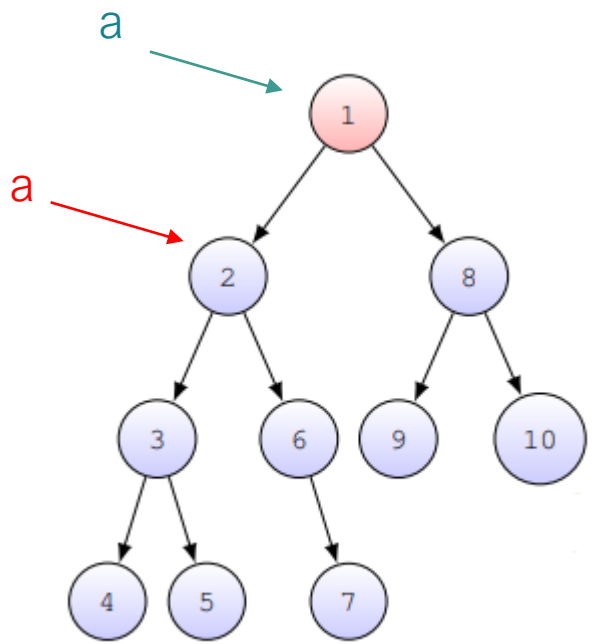
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

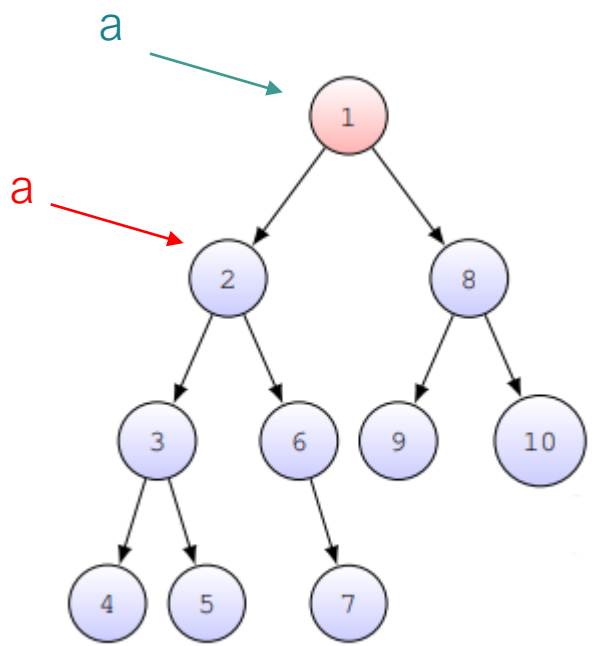
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

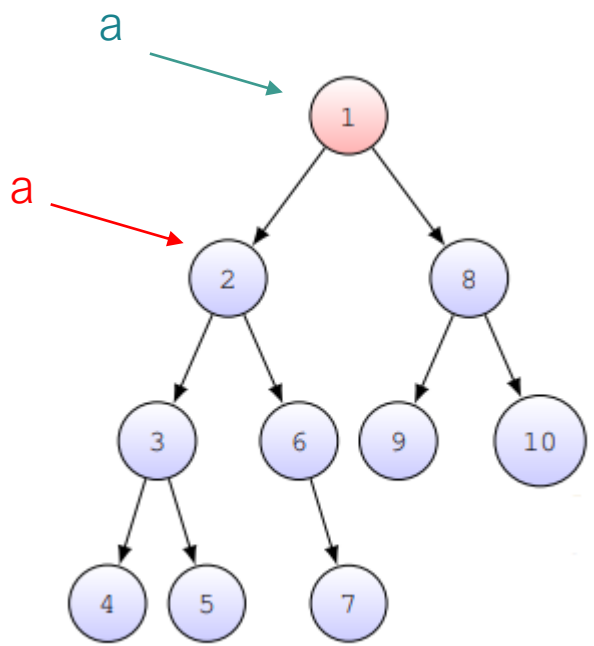
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
            ➡   SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

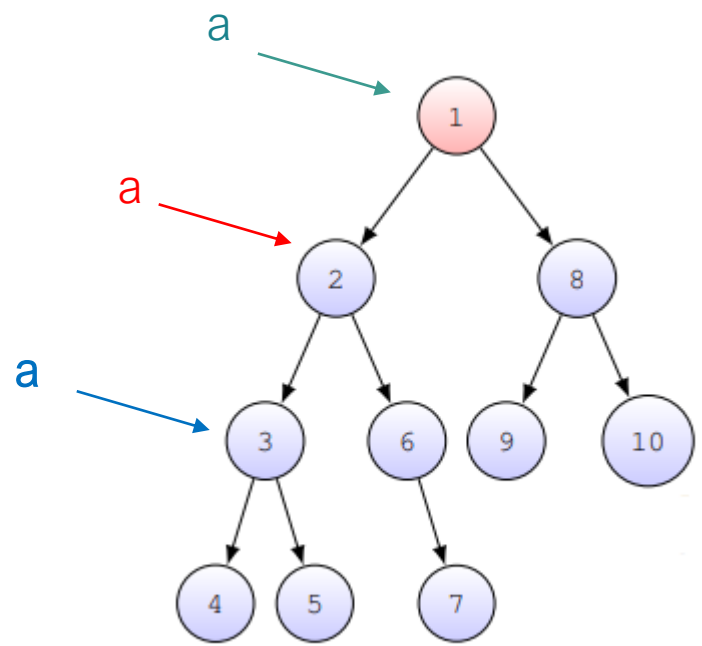
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

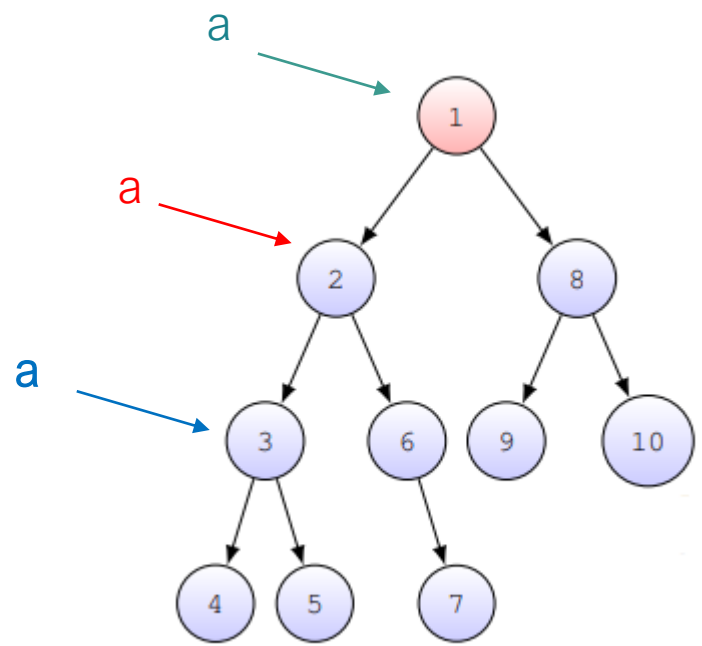
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

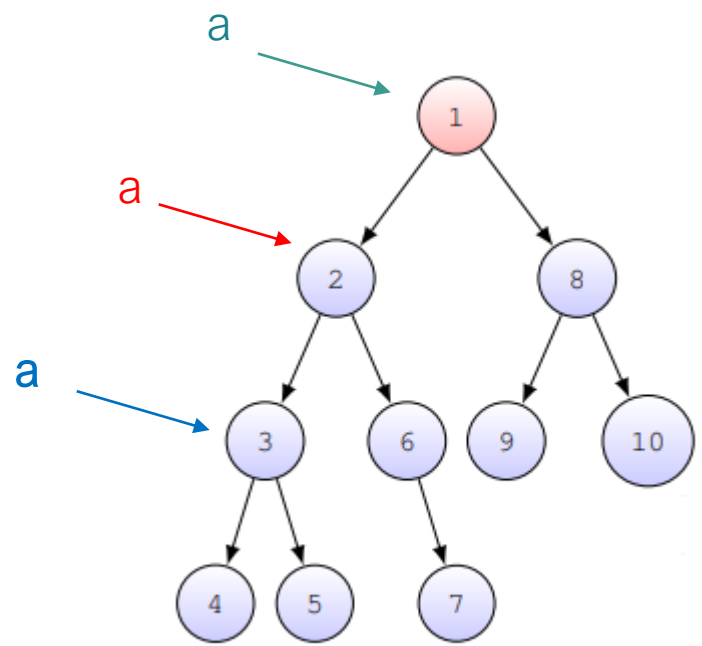
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

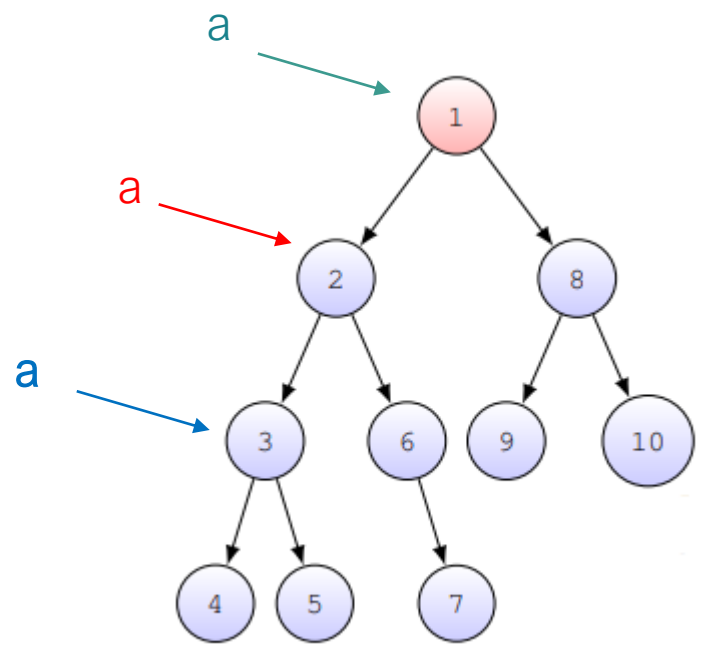
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
            ➡   SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡➡      supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

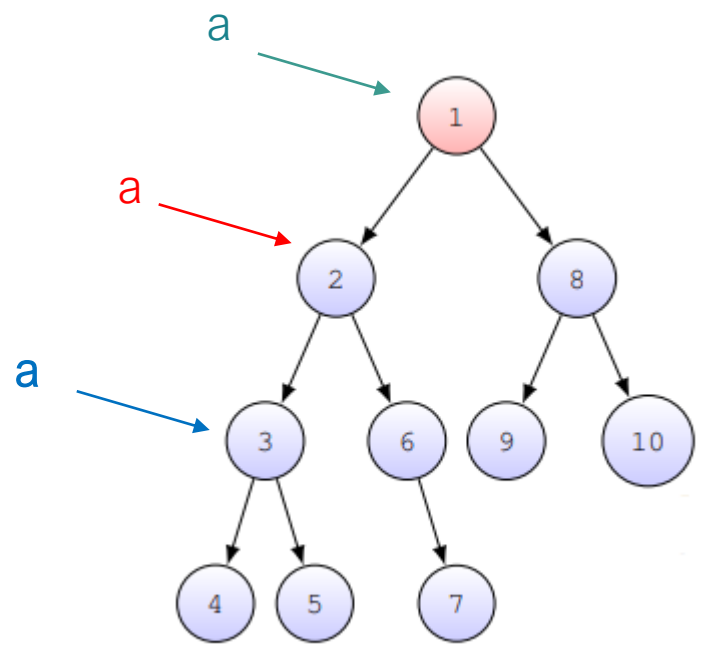
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

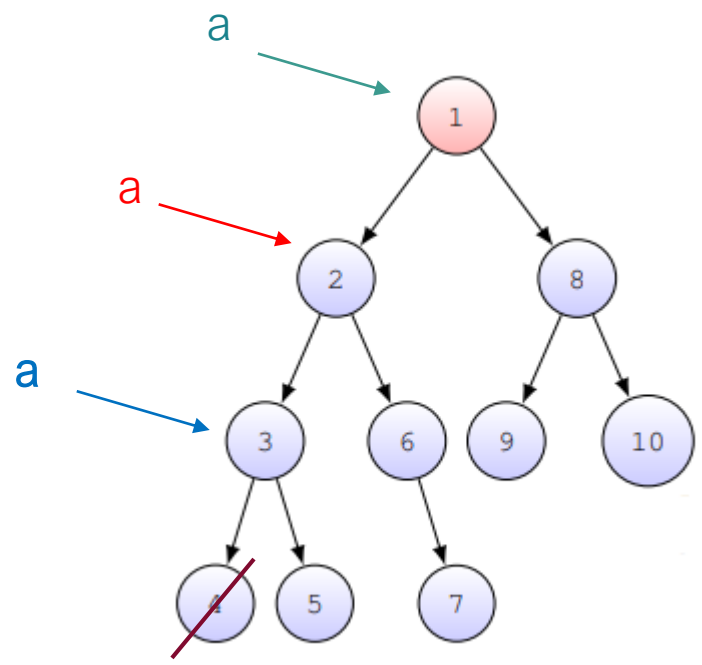
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

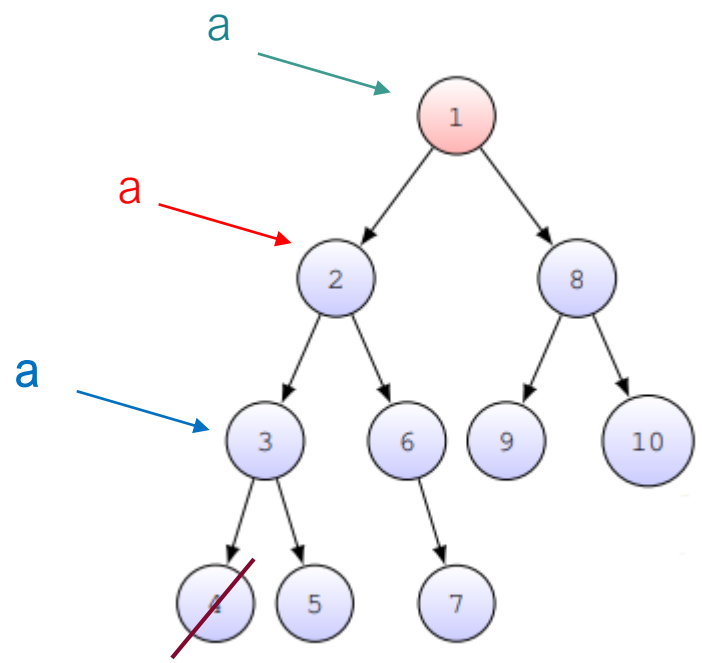
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

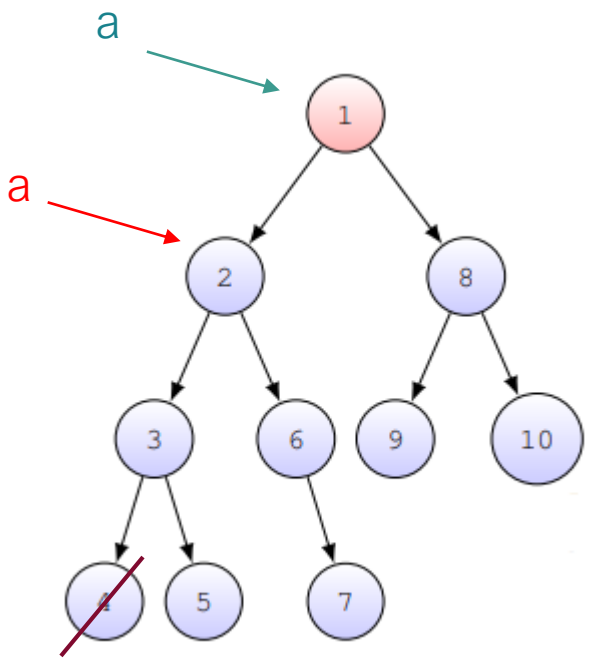
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

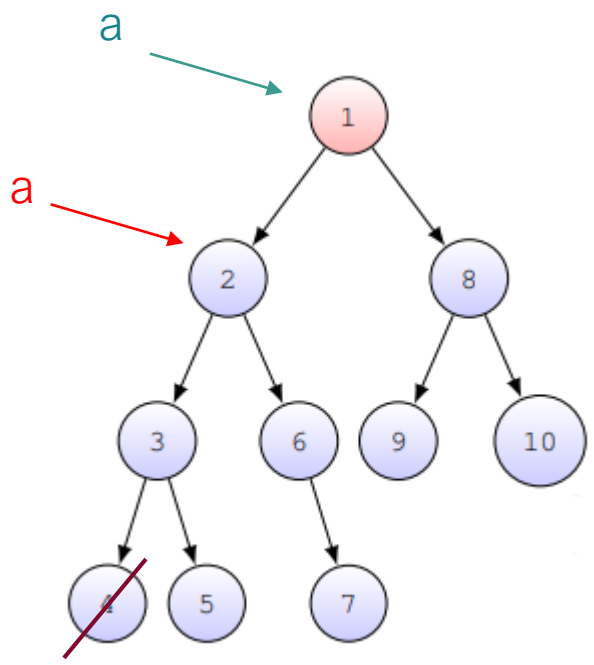
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                ➡ FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

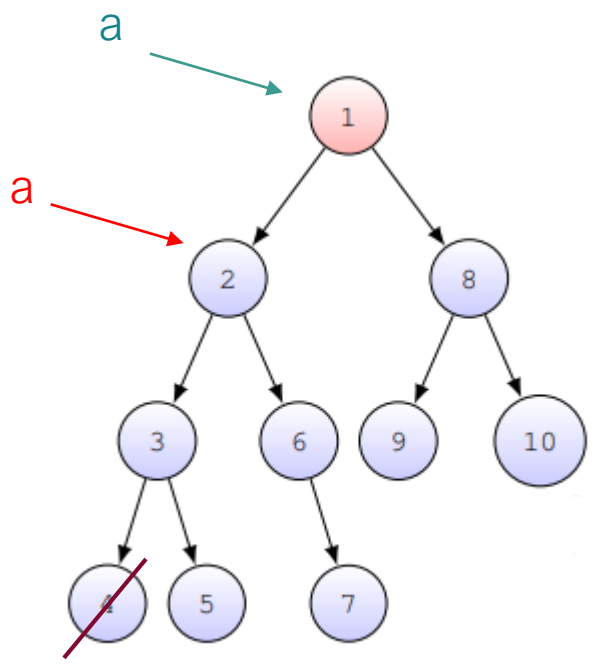
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
              ➡ SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

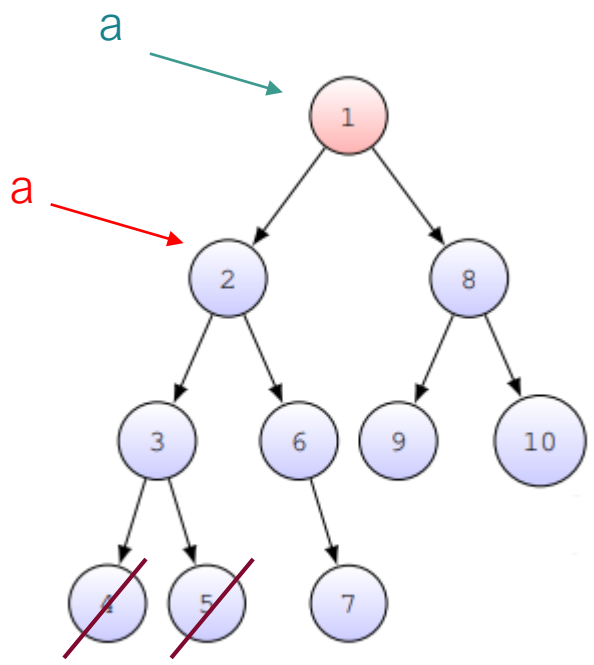
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡      supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                ➡      supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

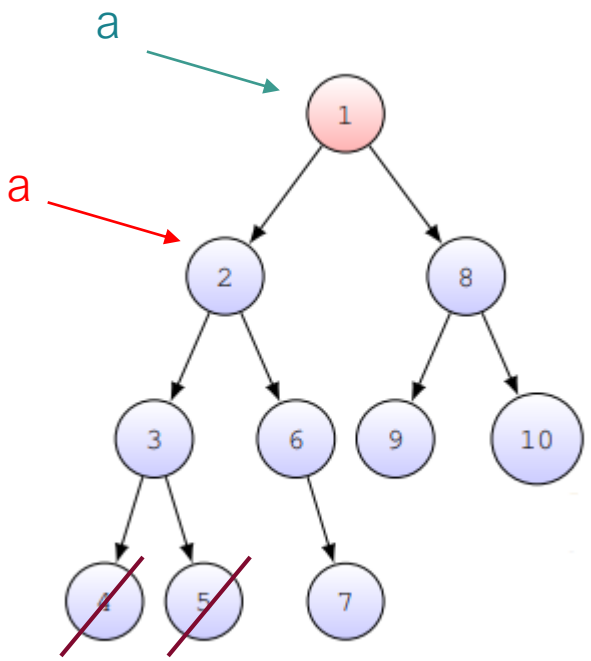
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                ➡       FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

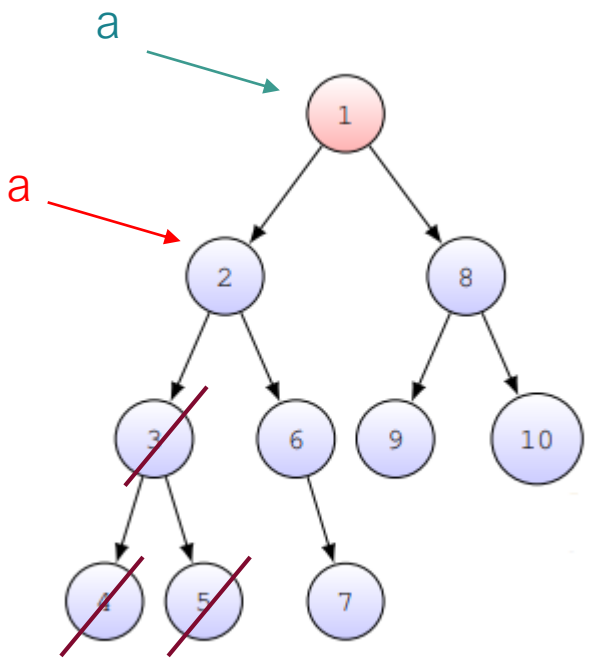
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡      supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
            ➡   libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

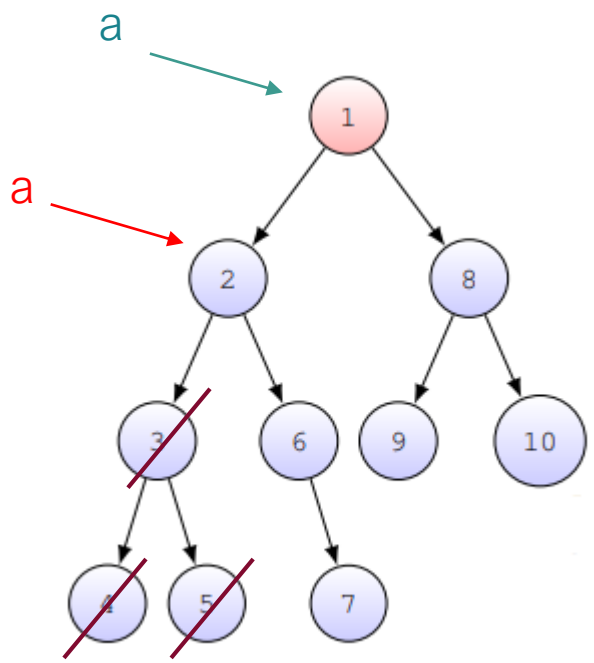
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
    ➡   FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

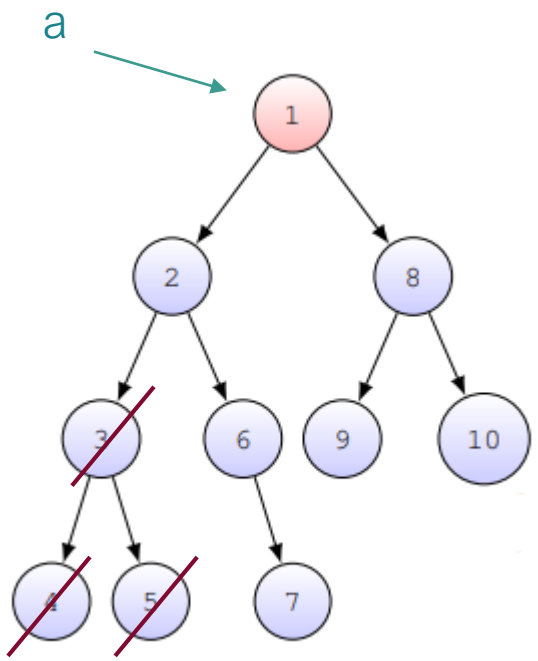
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
➡ FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

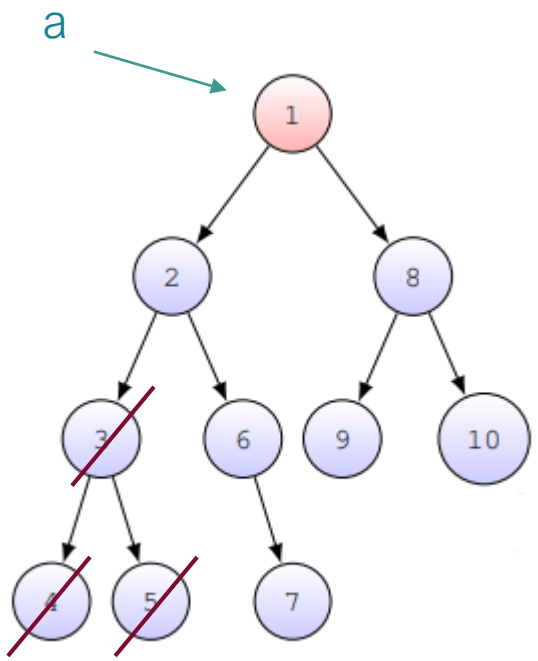
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

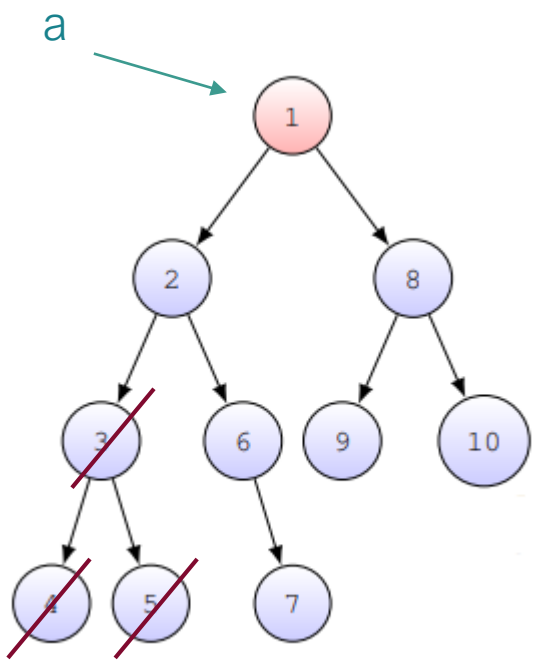
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
            ➡   SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

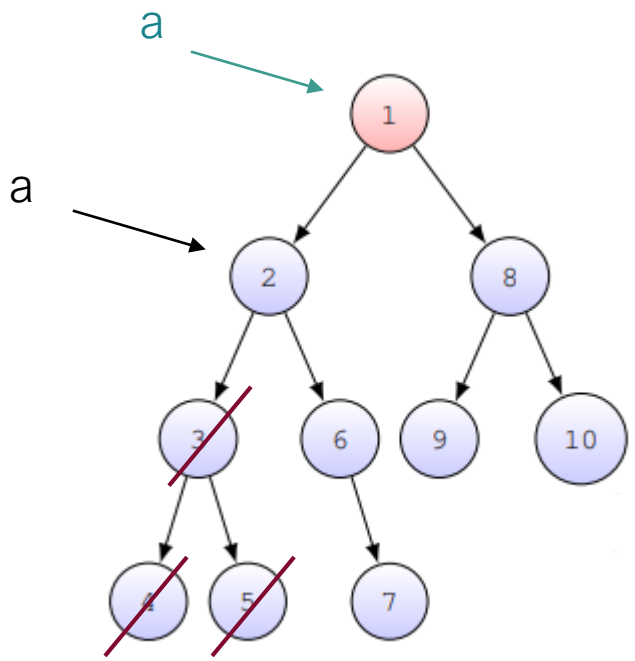
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

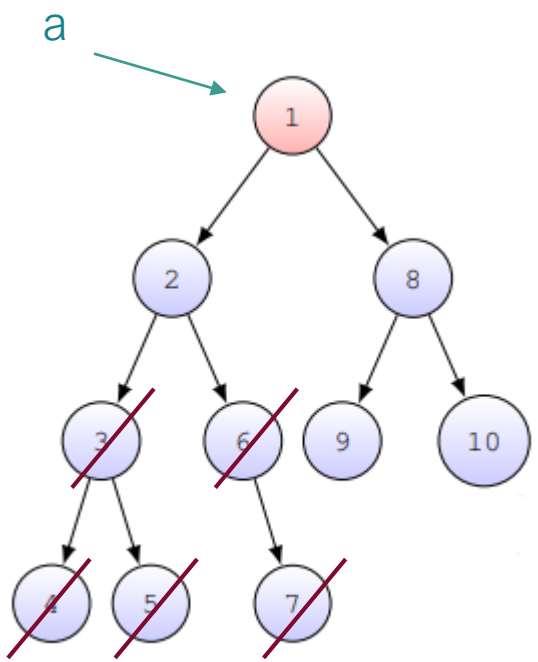
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                ➡       supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

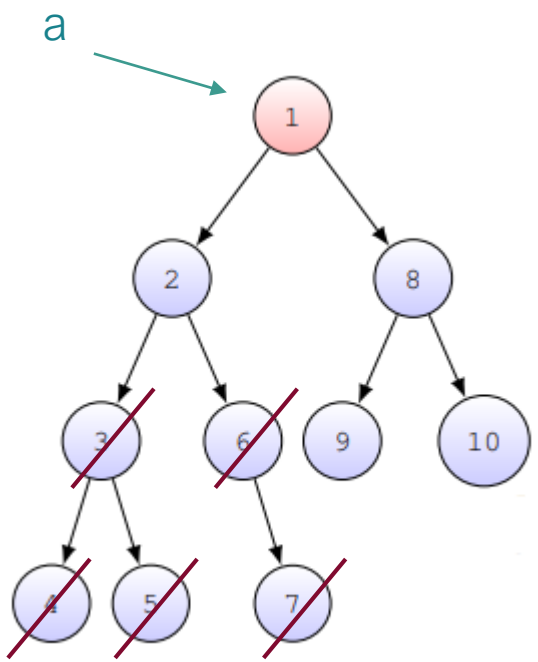
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

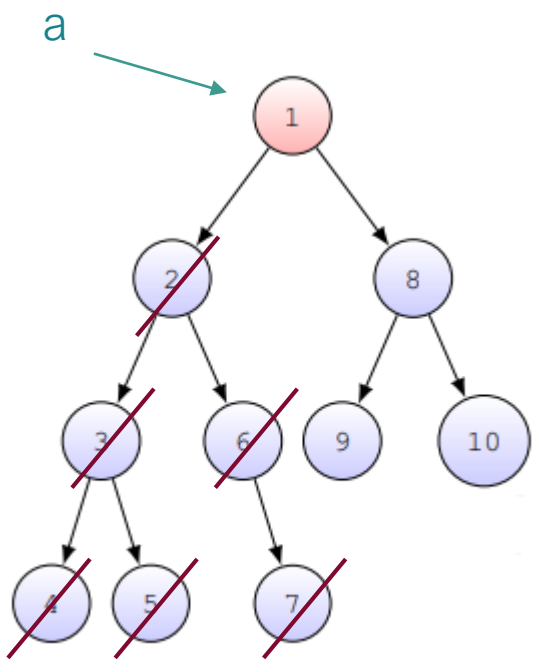
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
             ➡  libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

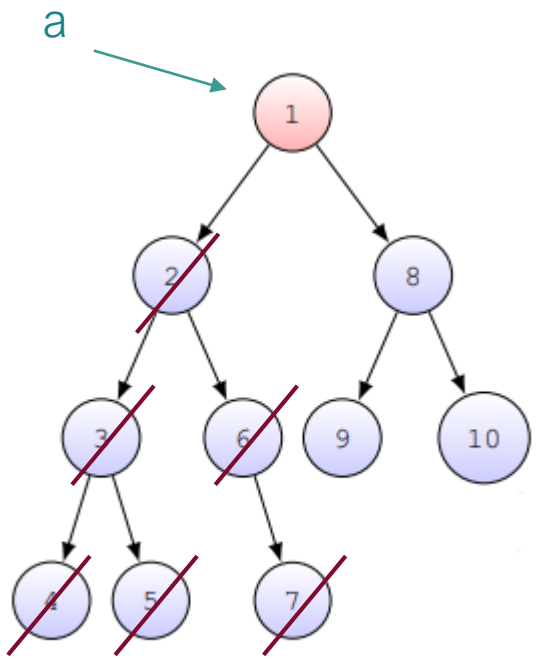
```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
    ➡   FIN SI
FIN
```



Opérations sur un arbre binaire

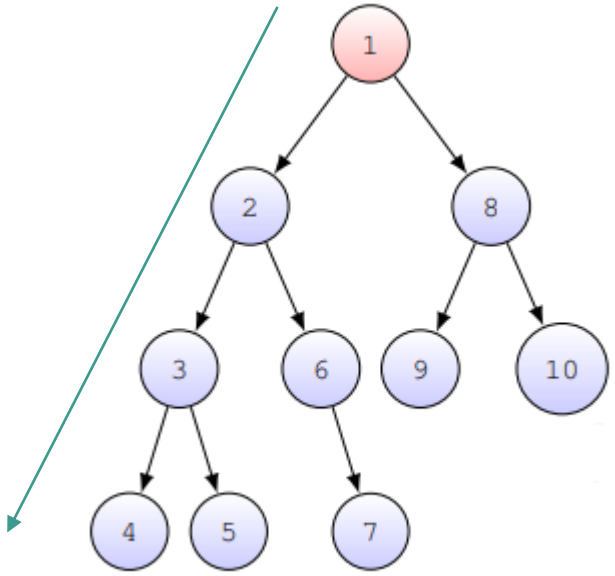
- Supprimer fils gauche/ fils droit d'un nœud: illustration

```
PROCEDURE supprimerFilsGauche(a: pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a EGAL A NULL ALORS
                ERREUR()
        SINON SI existeFilsGauche(a) ALORS
                SI existeFilsGauche(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsGauche(fg(a))
                FIN SI
                SI existeFilsDroit(fg(a)) ALORS
                        supprimerFilsDroit(fg(a))
                FIN SI
                libererMemoire(fg(a))
        FIN SI
FIN
```



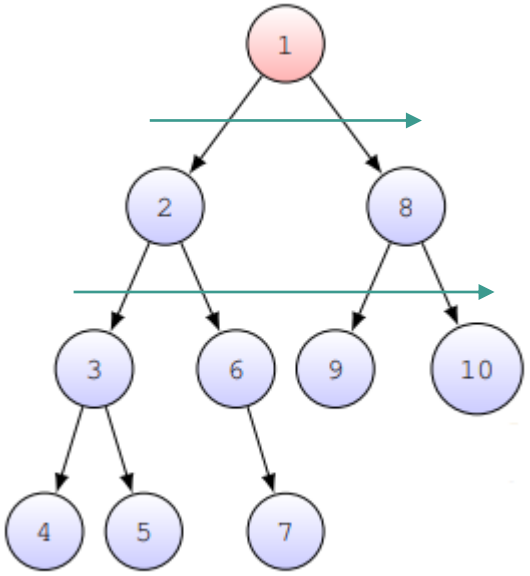
Parcours d'un arbre

- Un algorithme de parcours d'un arbre permet de passer par tous ses nœuds. On en distingue deux types:
    - Les parcours en longueur : lorsque, systématiquement, si l'arbre n'est pas vide, le parcours de l'un des deux sous-arbres est terminé avant que ne commence celui de l'autre. On explore jusqu'au bout une branche pour passer à la suivante (on va vers les fils avant d'aller vers les frères).



Parcours d'un arbre

- Un algorithme de parcours d'un arbre permet de passer par tous ses nœuds. On en distingue deux types:
  - Les parcours en longueur
  - Les parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

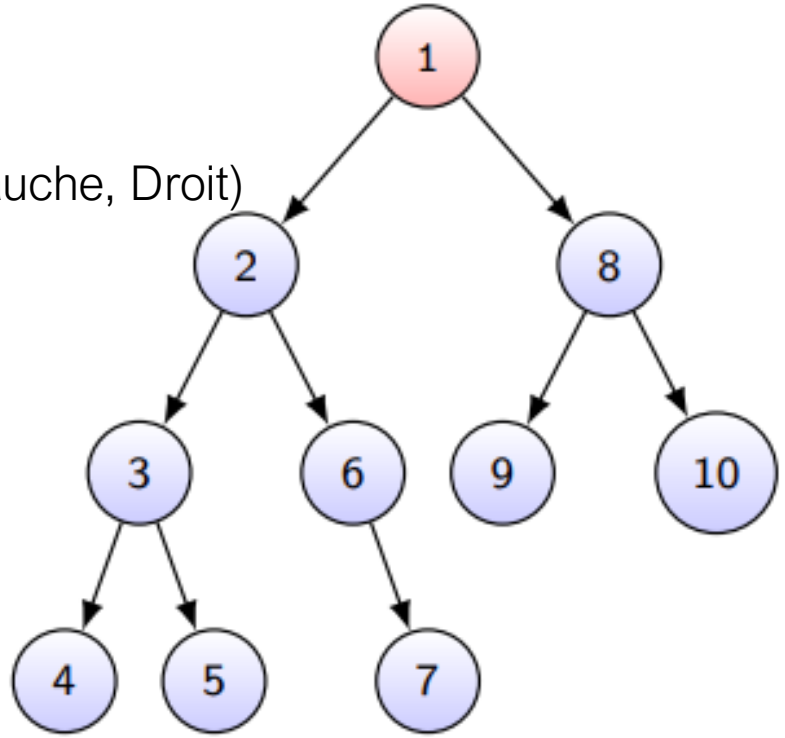


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours :

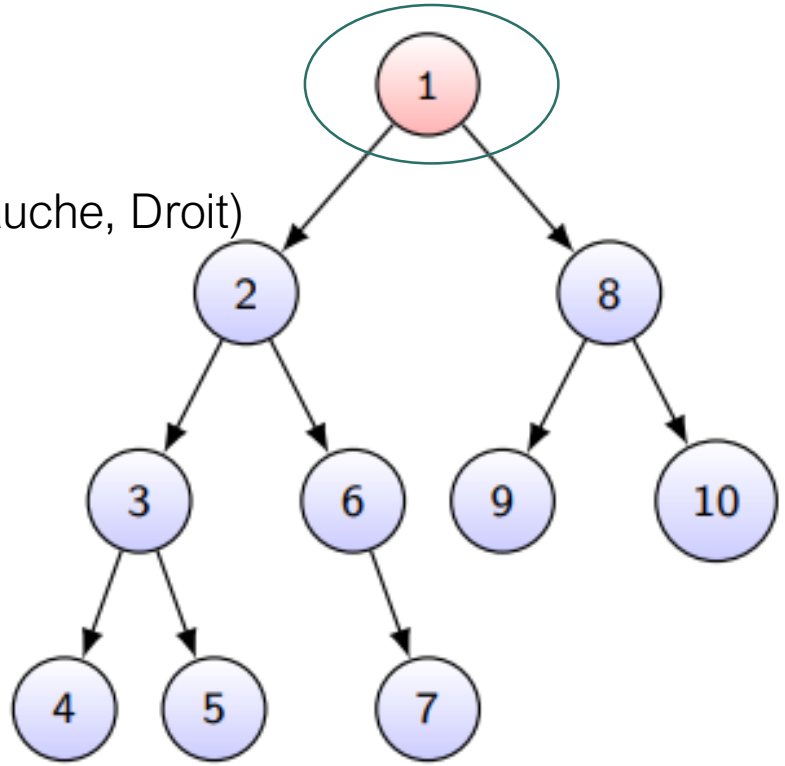


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1

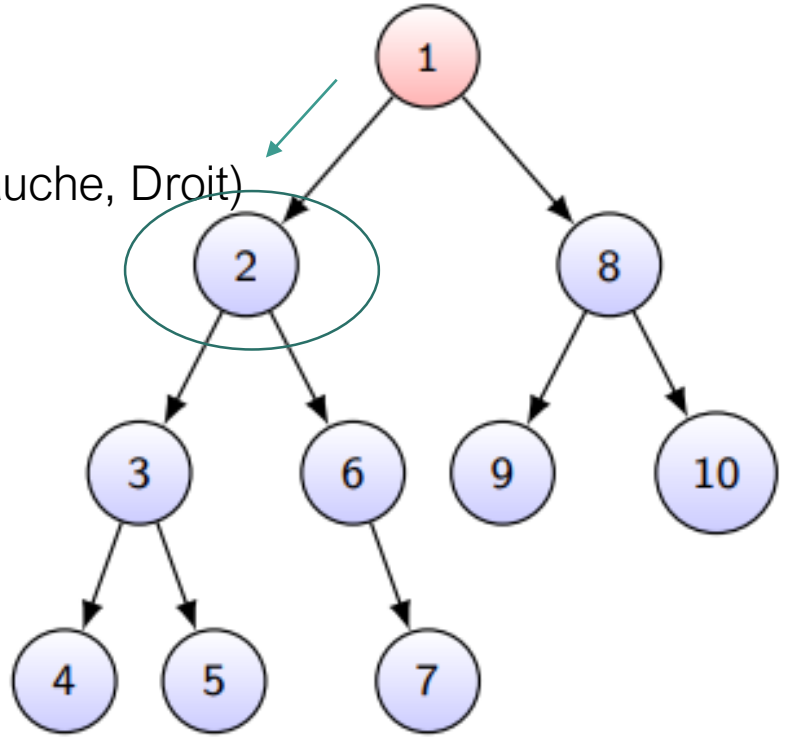


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1, 2

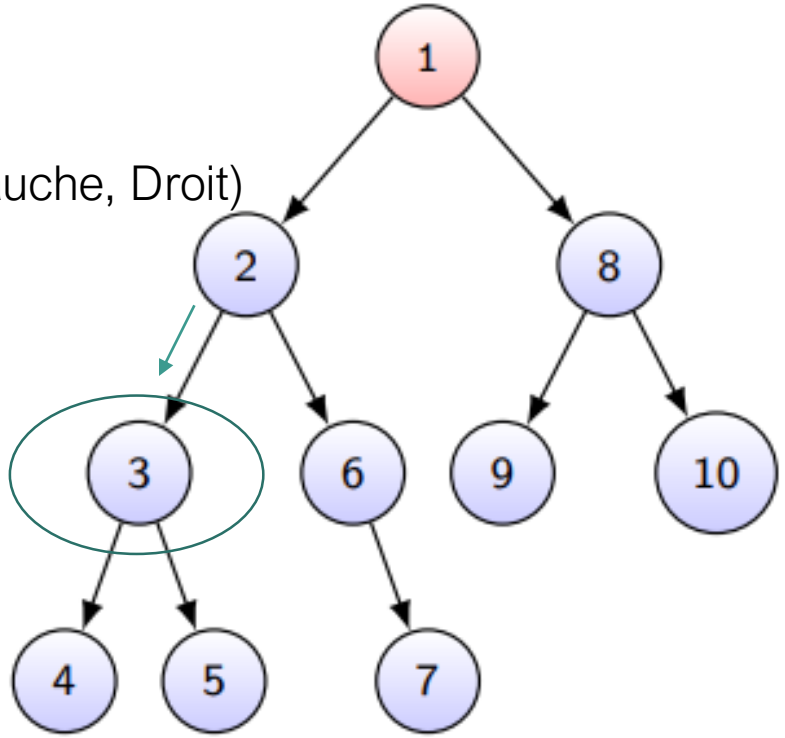


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1, 2, 3

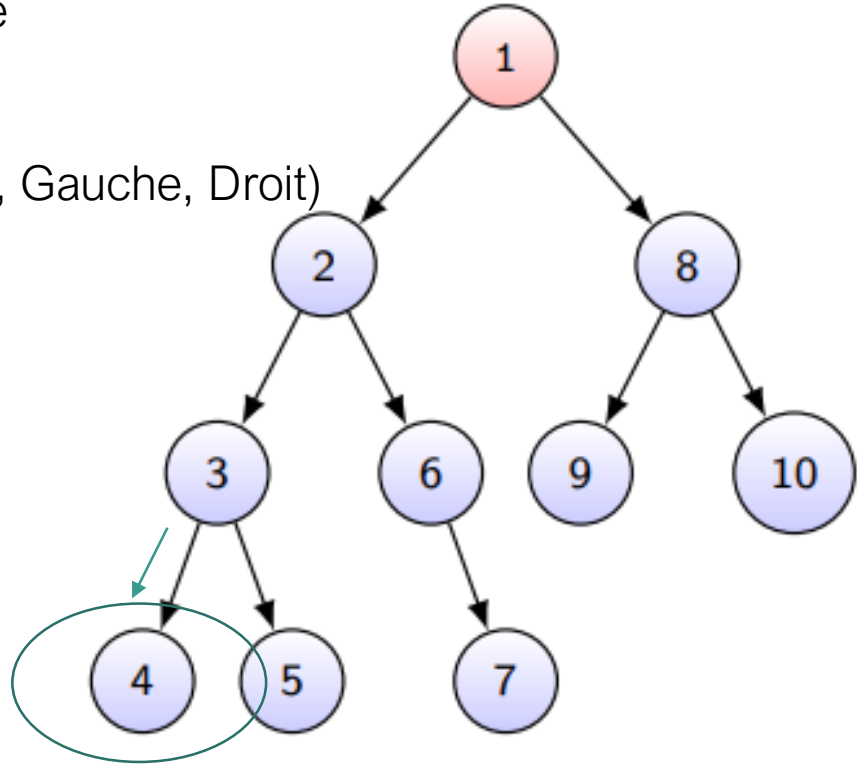


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1, 2, 3, 4

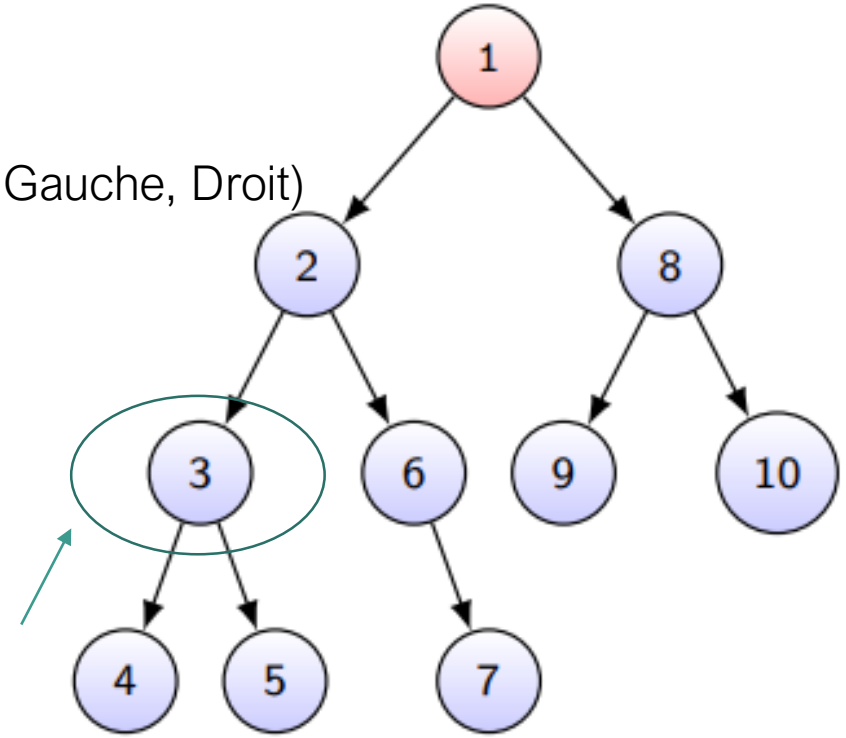


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1, 2, 3, 4

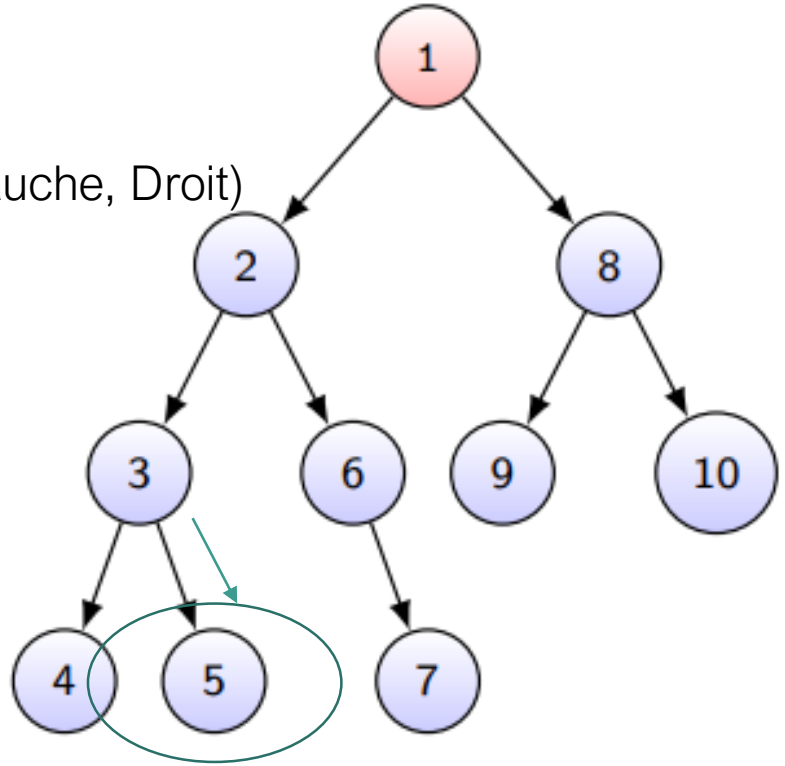


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1, 2, 3, 4, 5

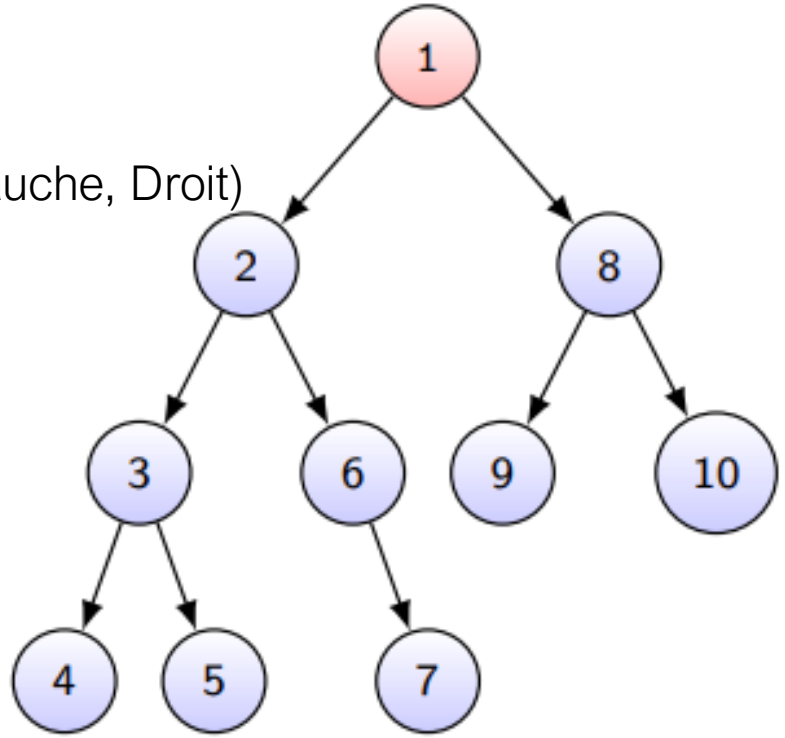


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours R G D (Racine, Gauche, Droit)

- Parcours : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

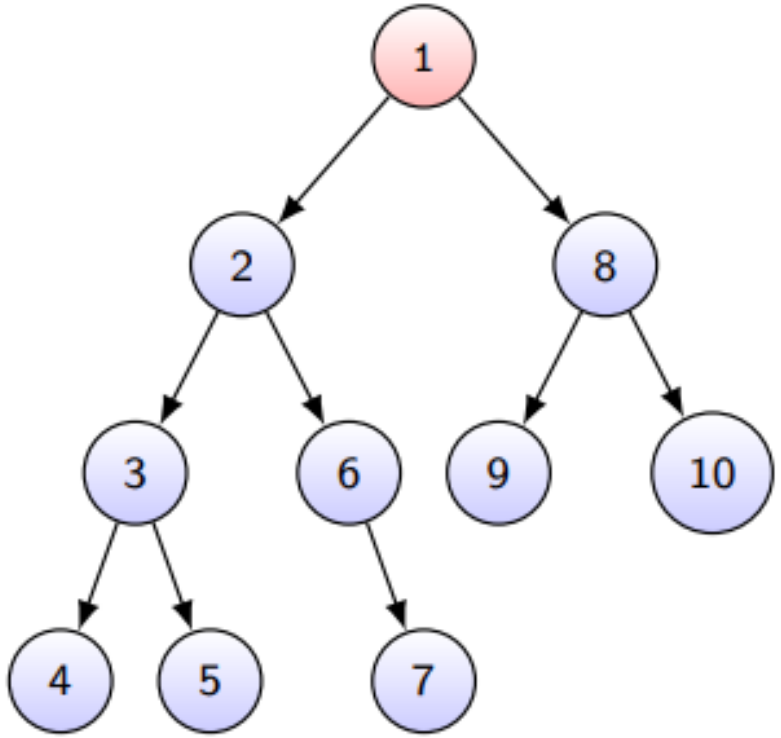


Parcours en longueur

- Type PREFIXE : on visite chaque nœud *avant* de visiter ses fils.
  - 1. On visite la racine de l'arbre
  - 2. Parcours préfixe des sous-arbre de gauche à droite

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursPrefixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                traiter( elmt(a) )
                parcoursPrefixe( fg(a) )
                parcoursPrefixe( fd(a) )
        FIN SI
FIN
```

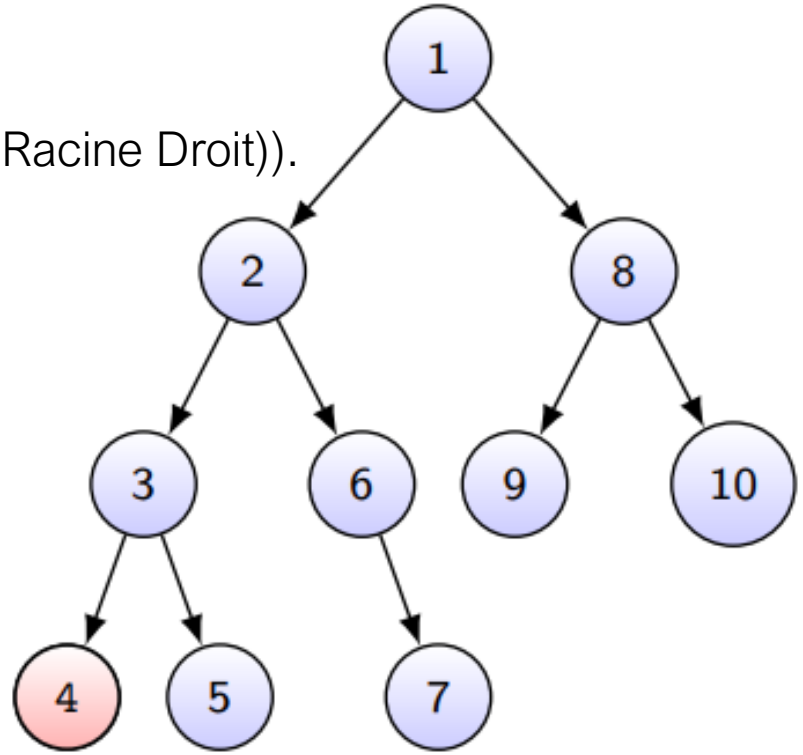


Parcours en longueur

- Type INFIXE : parcours en « triangle » (dans un arbre binaire seulement) : on visite chaque nœud après son fils à gauche et avant son fils à droite.
  - Parcours infixe du sous-arbre gauche
  - Visite de la racine
  - Parcourt infixe du sous-arbre droit

- Dans un arbre binaire, on l'appelle parcours G R D (Gauche Racine Droit)).

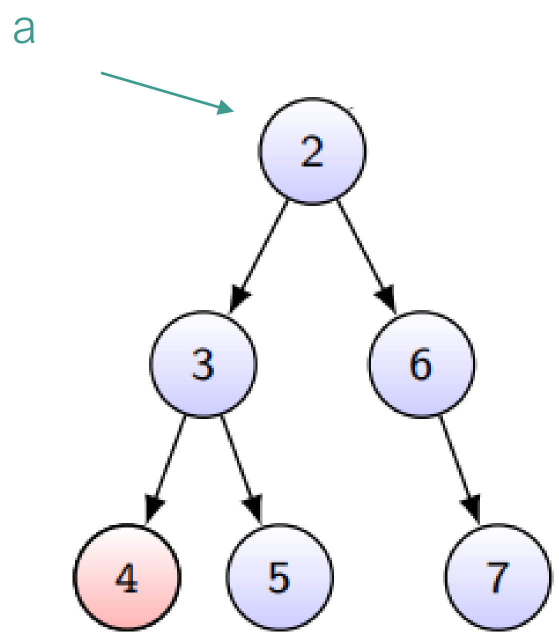
- Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7, 1, 9, 8, 10



Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```



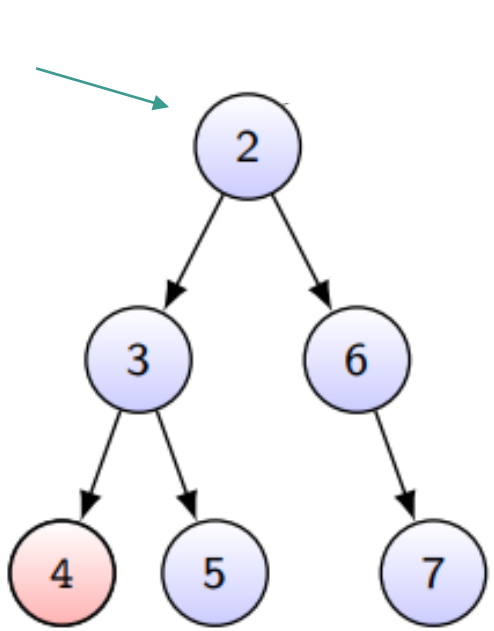
Parcours :

Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
     SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
              parcoursInfixe(fg(a))
              traiter(elmt(a))
              parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

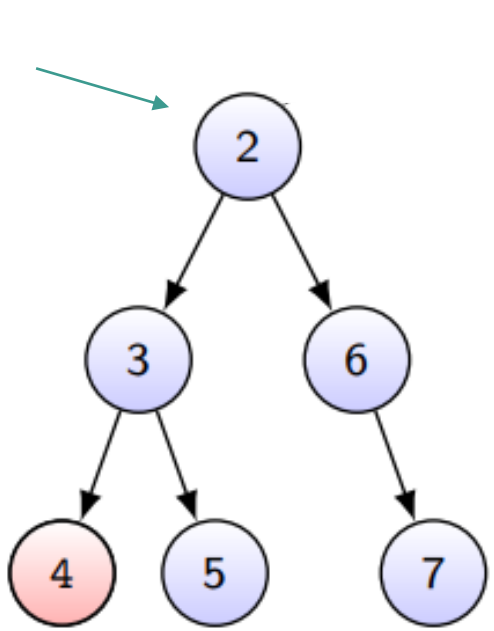


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

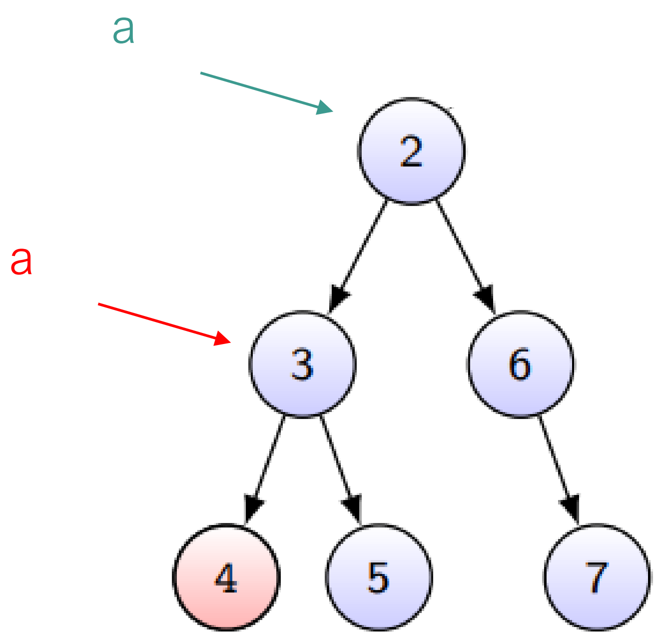
Parcours :



Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
       SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
              parcoursInfixe(fg(a))
              traiter(elmt(a))
              parcoursInfixe(fd(a))
       FIN SI
FIN
```



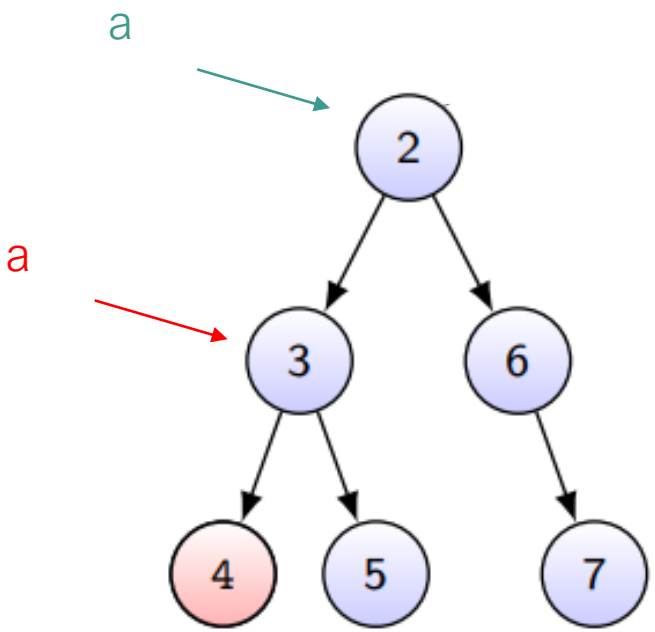
Parcours :

Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

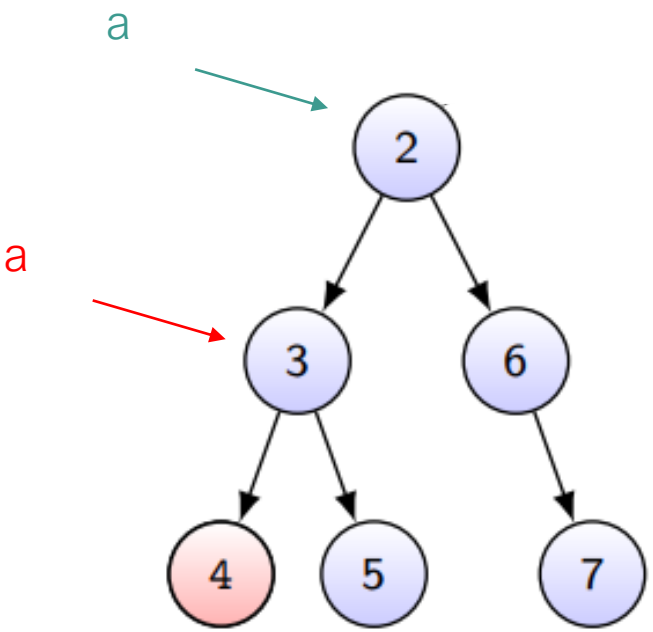


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
           parcoursInfixe(fg(a))
           traiter(elmt(a))
           parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

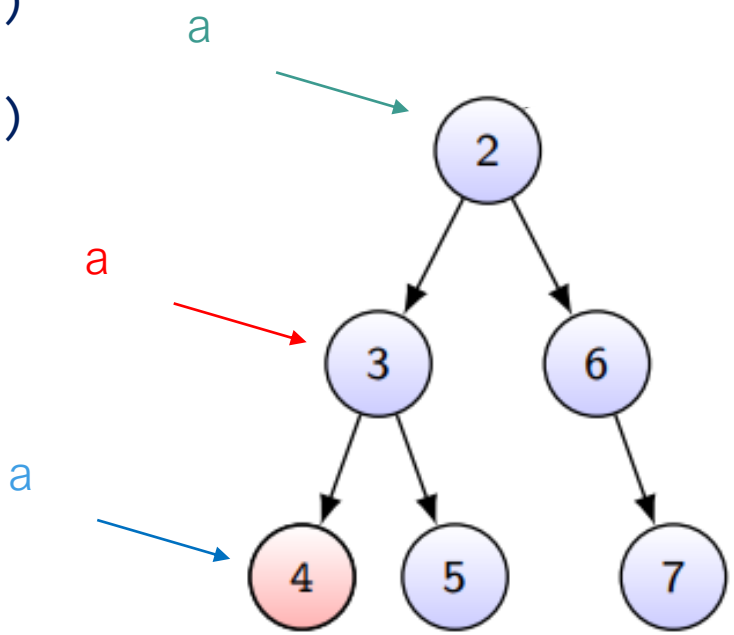


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

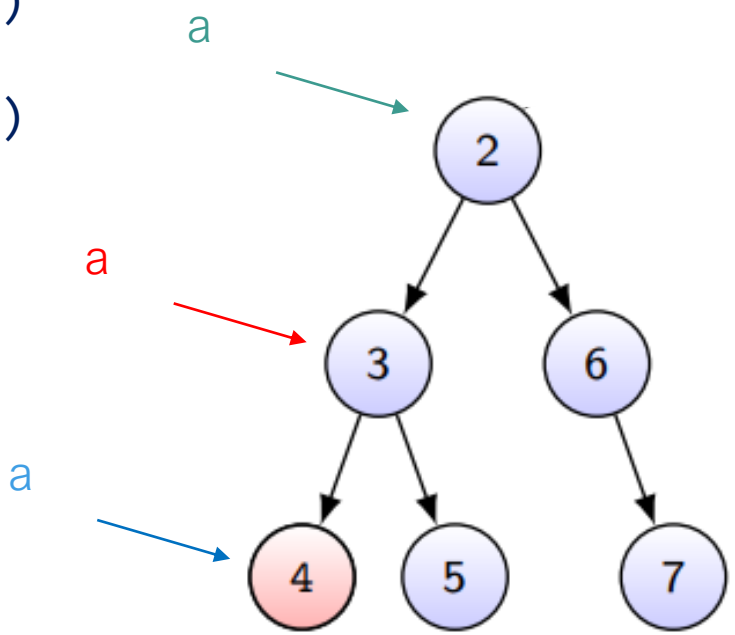


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

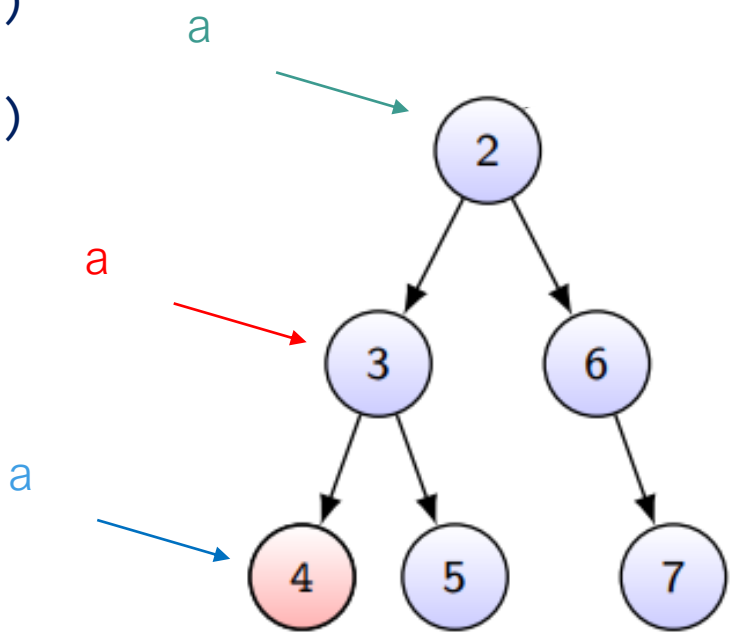


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

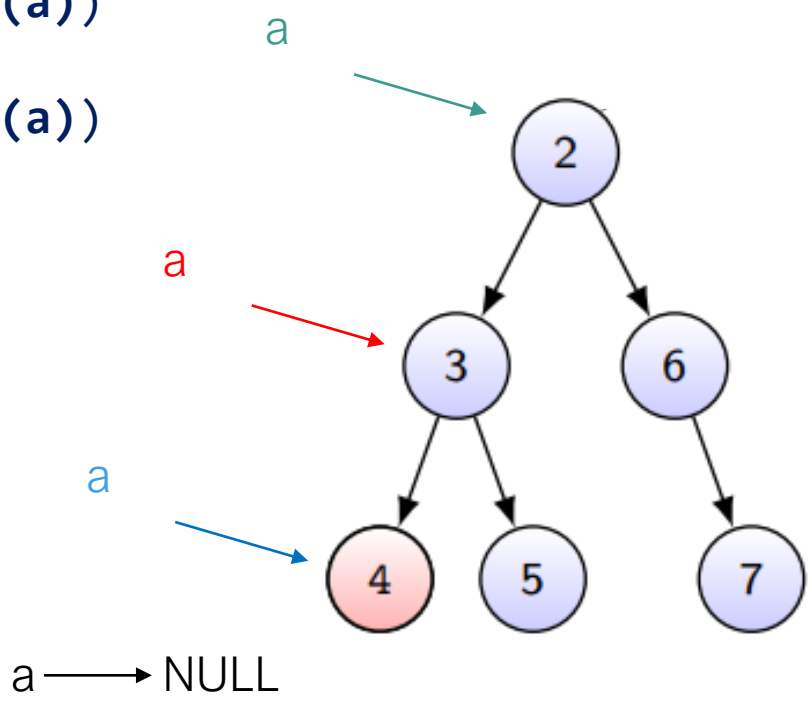


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

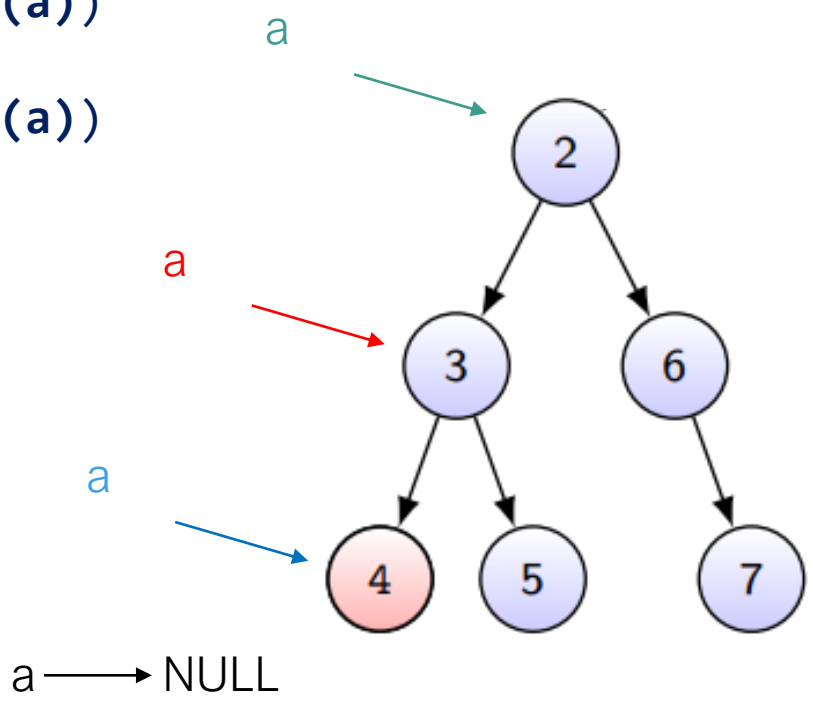


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
       FIN SI
FIN
```

Parcours :

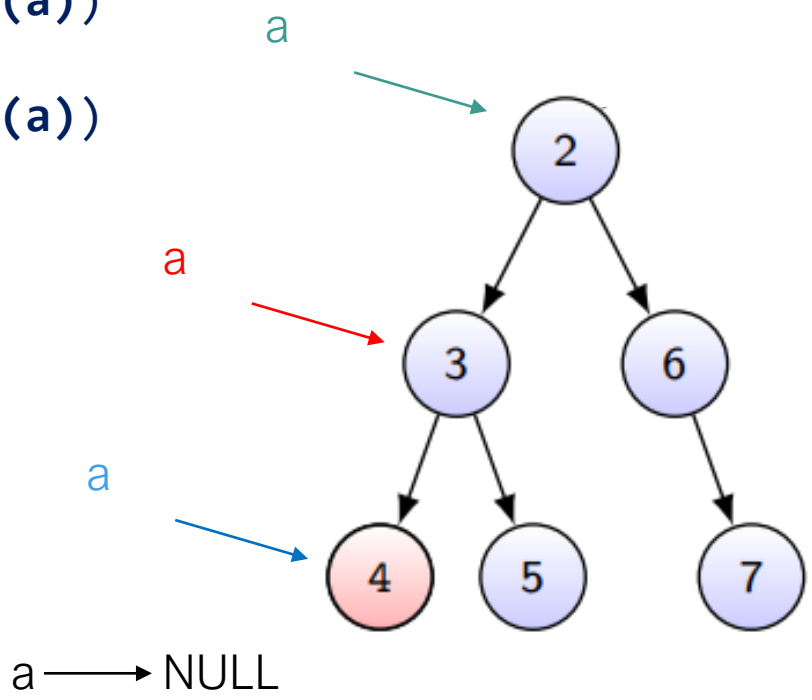


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

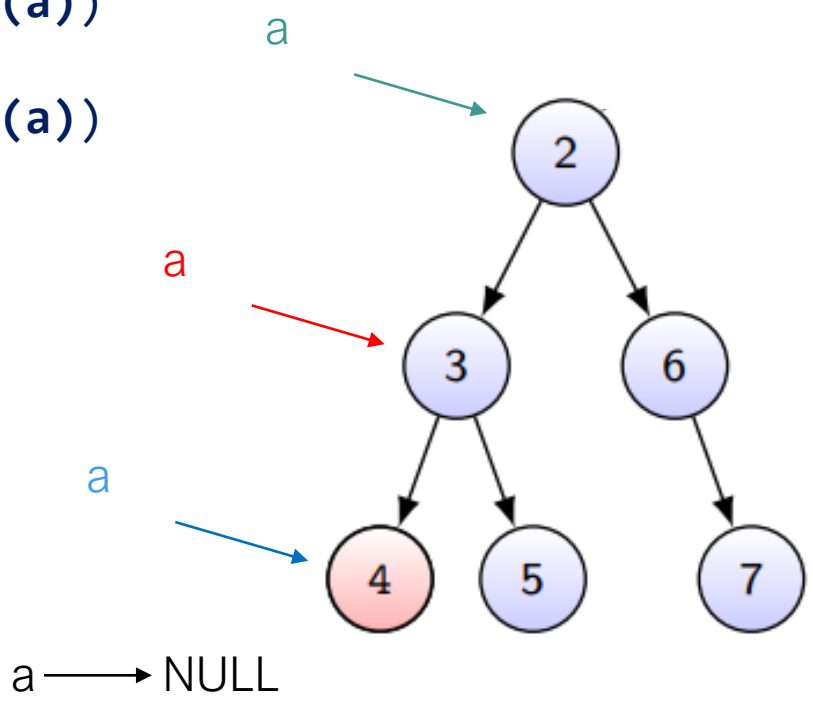


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

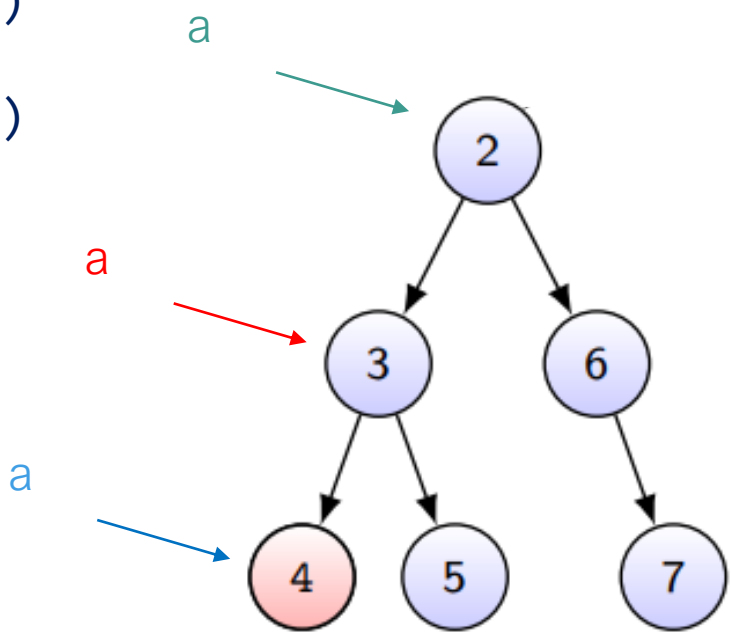


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
           parcoursInfixe(fg(a))
           traiter(elmt(a))
           parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours :

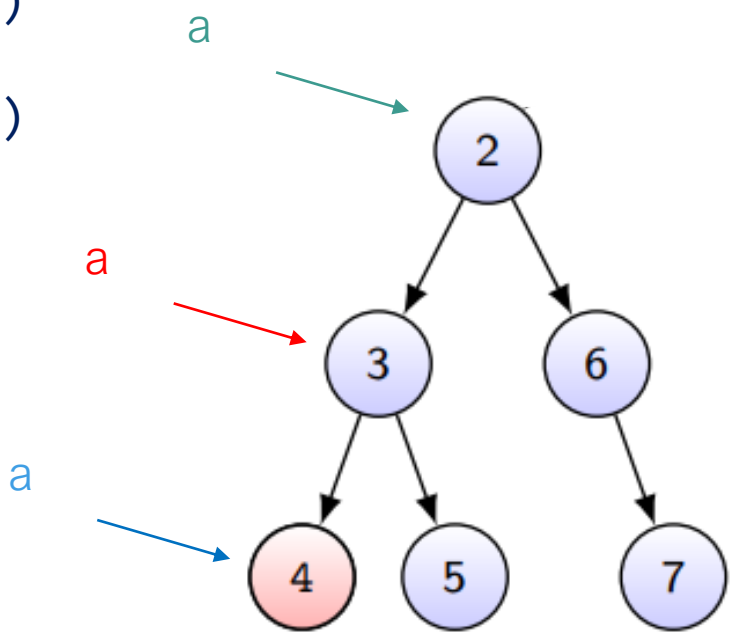


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

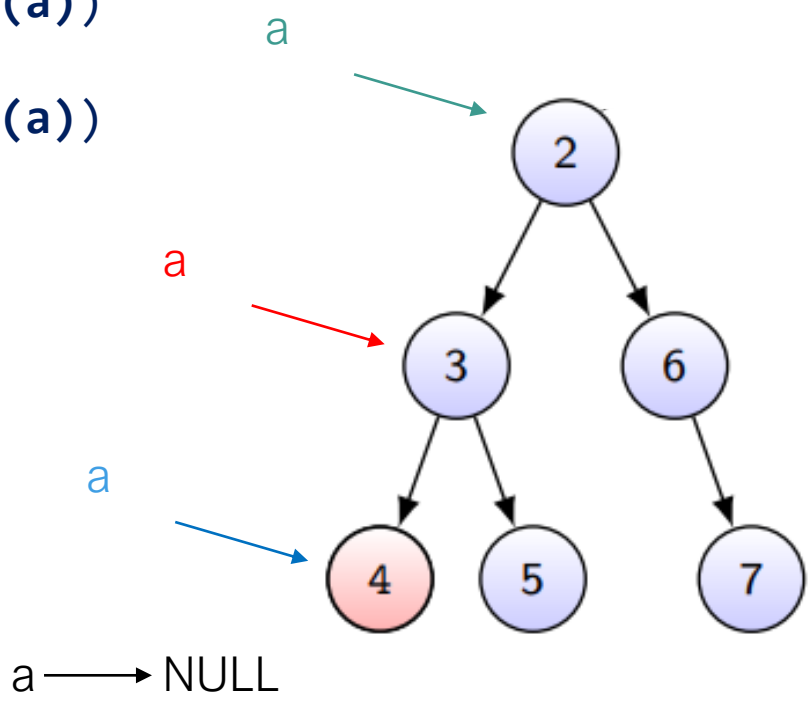


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

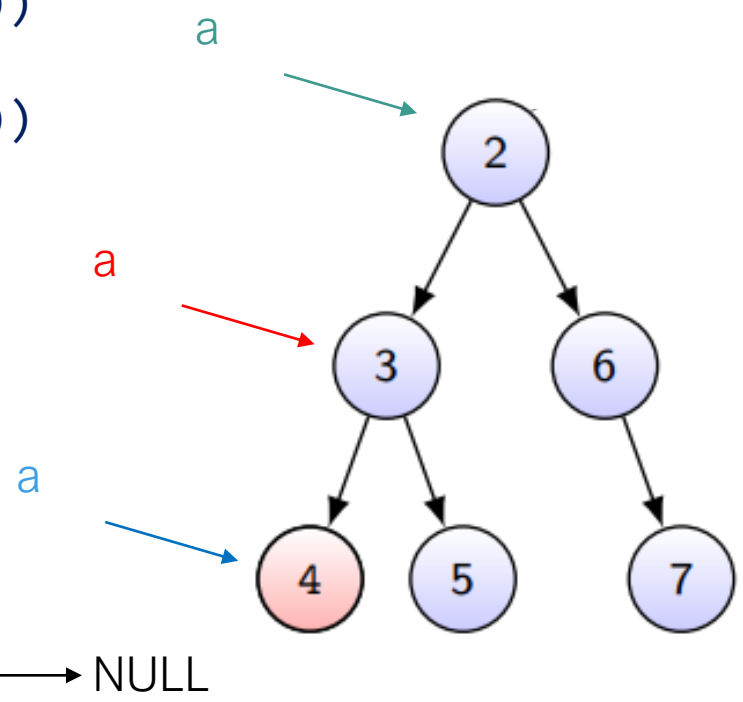


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

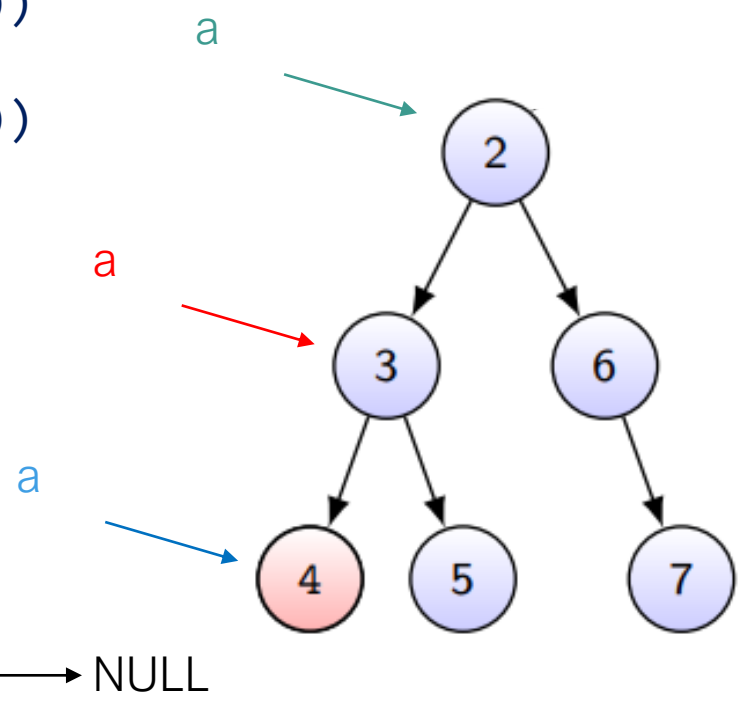


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

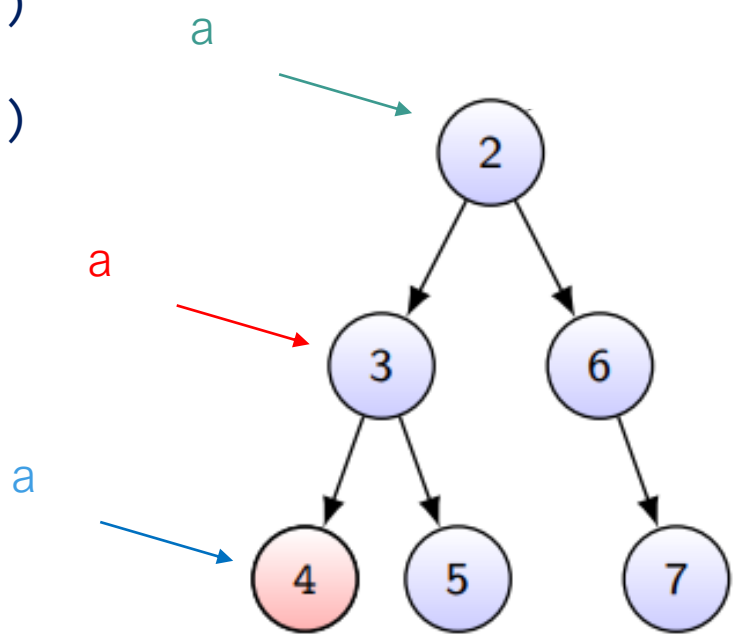


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

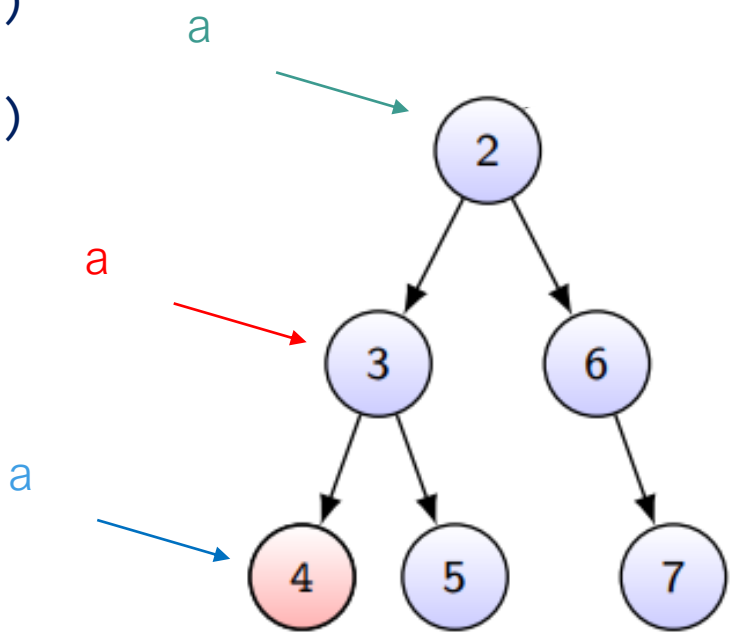


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

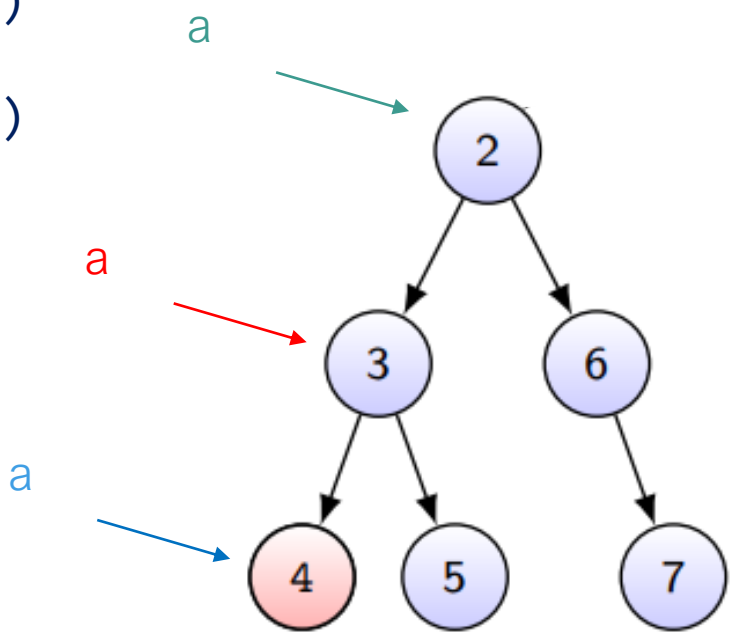


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

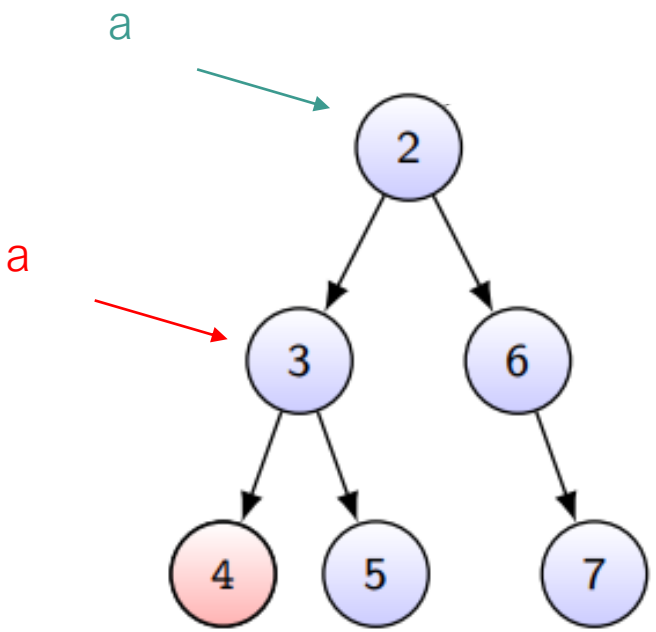


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4

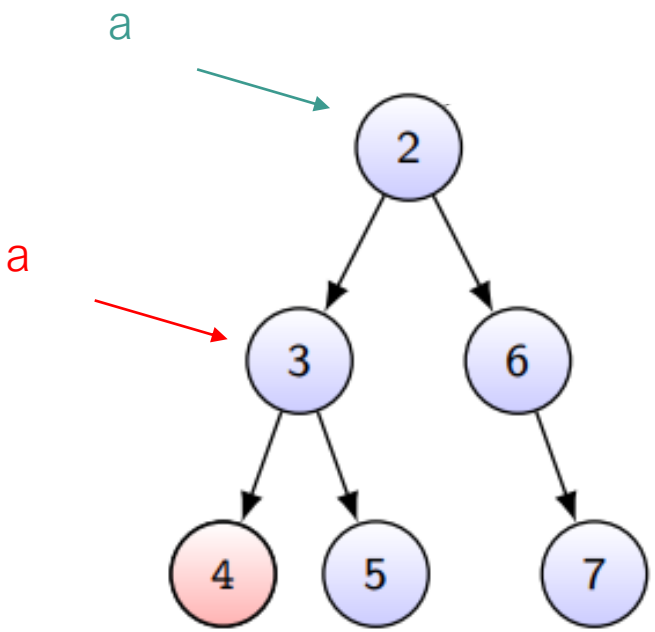


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3

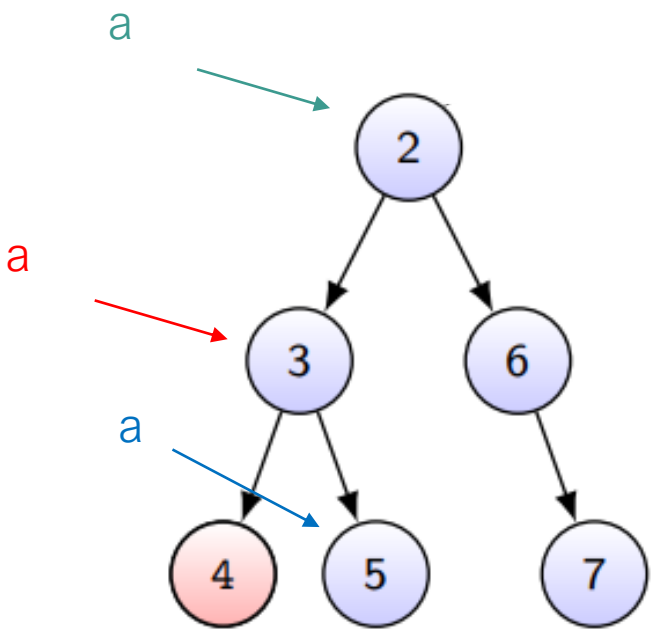


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3

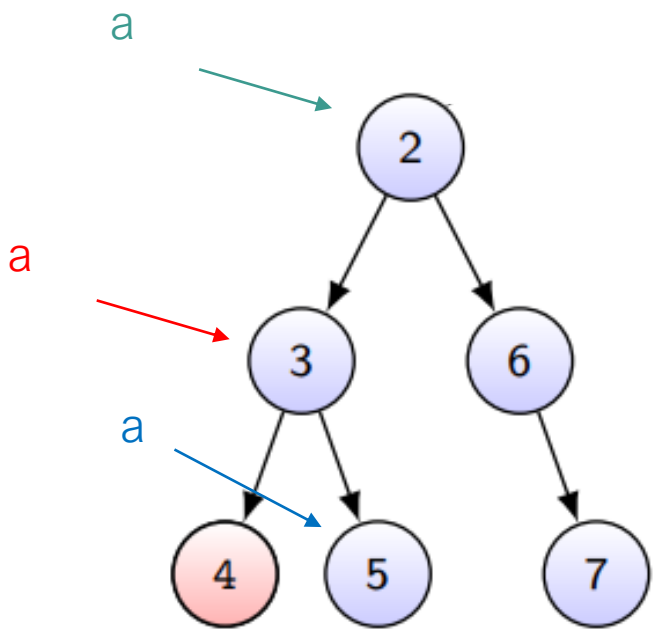


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3

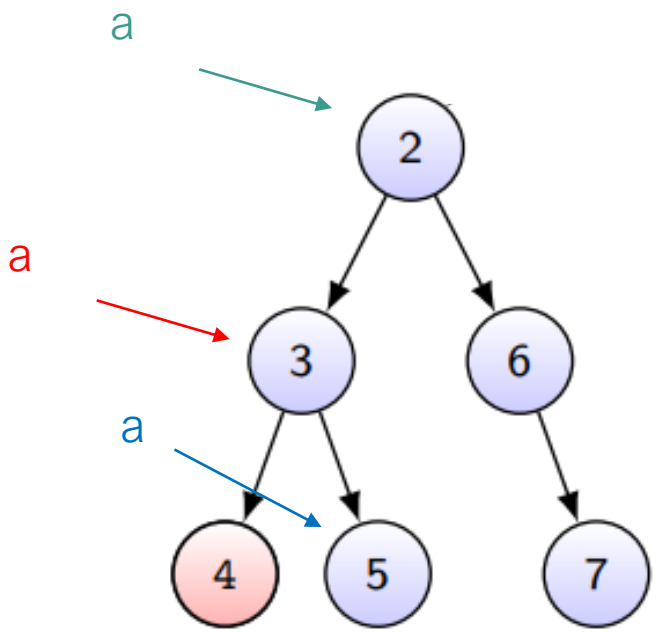


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
           ➡➡ parcoursInfixe(fg(a))
              traiter(elmt(a))
            ➡ parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3

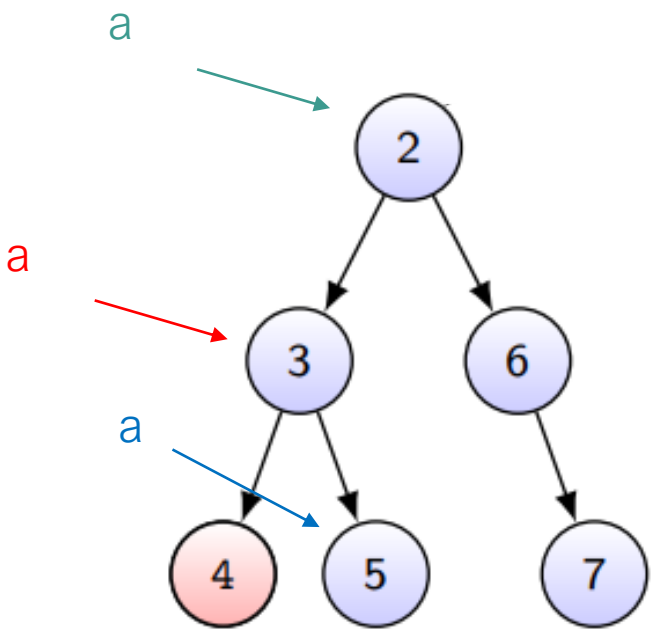


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3

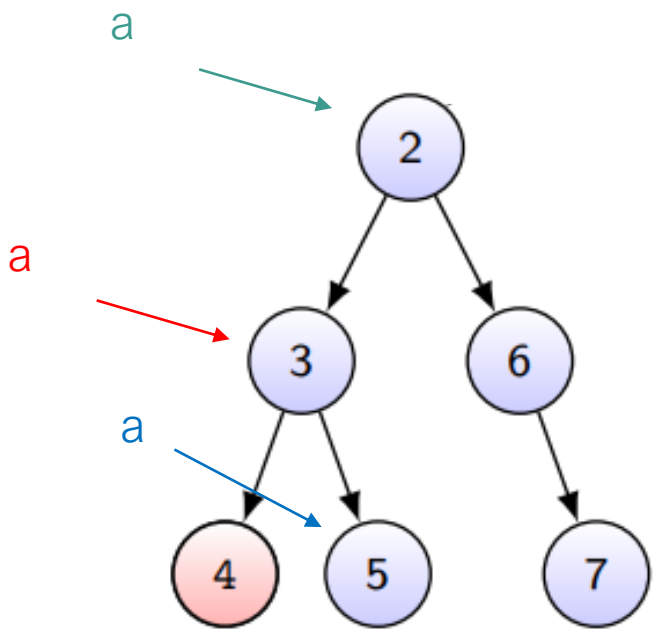


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5

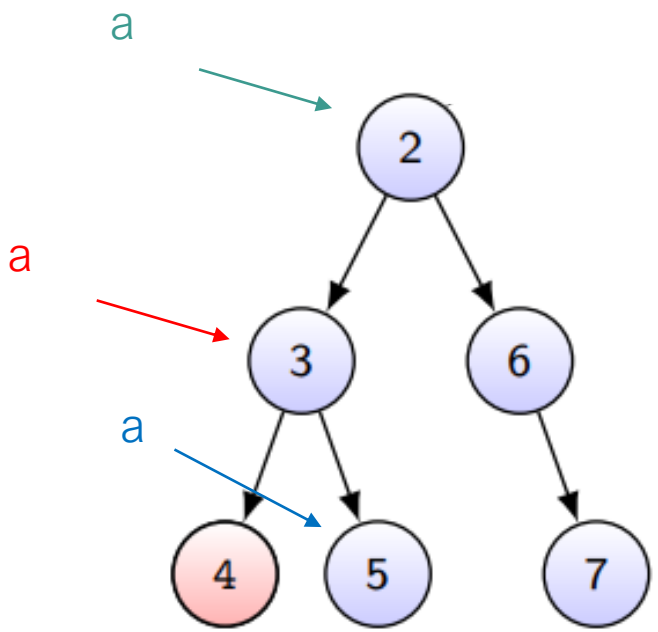


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
      FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5

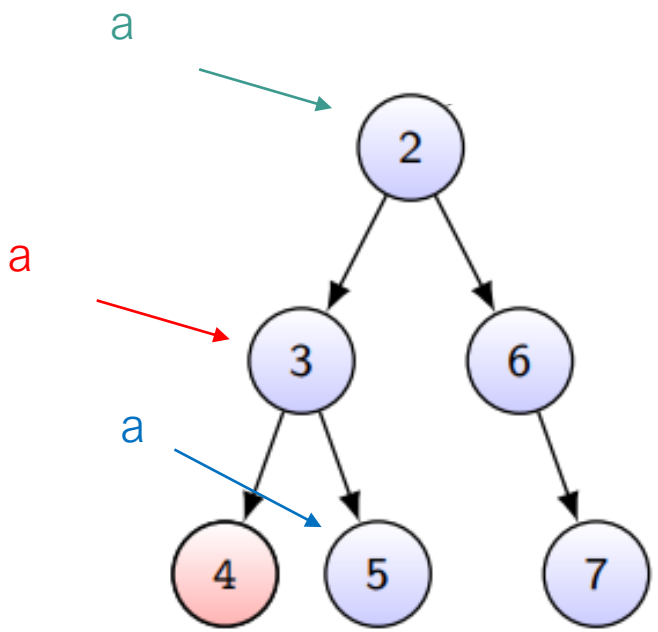


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5

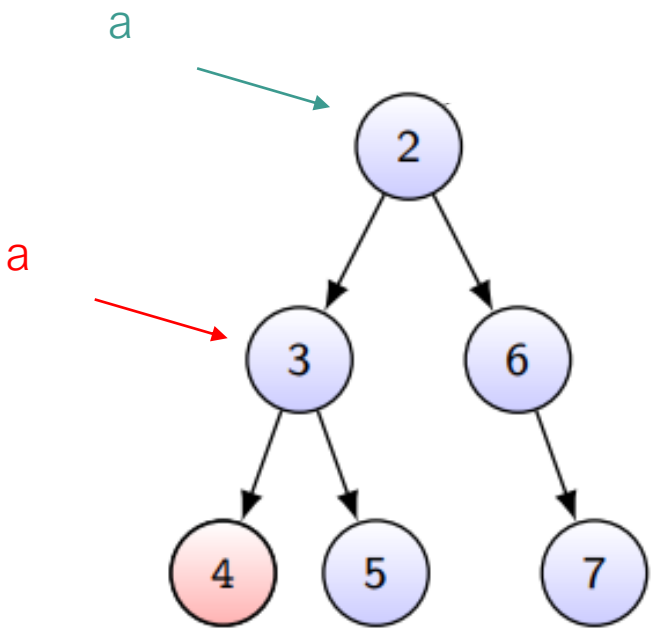


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
      FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5

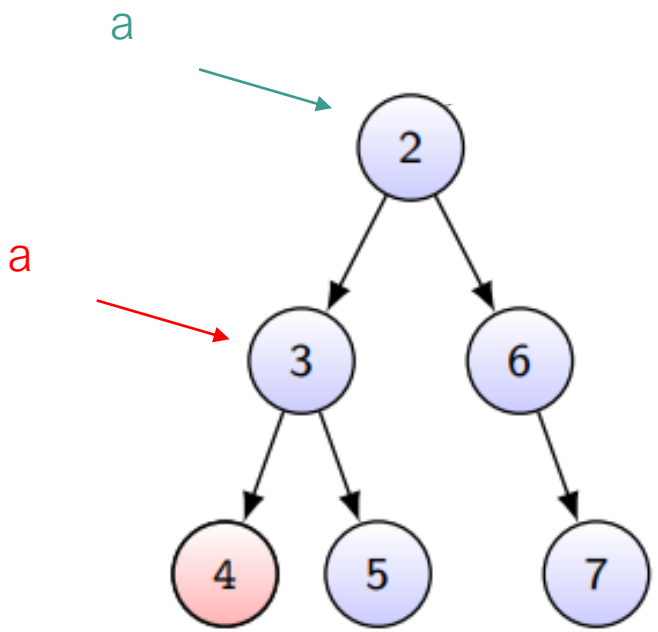


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5

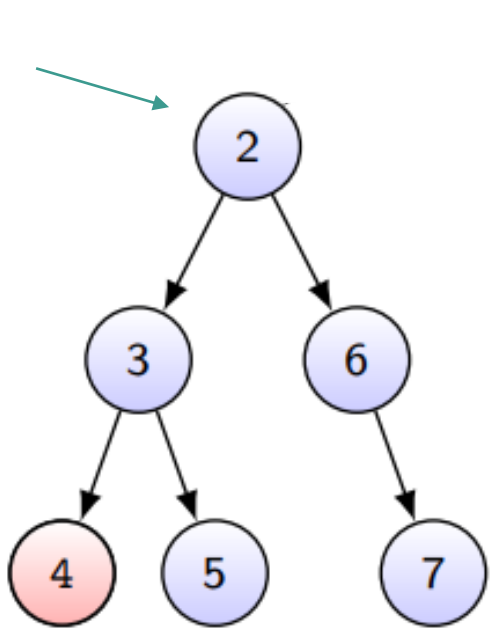


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5

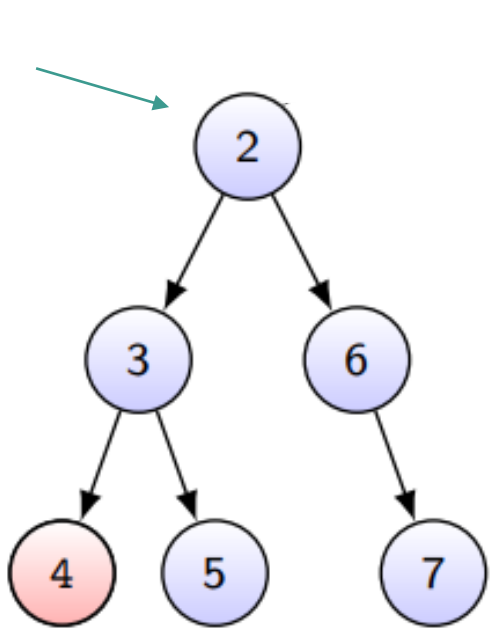


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

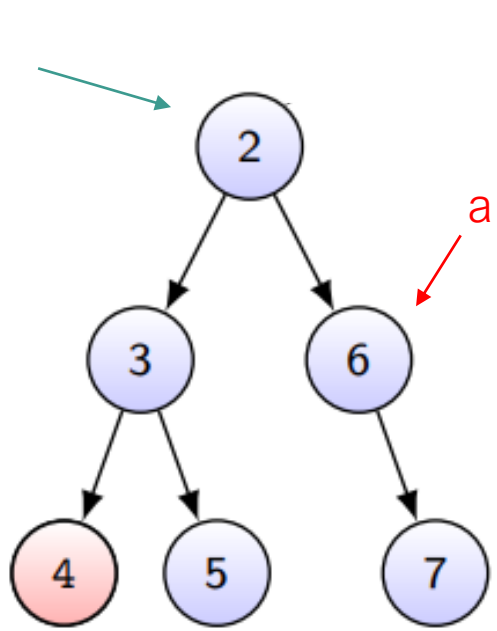


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

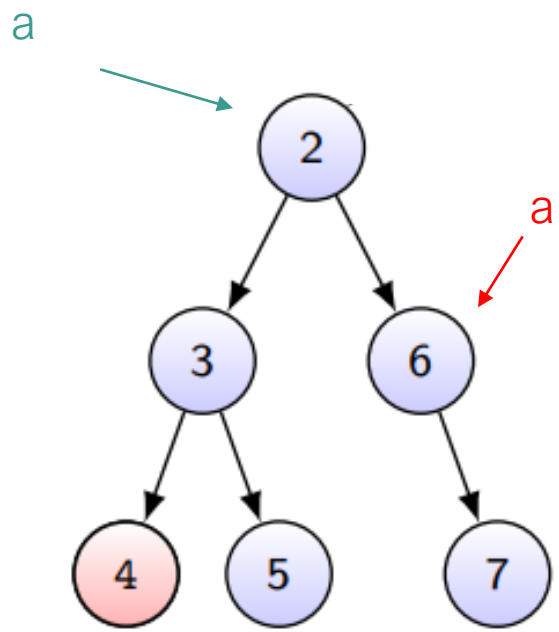


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
     SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
          parcoursInfixe(fg(a))
          traiter(elmt(a))
          parcoursInfixe(fd(a))
     FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

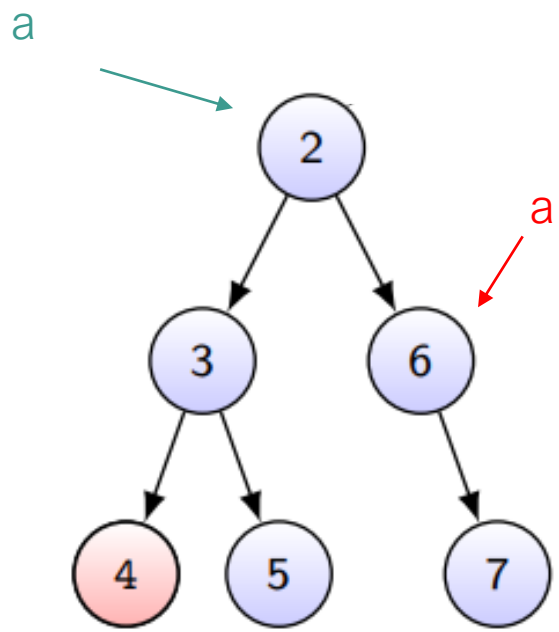


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

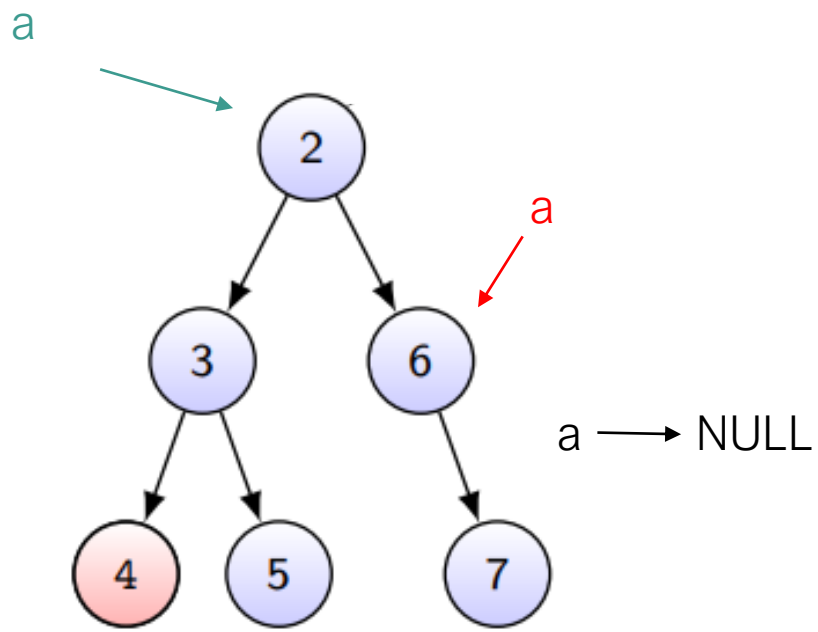


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

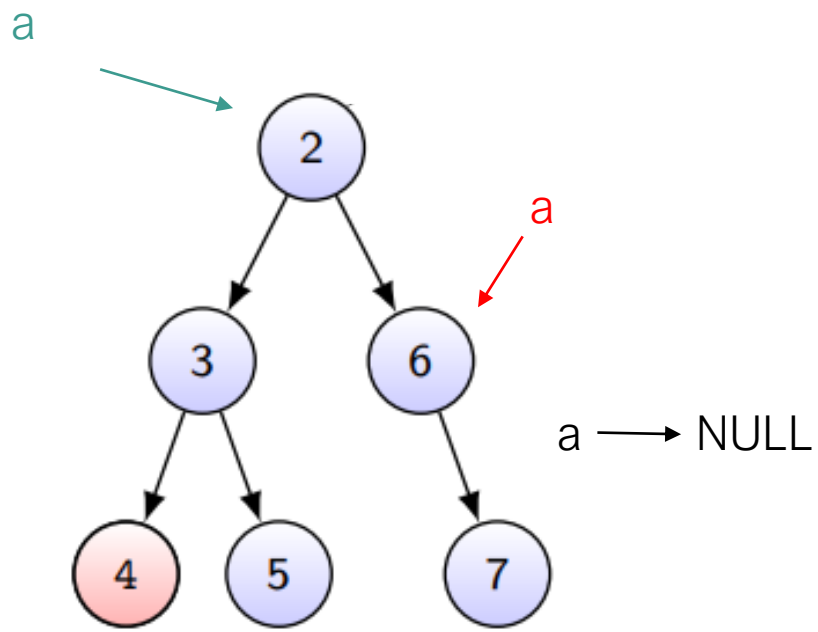


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

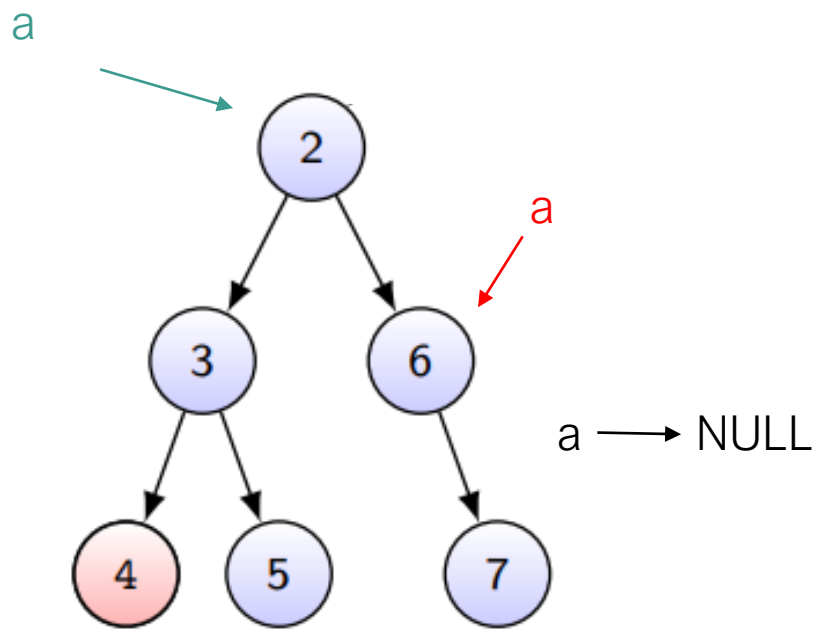


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
      FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

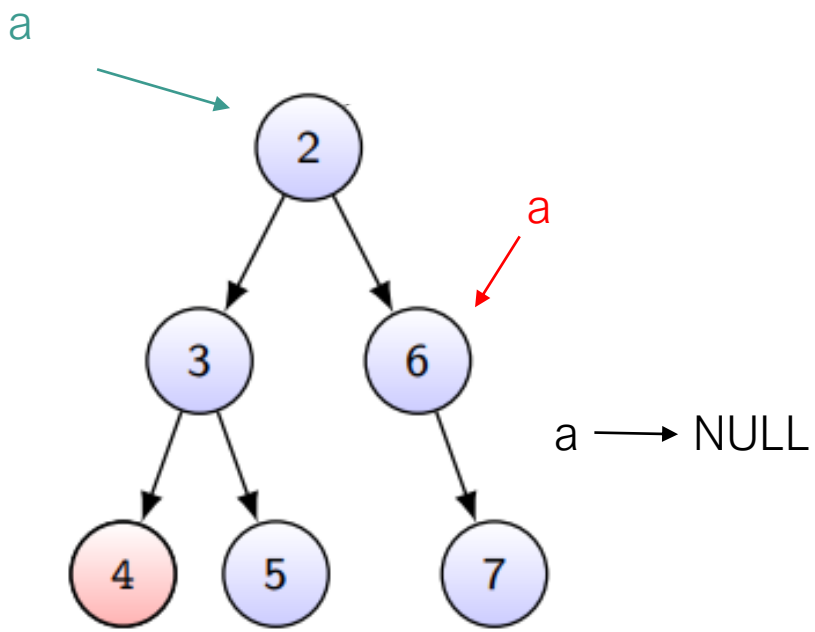


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

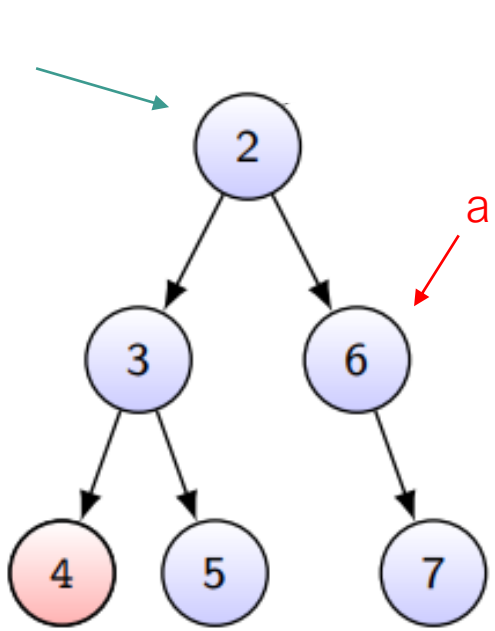


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2

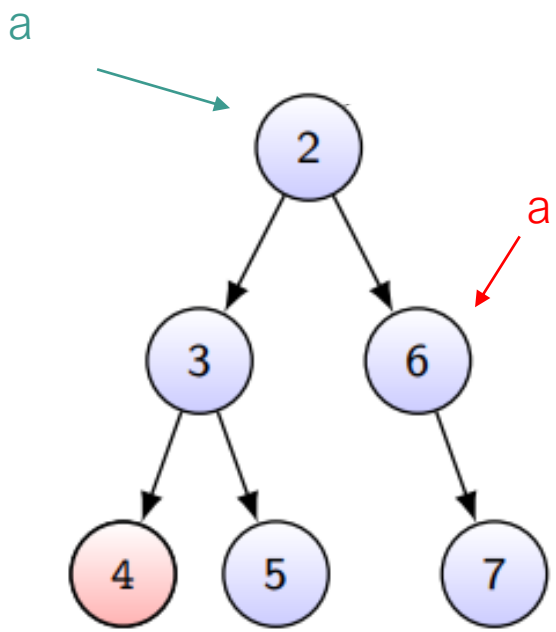


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6

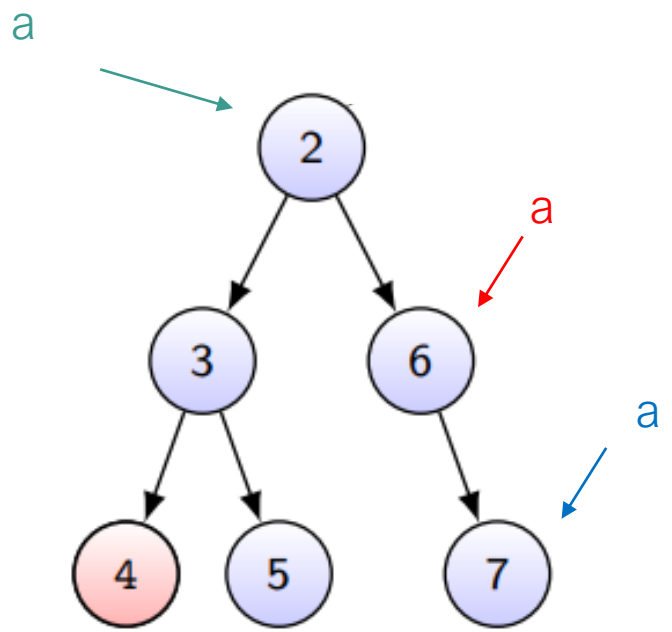


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6

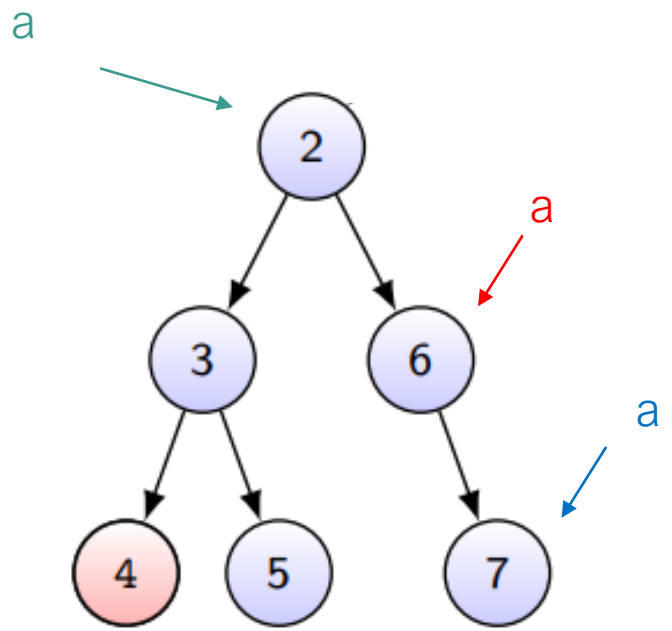


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
      SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
            parcoursInfixe(fg(a))
            traiter(elmt(a))
            parcoursInfixe(fd(a))
      FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6

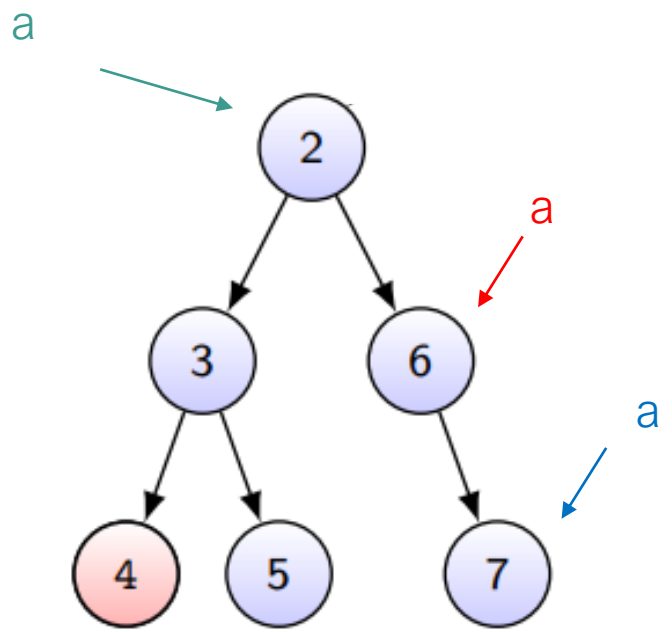


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
             parcoursInfixe(fg(a))
             traiter(elmt(a))
             parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6

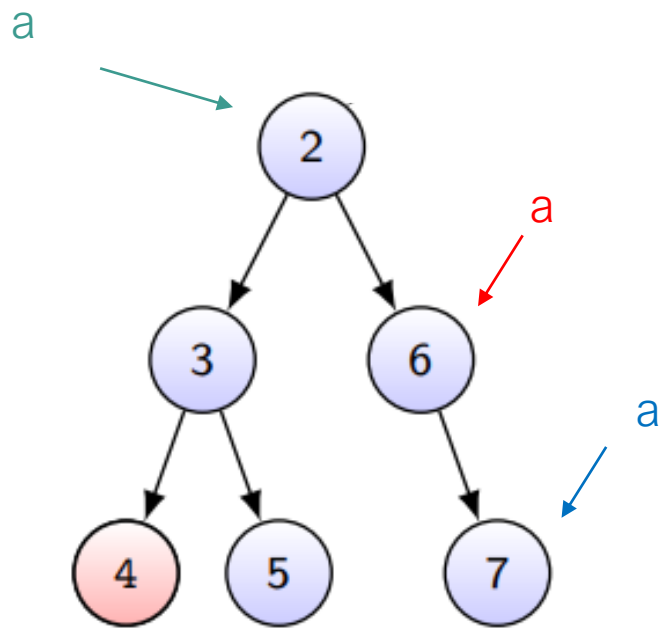


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6

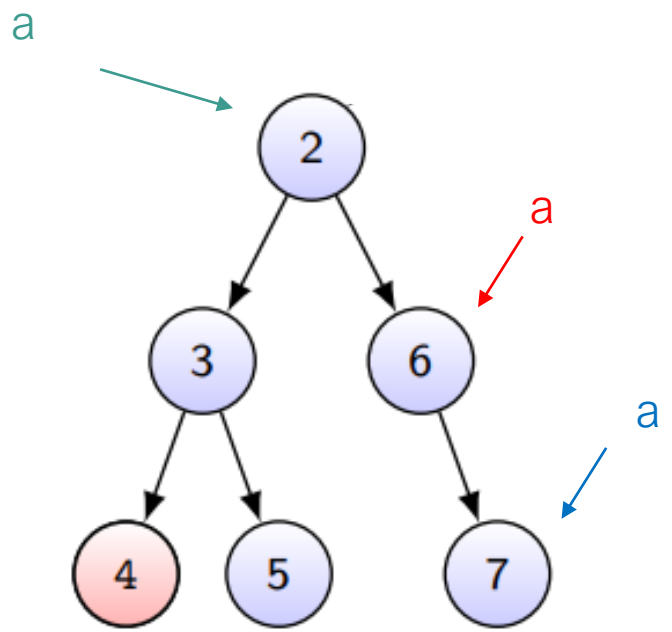


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

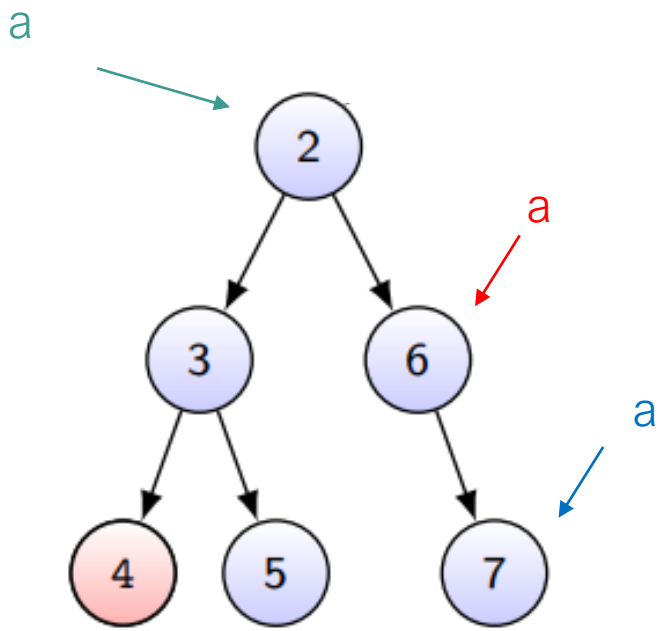


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

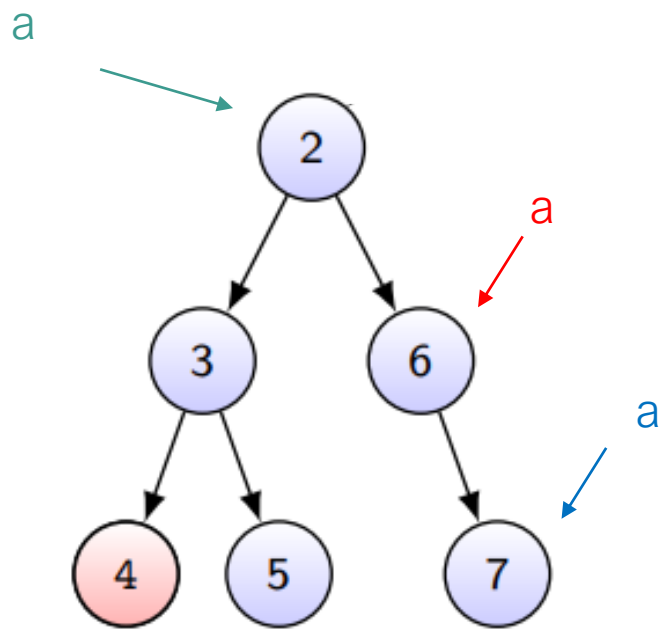


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

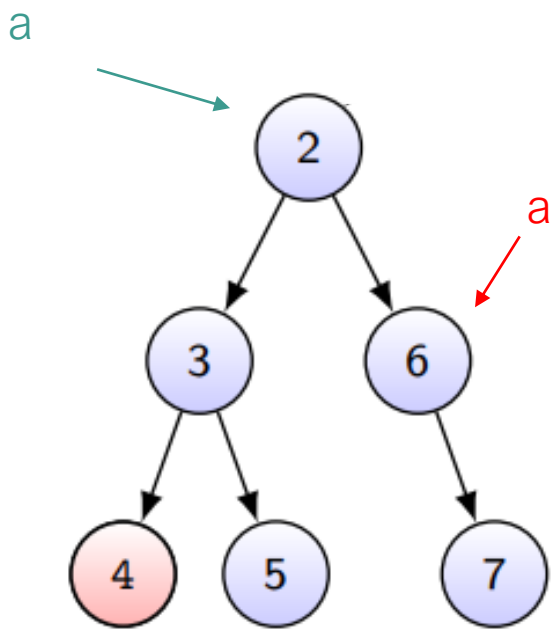


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

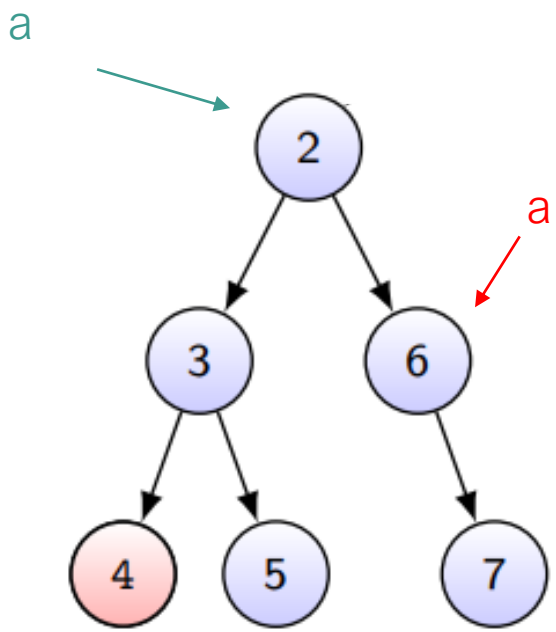


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

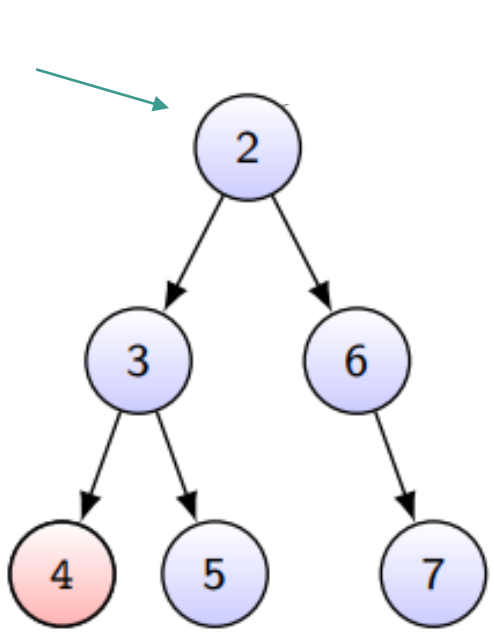


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

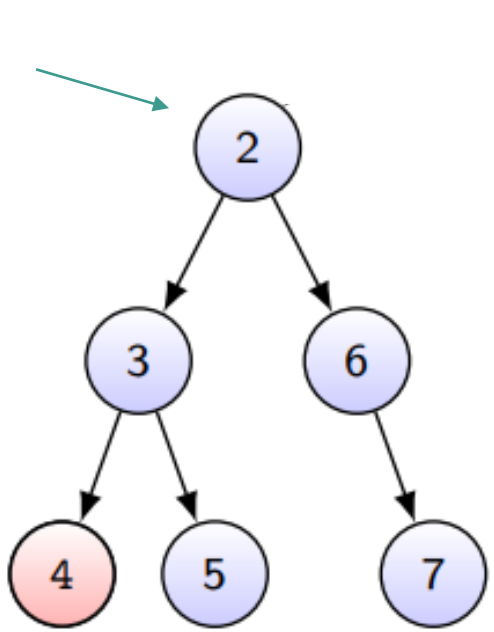


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

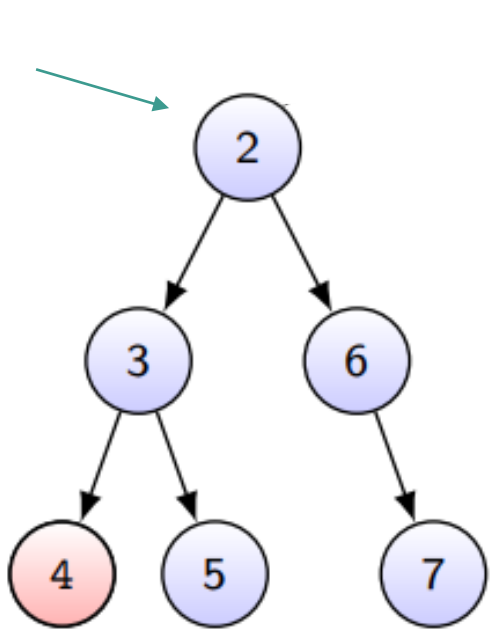


Parcours en longueur

- Algorithme :

```
PROCEDURE parcoursInfixe(a : pointeur sur Arbre)
DEBUT
        SI a DIFFERENT DE NULL ALORS
                parcoursInfixe(fg(a))
                traiter(elmt(a))
                parcoursInfixe(fd(a))
        FIN SI
FIN
```

Parcours : 4, 3, 5, 2, 6, 7

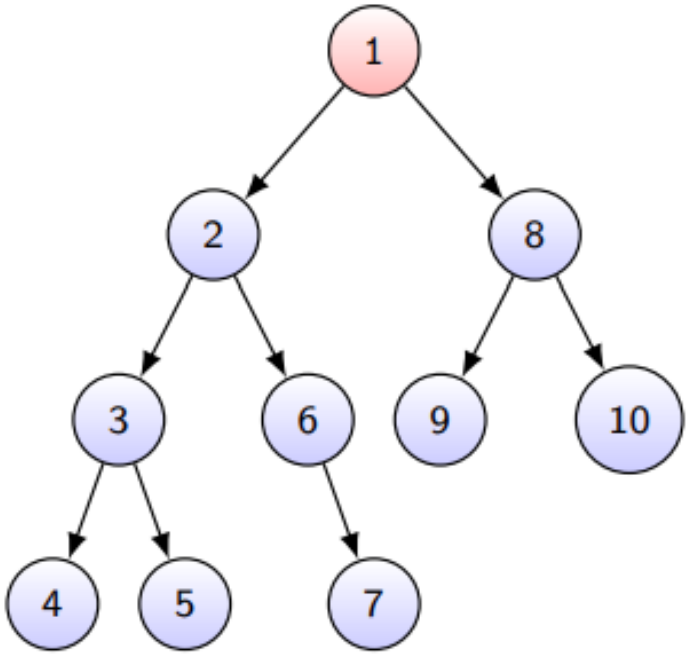


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours:

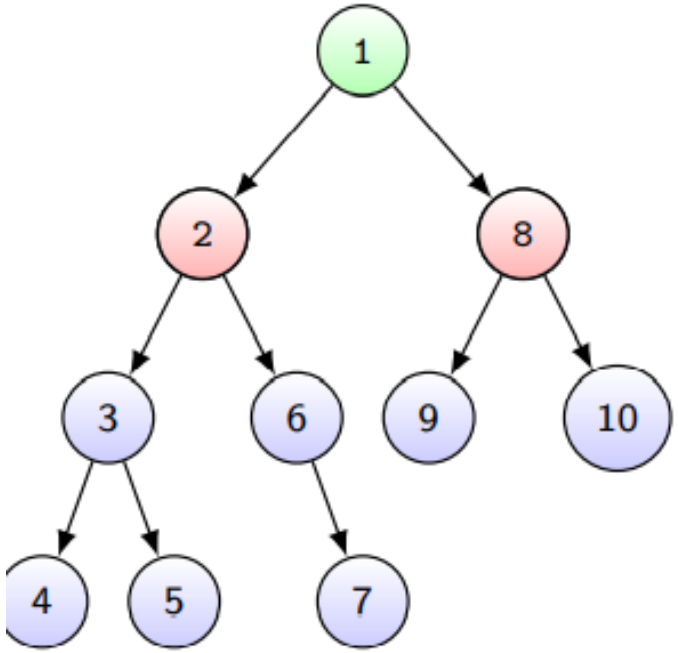


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1,

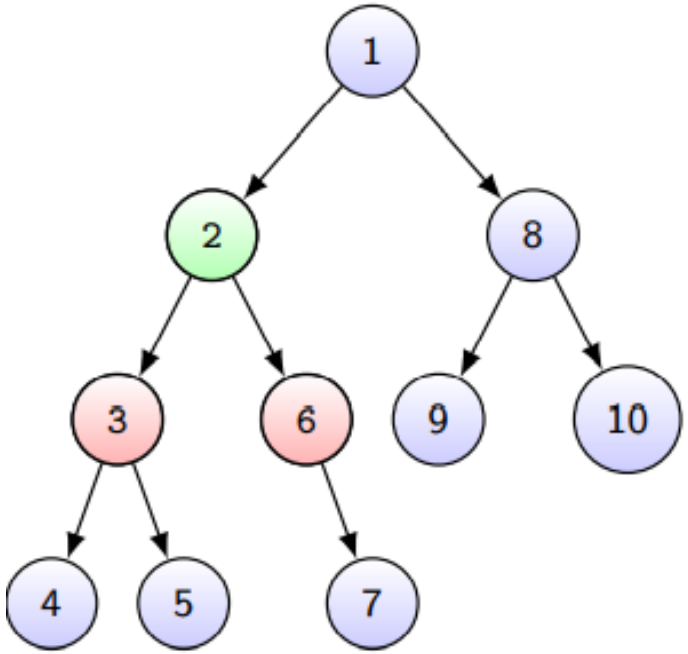


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2,

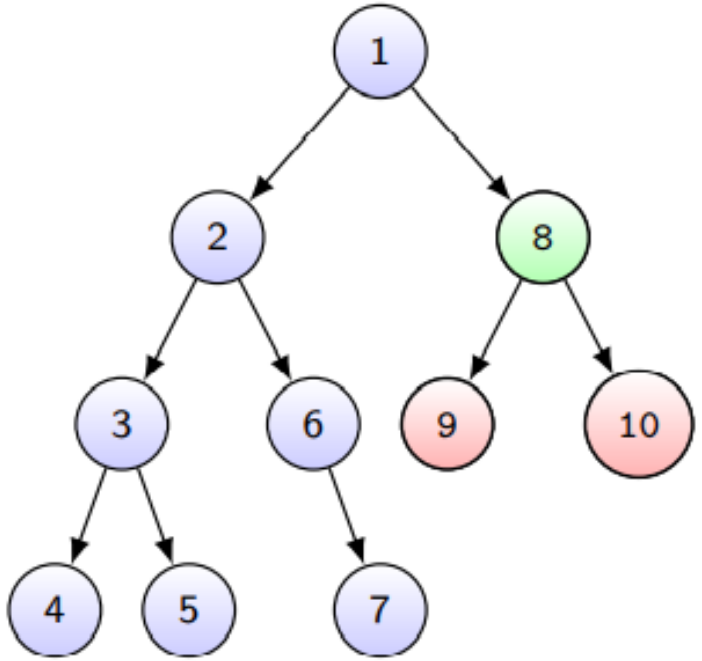


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8

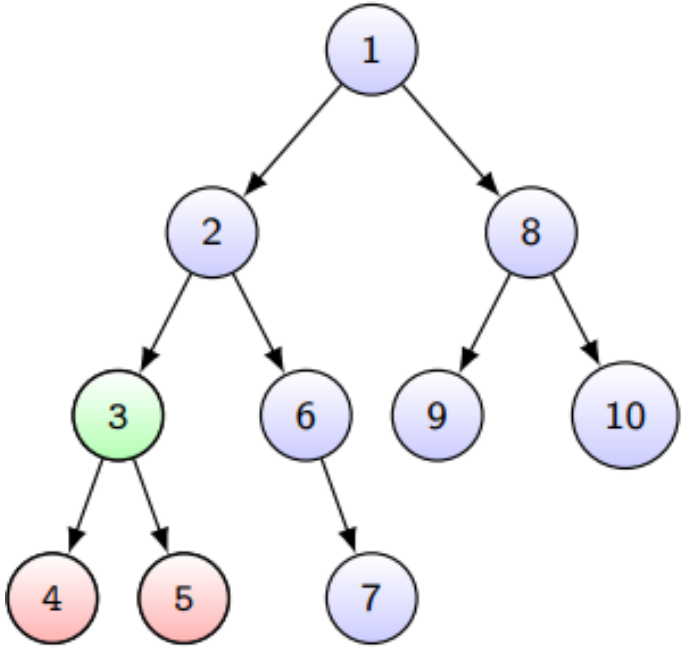


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8, 3

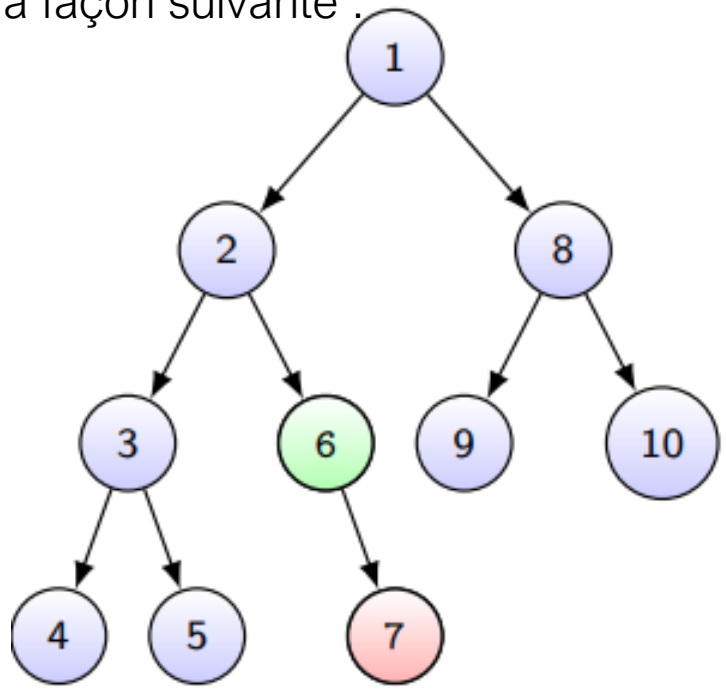


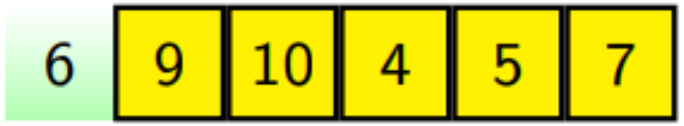
Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8, 3, 6



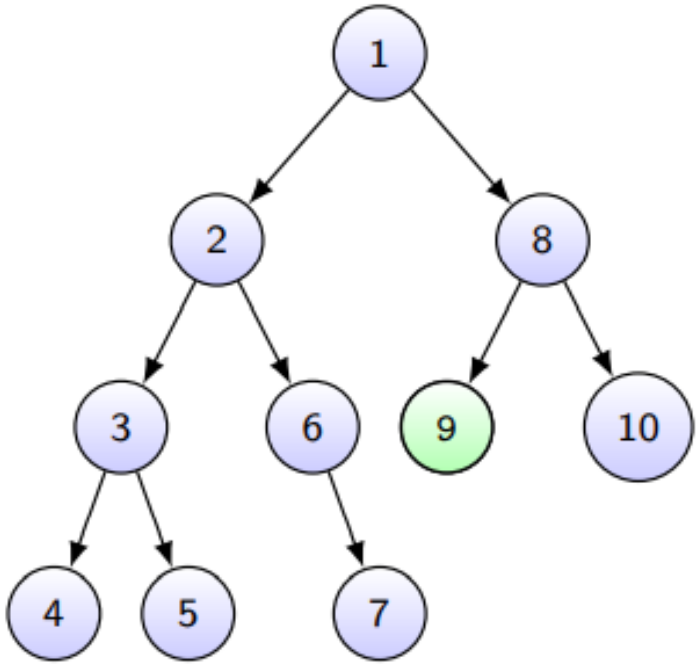


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8, 3, 6, 9

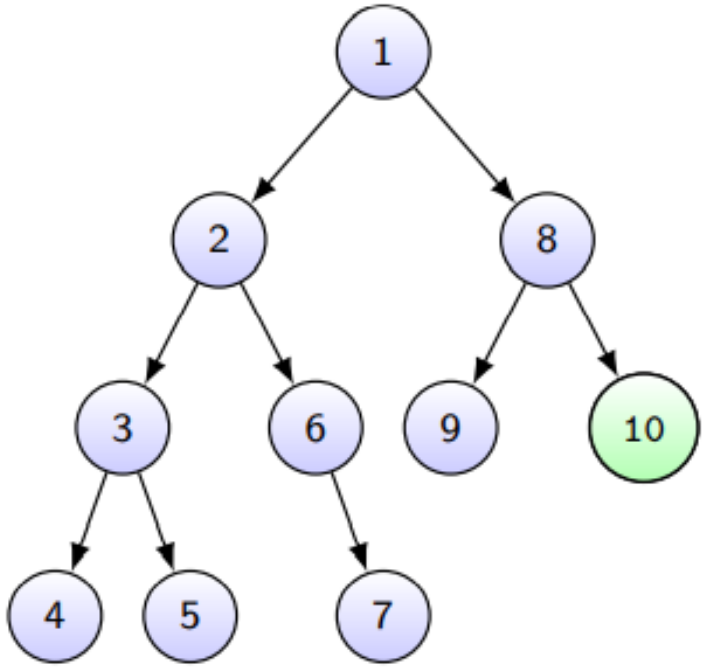


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8, 3, 6, 9, 10

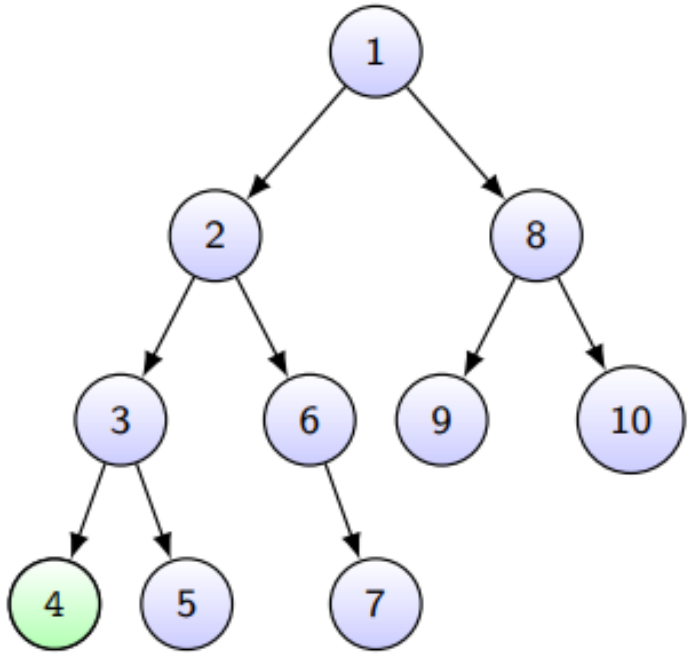


Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8, 3, 6, 9, 10, 4

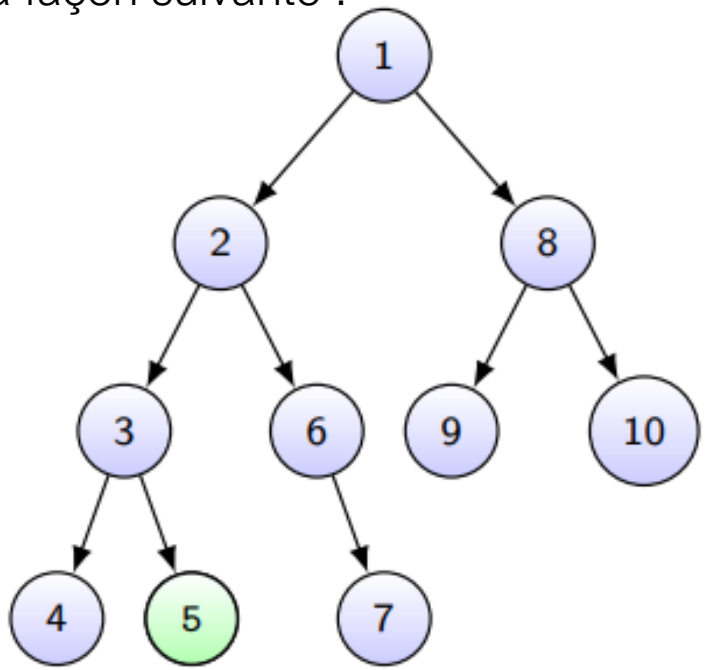


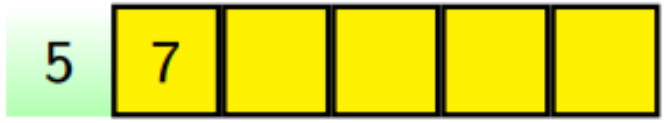
Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

- Parcours: 1, 2, 8, 3, 6, 9, 10, 4, 5



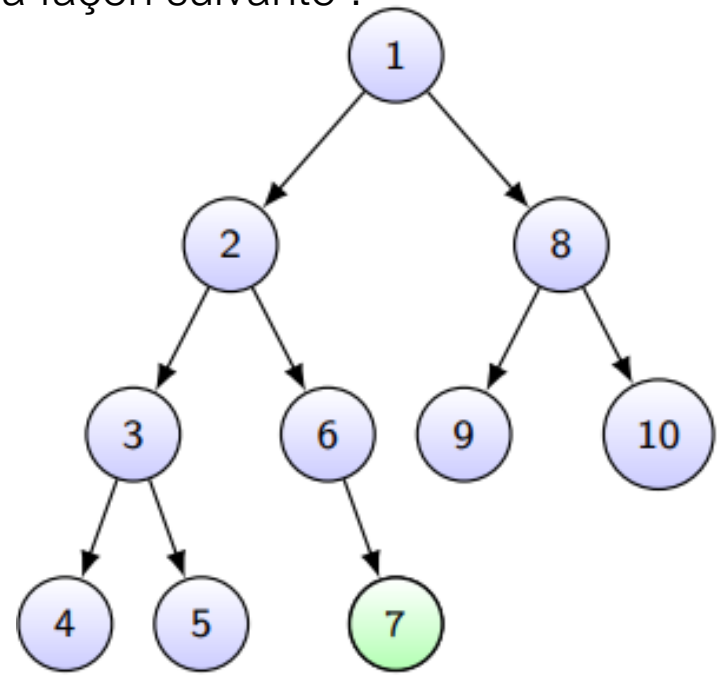


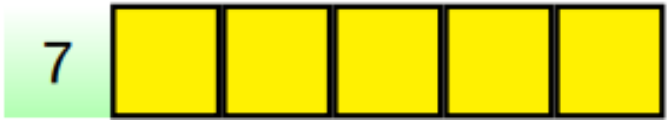
Parcours en largeur

- Parcours en largeur : On explore les nœuds un par un sur un même niveau. On passe ensuite sur le niveau suivant, et ainsi de suite (on va vers les frères avant de parcourir les fils).

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file

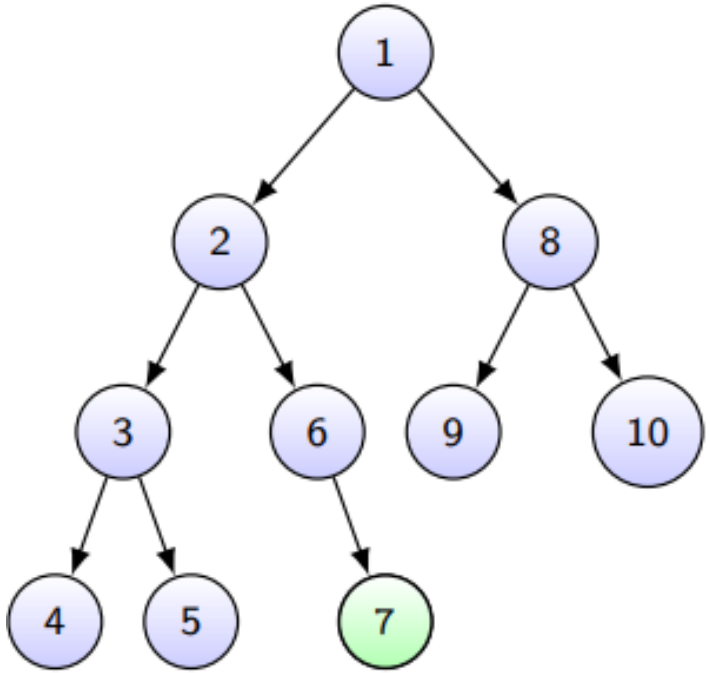
- Parcours: 1, 2, 8, 3, 6, 9, 10, 4, 5, 7





Parcours en largeur

- Le parcours en largeur se réalise à l'aide d'une file de la façon suivante :
  - Mettre la racine dans la file
  - Tant que la file n'est pas vide :
    1. Récupérer en tête de file le nœud à traiter
    2. Traiter le nœud
    3. Ajouter ses fils dans la file




```
PROCEDURE parcoursLargeur(a : pointeur sur Arbre)
VARIABLE
        noeud : pointeur sur Arbre
        f : File de pointeurs sur Arbre
DEBUT
       SI (nonVide(a)) ALORS
              creerFile(f)
              enfiler(f, a)
              TANT QUE NON fileVide(f) FAIRE
                     noeud ← defile(f)
                     traiter(noeud)
                     SI (existeFilsGauche(noeud)) enfiler(f, fg(noeud))
                     SI (existeFilsDroit (noeud)) enfiler(f, fd(noeud))
              FIN TANT QUE
        FIN SI
FIN
```