



# BASE DE DONNÉES

## **INDEXATION**



## INDEX



## SGBD VS FICHIERS



**UNE BASE DE DONNÉES ÉTANT STOCKÉE DANS UN FICHIER  
COMMENT PEUT ON ACCÉDER À UN ENREGISTREMENT RAPIDEMENT ?**



## TRIER LES ENREGISTREMENTS

Les enregistrements sont triés en fonction de leur clé primaire.

### AVANTAGE

- Si on atteint un enregistrement dont la clé primaire est supérieure à celle recherchée, c'est que l'enregistrement souhaité n'existe pas.

### INCONVÉNIENTS

- La lecture séquentielle des enregistrements dans le fichier peut être très longue si la volumétrie est importante. Rechercher un enregistrement parmi N nécessitera au plus N lectures dans le fichier.
- Les opérations d'insertion et de suppression sont très coûteuses car elles impliquent de créer un nouveau fichier ordonné.
- Comment faire une recherche sur une autre colonne que la clé primaire ?

ISBN	TITRE	ANNÉE DE PUBLICATION
813	Les Enfants Rois	2021
...		
3587	Le Crépuscule des Fauves	2021
...		
5520	L'Attaque des Titans T29	2019



## INDEX NON DENSE

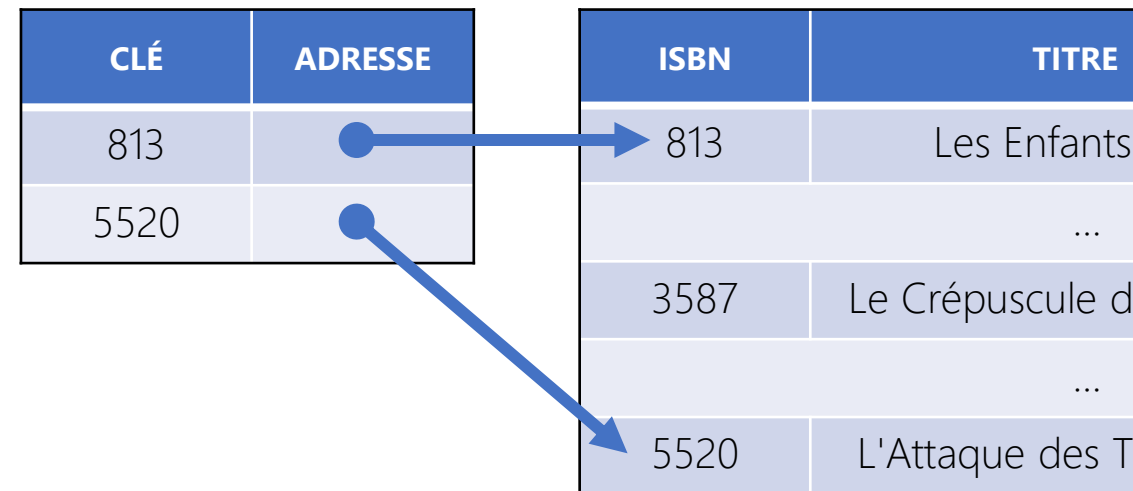
Un index est ajouté en début du fichier. Il contient la position dans le fichier de certains enregistrements, identifiant des blocs de K enregistrements.

### AVANTAGES

- L'accès en lecture est plus rapide.
- La lecture séquentielle se limite à celle de l'index, puis du bloc d'enregistrements identifié. Rechercher un enregistrement parmi N nécessitera au plus  $N/K + K$  lectures dans le fichier.

### INCONVÉNIENTS

- Les enregistrements doivent être triés dans le fichier ce qui implique des opérations d'insertion et de suppression sont très coûteuses.
- Comment faire une recherche sur une autre colonne que la clé primaire ?





## INDEX DENSE

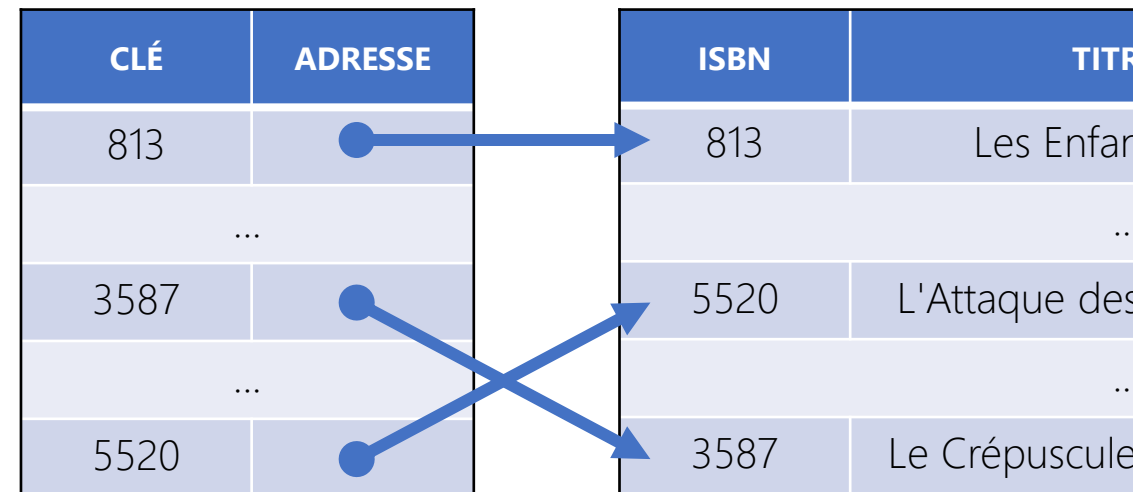
Un index est ajoutée en début du fichier. Il contient la position dans le fichier de tous les enregistrements.

### AVANTAGES

- L'accès en lecture est plus rapide.
- La lecture séquentielle se limite à celle de l'index. Rechercher un enregistrement parmi N nécessitera au plus N lectures dans l'index du fichier.
- Il n'est pas nécessaire de trier les enregistrements. Seul l'index doit être trié.
- Il est possible de créer plusieurs index denses sur des colonnes différentes.

### INCONVÉNIENTS

- L'index doit être trié.
- En cas de grande volumétrie, la lecture séquentielle et la mise à jour de l'index peut entraîner des baisses de performances.





## INDEX MULTI-NIVEAUX

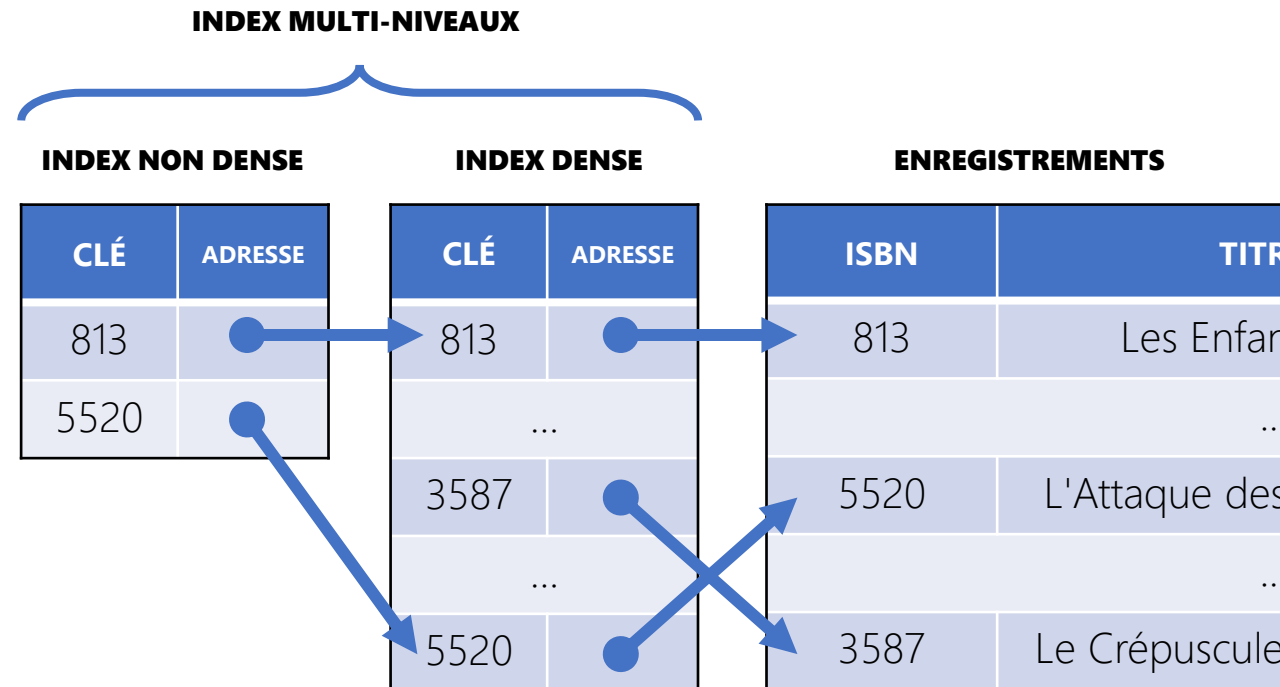
Un index est ajouté en début du fichier. Il contient la position dans le fichier de tous les enregistrements. Si l'index devient trop grand, il est lui même indexé par un index non dense.

### AVANTAGES

- L'accès en lecture est plus rapide.
- Même en cas de grande volumétrie, le parcours de l'index est très rapide.
- Il n'est pas nécessaire de trier les enregistrements. Seul l'index doit être trié.

### INCONVÉNIENTS

- L'index doit être trié.
- La mise à jour de l'index peut entraîner de légères baisses de performances.





# ARBRES BINAIRES DE RECHERCHE





## PRINCIPES

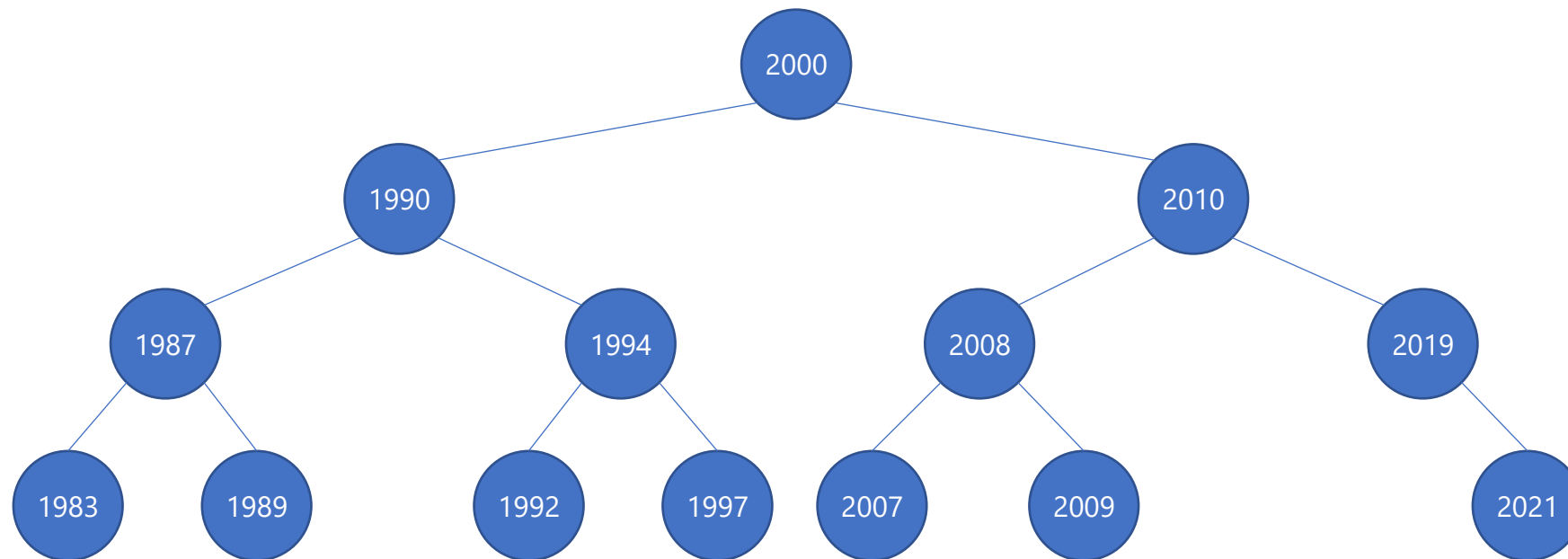
---

- Chaque nœud de l'arbre binaire peut avoir **AU PLUS 2 FILS**
- La valeur du **FILS GAUCHE** est toujours **INFÉRIEURE** à celle de son parent
- La valeur du **FILS DROIT** est toujours **SUPÉRIEURE** à celle de son parent



## EXEMPLE

Une série de 14 nombres va être insérée dans l'arbre binaire suivant cet ordre :  
2000, 2010, 1990, 1994, 1992, 1987, 2019, 1983, 2008, 1989, 2009, 1997, 2007, 2021

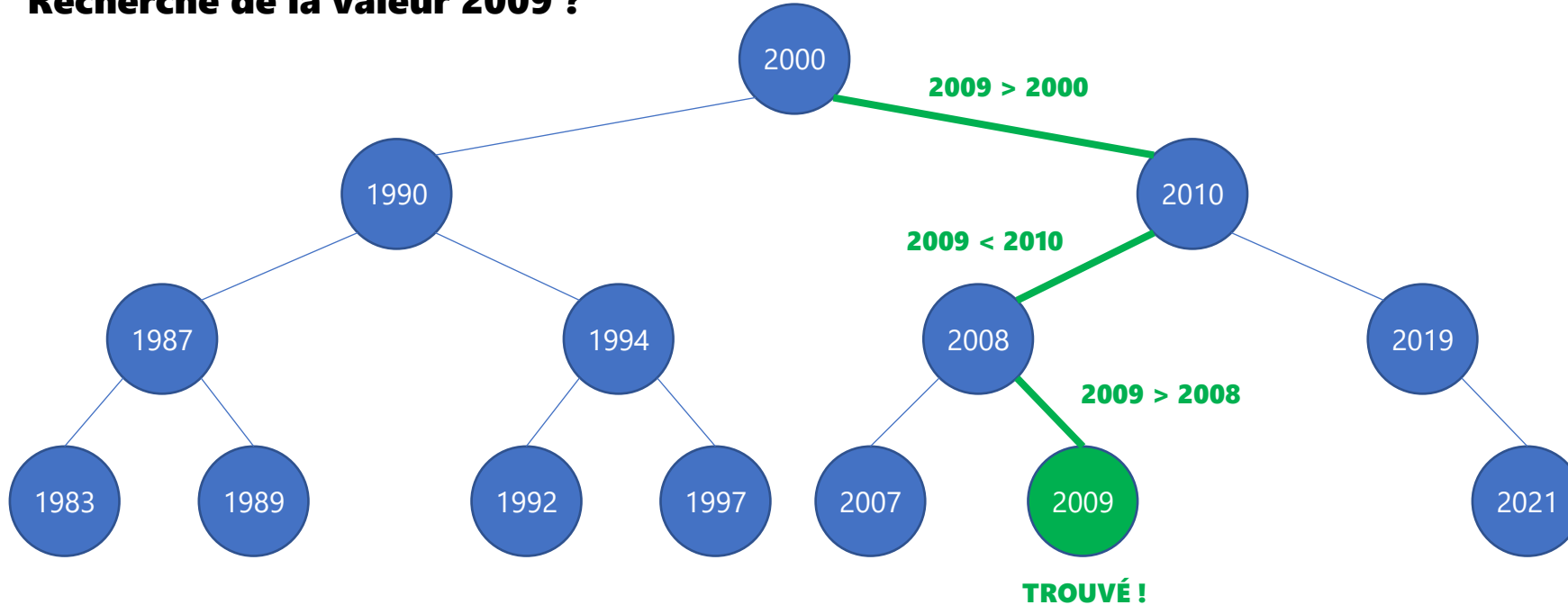




## EXEMPLE - RECHERCHE

La recherche d'une valeur ici se fait en au plus 4 étapes, là où une recherche dans une liste séquentielle demanderait au plus 14 étapes.

### Recherche de la valeur 2009 ?

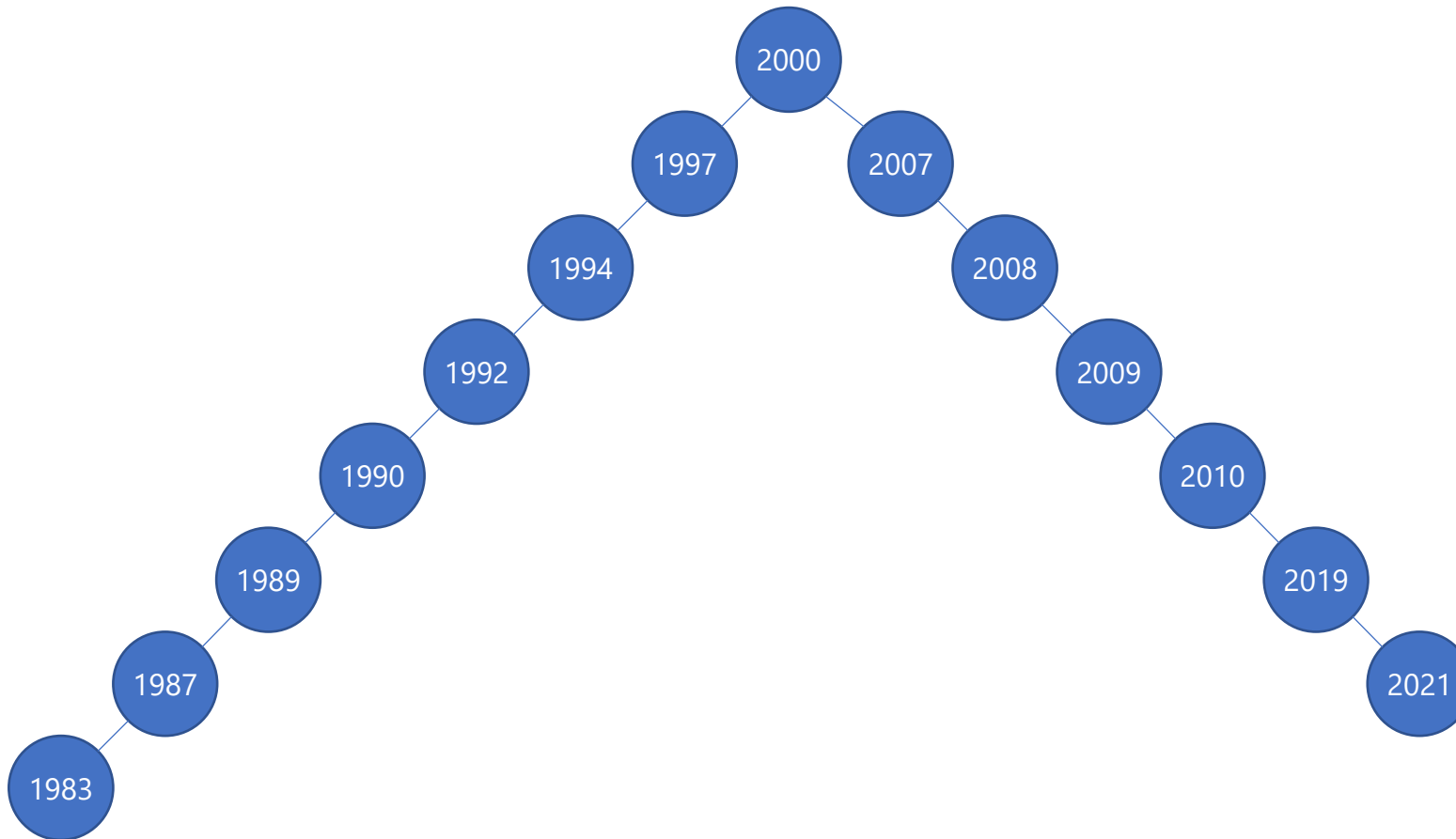


La recherche est rapide car l'arbre est **ÉQUILIBRÉ**



## ARBRE DÉSÉQUILIBRÉ

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :  
2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



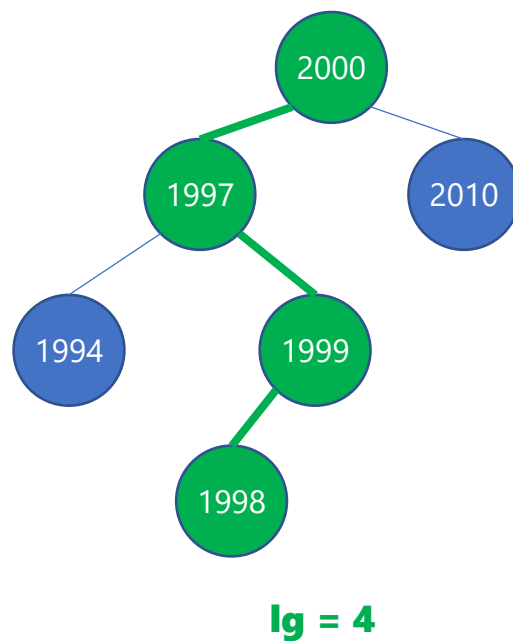
Les principes de l'arbre binaire sont respectés, mais l'arbre est déséquilibré.

Ici la recherche d'une valeur prendra au plus 8 étapes.



## LONGUEUR D'UN ARBRE

La longueur d'un arbre est égale au nombre de nœuds constituant la plus grande descendance depuis son nœud racine.

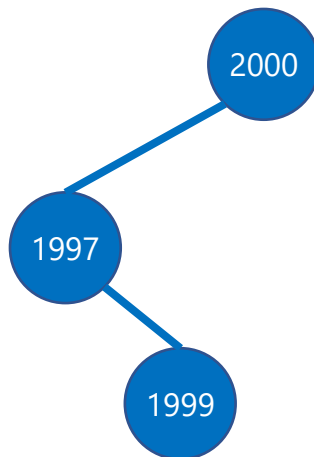




## IDENTIFIER UN DÉSÉQUILIBRE

Un arbre binaire est déséquilibré si :

$$| \lg(\text{fils gauche}) - \lg(\text{fils droit}) | = 2$$



$$\lg(\text{fils gauche}) = 2$$

$$\lg(\text{fils droit}) = 0$$

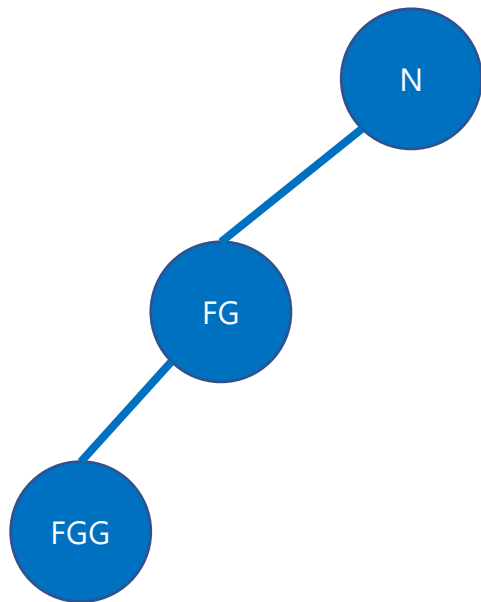


**CET ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ**

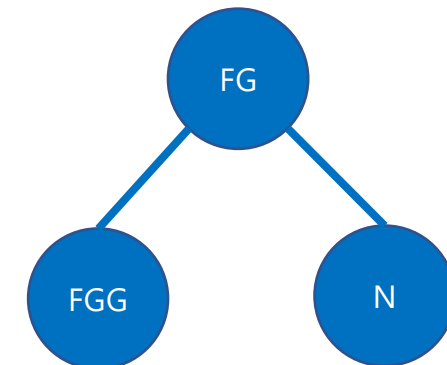


## ROTATION À DROITE

SI  $lg_{GAUCHE}(N) - lg_{DROITE}(N) = 2$  ET  $lg_{GAUCHE}(FG) - ld_{DROITE}(FG) > 0$



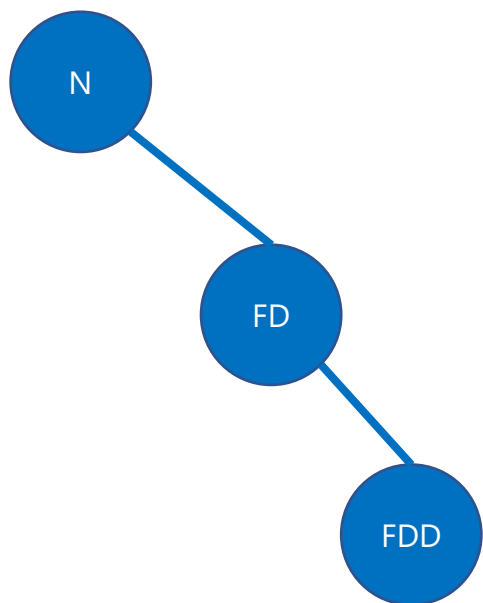
**FG PREND LA PLACE DE N  
ET N DEVIENT FIS DROIT DE FG**



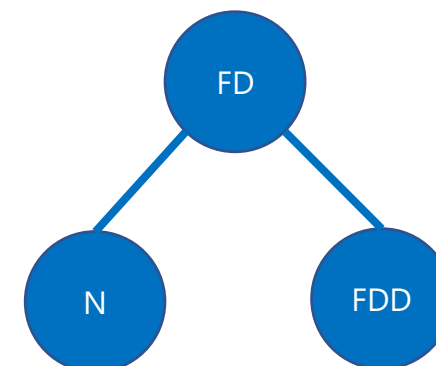


## ROTATION À GAUCHE

SI  $lg_{GAUCHE}(N) - lg_{DROITE}(N) = -2$  ET  $lg_{GAUCHE}(FD) - ld_{DROITE}(FD) < 0$



**FG PREND LA PLACE DE N  
ET N DEVIENT FIS DROIT DE FG**

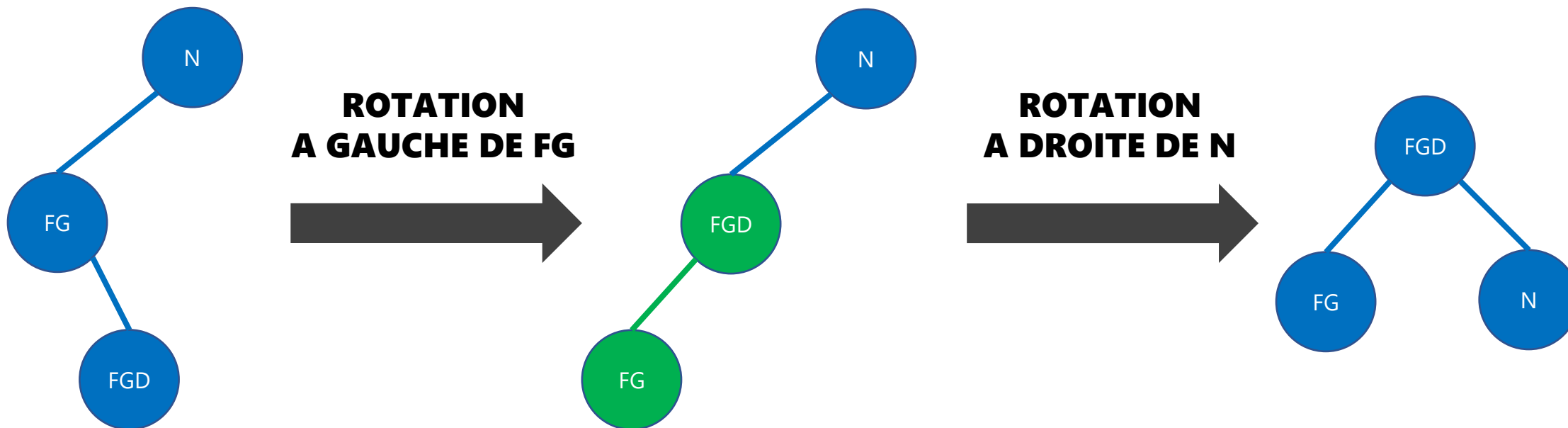






## DOUBLE ROTATION GAUCHE DROITE

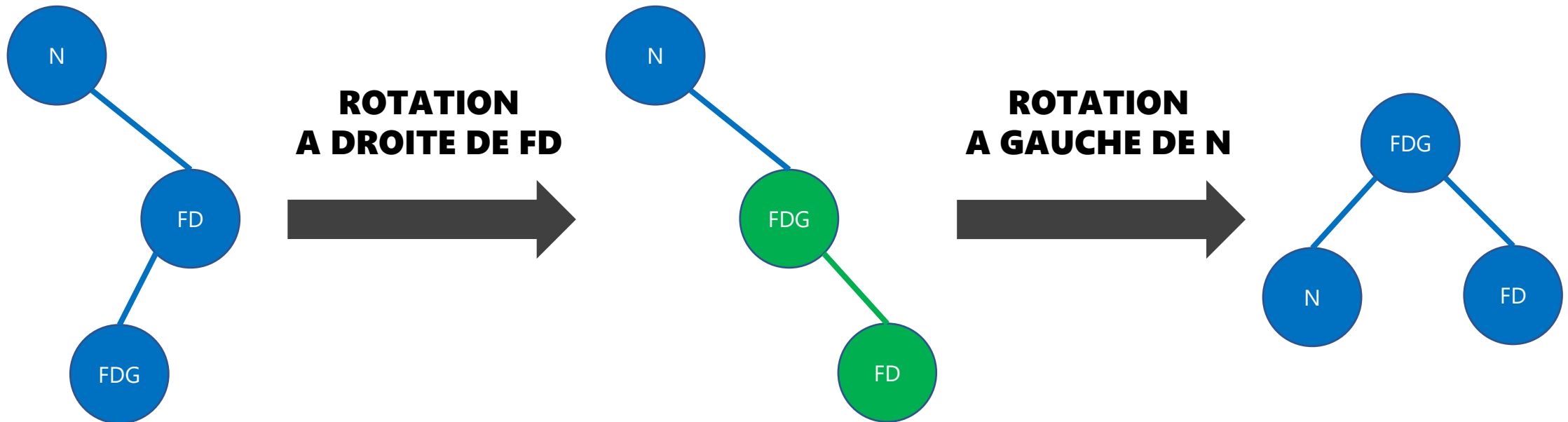
SI  $lg_{GAUCHE}(N) - lg_{DROITE}(N) = 2$  ET  $lg_{GAUCHE}(FG) - ld_{DROITE}(FG) < 0$





## DOUBLE ROTATION DROITE GAUCHE

SI  $lg_{GAUCHE}(N) - lg_{DROITE}(N) = -2$  ET  $lg_{GAUCHE}(FG) - lg_{DROITE}(FG) > 0$





## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983

2000

Première valeur : 2000

$$|lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| = 0$$

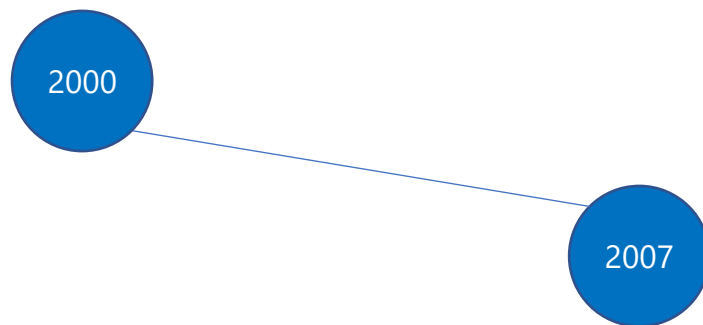
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



2007 > 2000

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| = 1$$

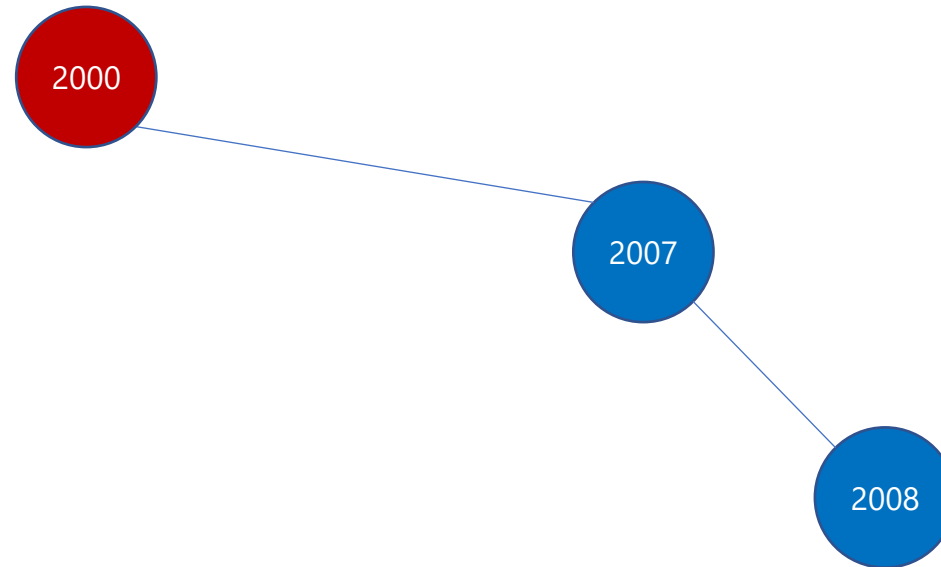
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



2008 > 2000

2008 > 2007

$$|lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 2000**

$$lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000) = -2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2008) < 0$$

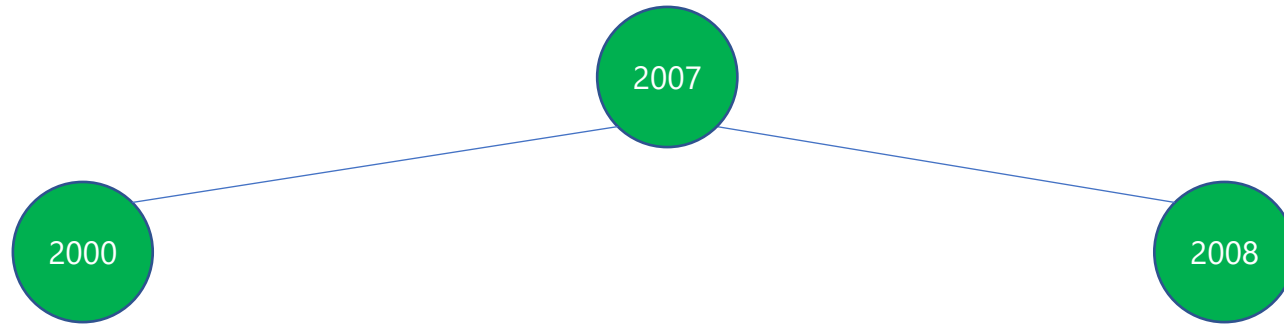
**=> ROTATION À GAUCHE**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$|lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 0$$

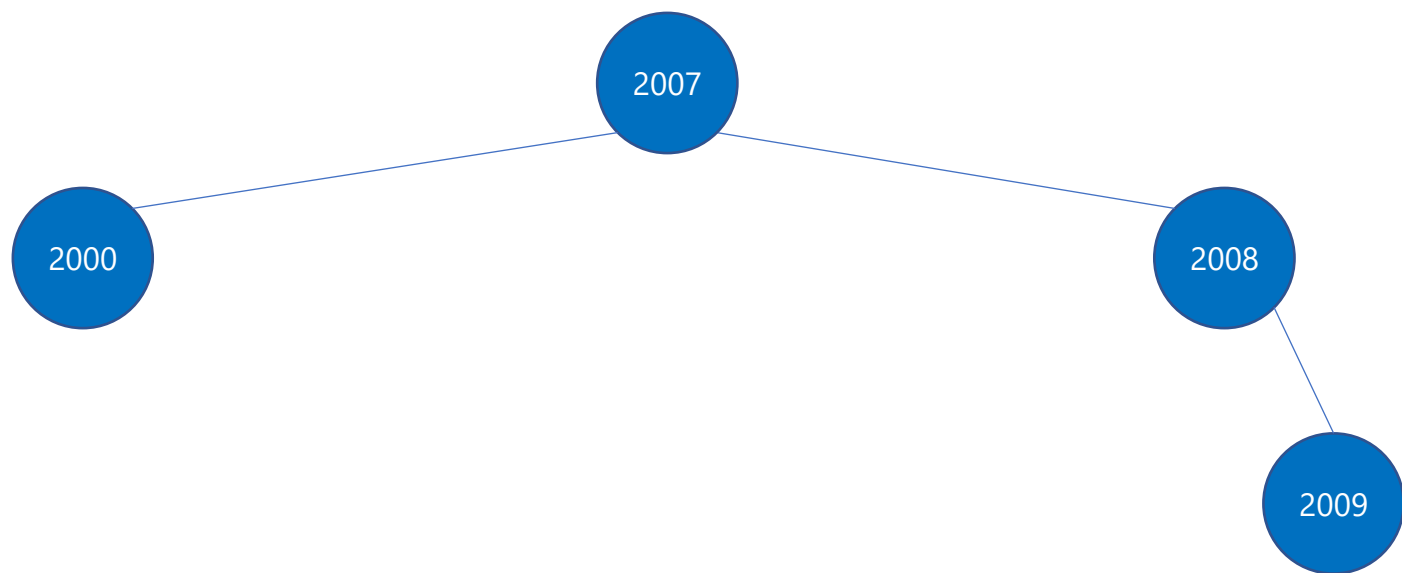
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



2009 > 2007

2009 > 2008

$$|lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 1$$

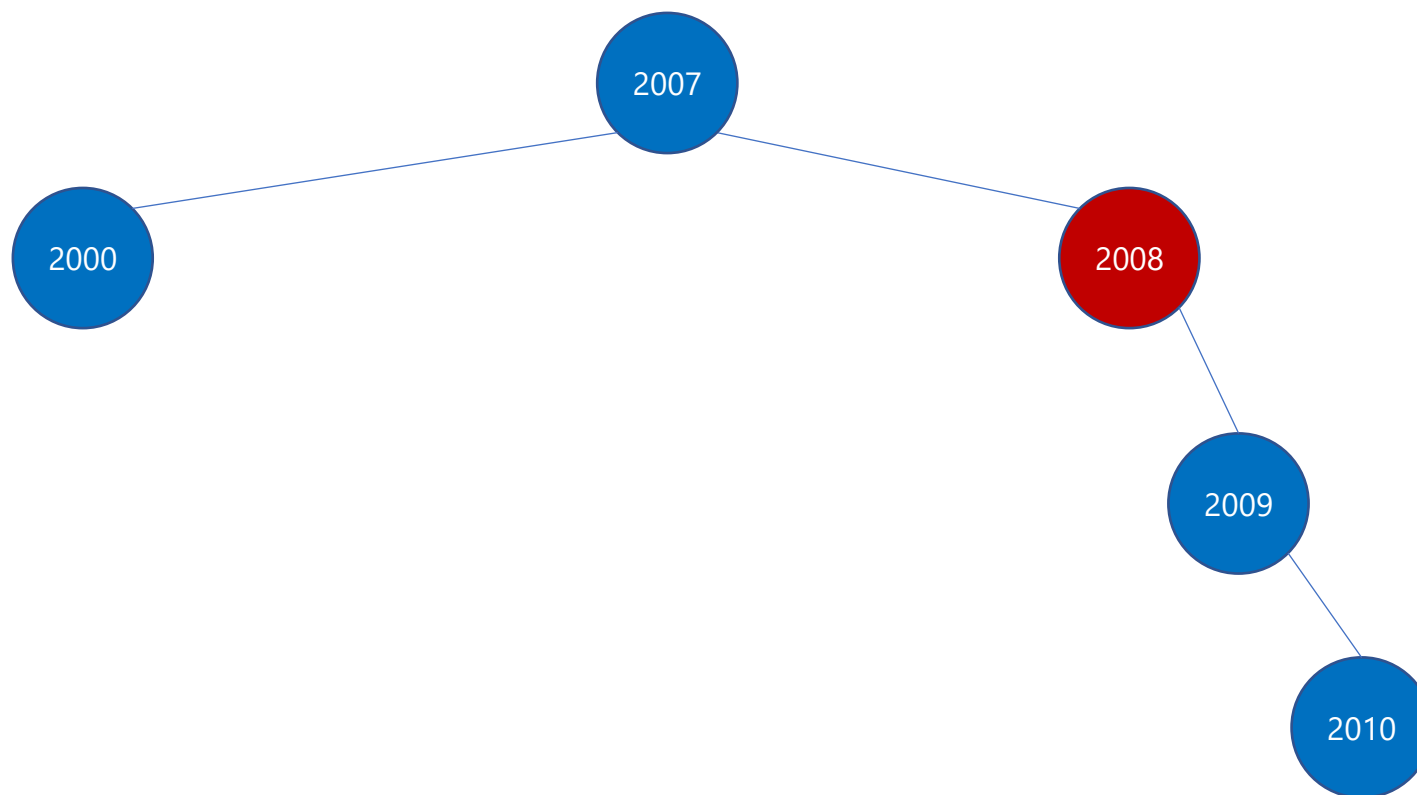
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



2010 > 2007

2010 > 2008

2010 > 2009

$$|lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ en 2008**

$$lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008) = -2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009) < 0$$

**=> ROTATION À GAUCHE**

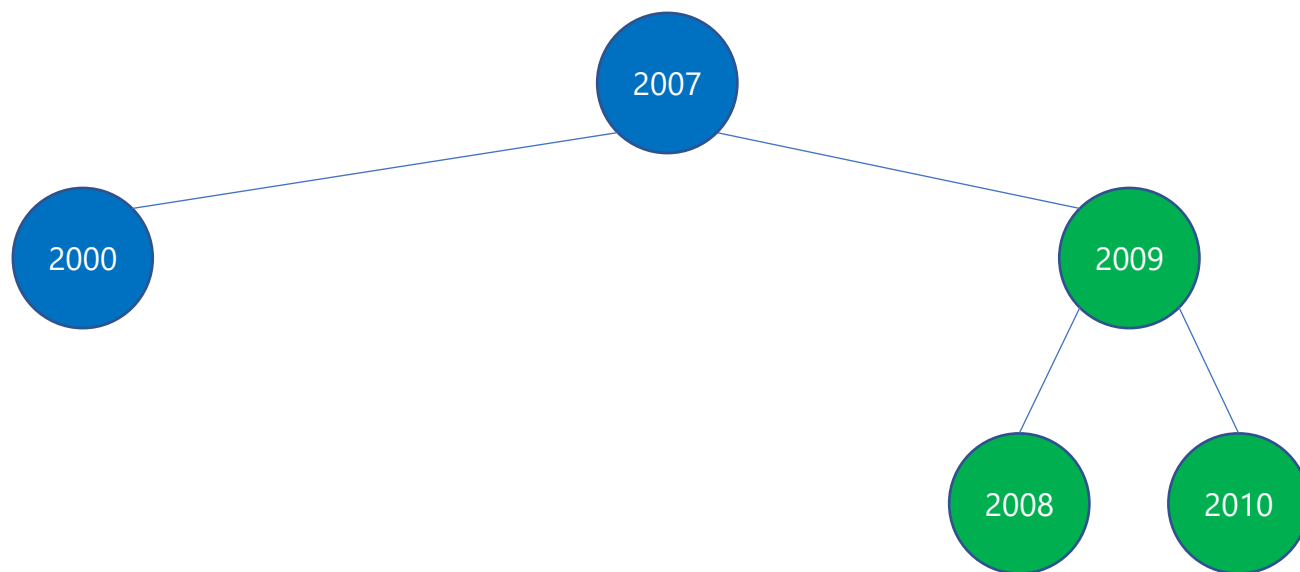




## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$|lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 1$$

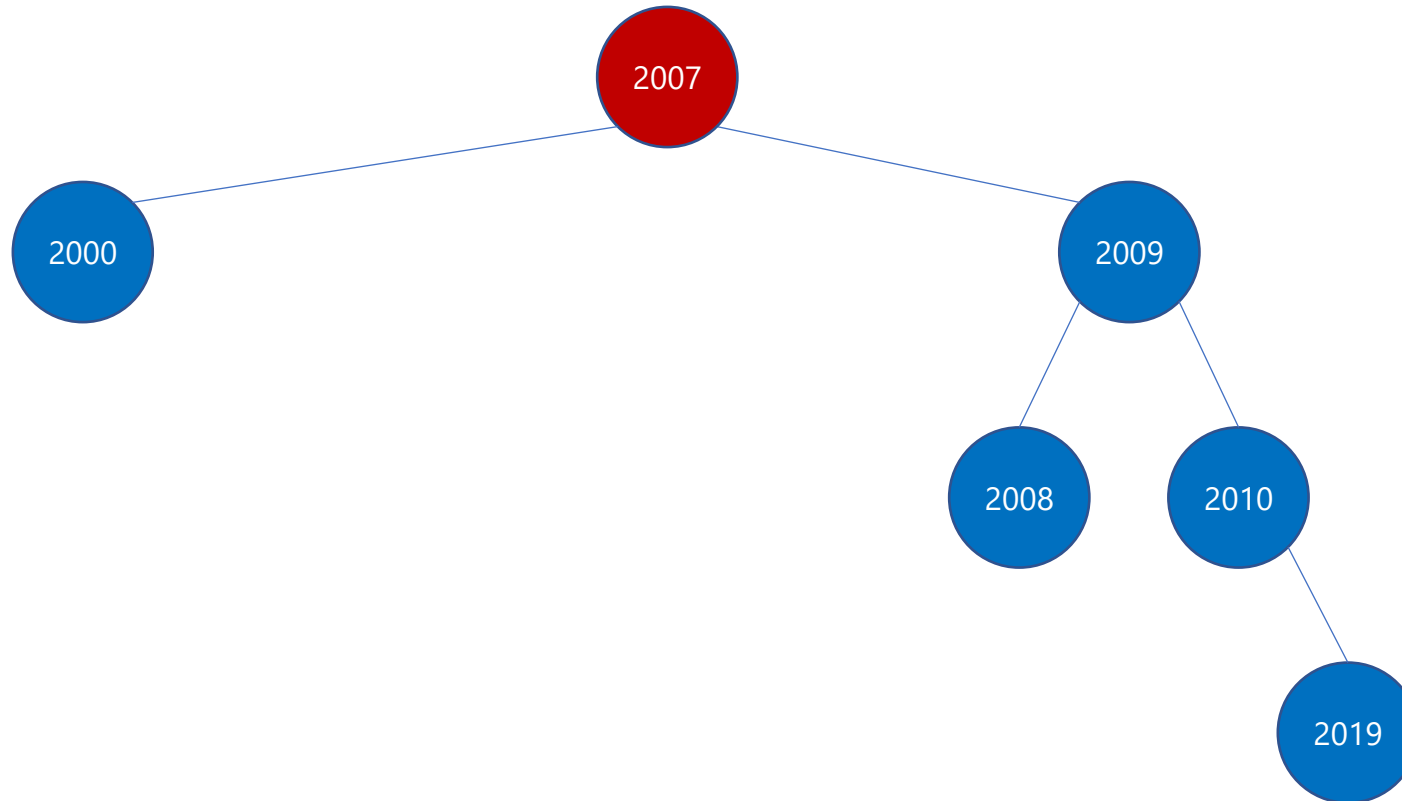
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 15 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



2019 > 2007

2019 > 2009

2019 > 2010

$$\begin{aligned} |lg_{GAUCHE}(2019) - lg_{DROITE}(2019)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010)| &= 1 \\ |lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| &= 1 \\ |lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| &= -2 \end{aligned}$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 2007**

$$\begin{aligned} lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007) &= -2 \text{ ET} \\ lg_{GAUCHE}(2009) - ld_{DROITE}(2009) &< 0 \end{aligned}$$

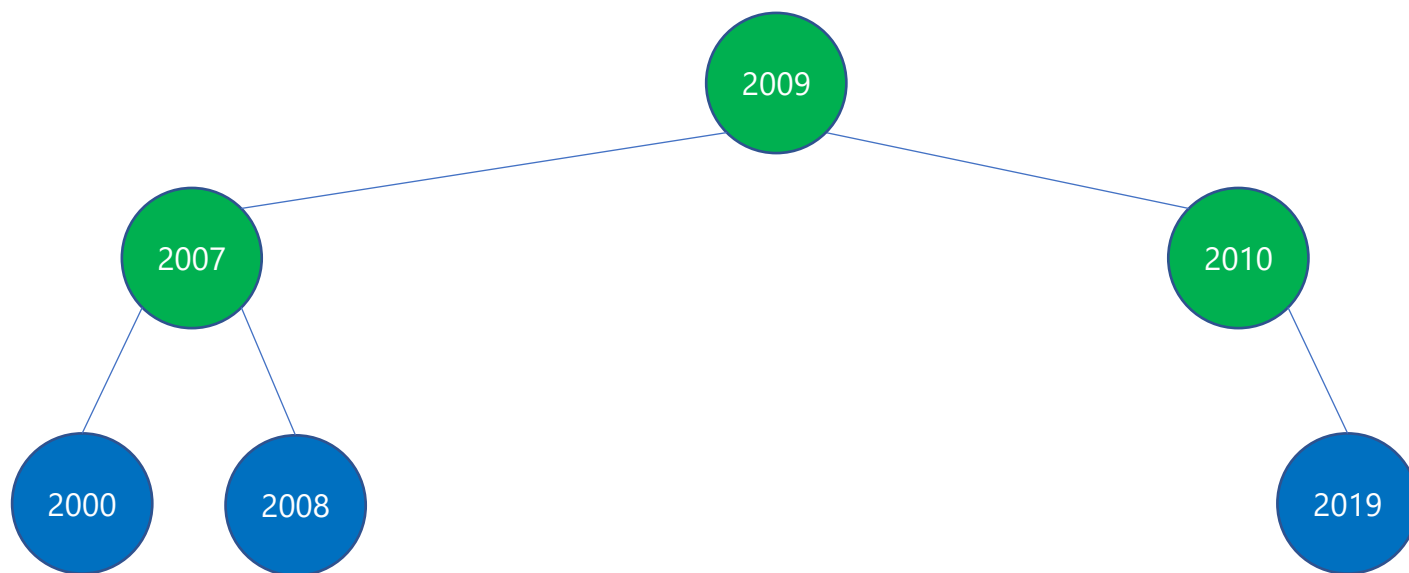
**=> ROTATION À GAUCHE DE 2007**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$|lg_{GAUCHE}(2019) - lg_{DROITE}(2019)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| = 0$$

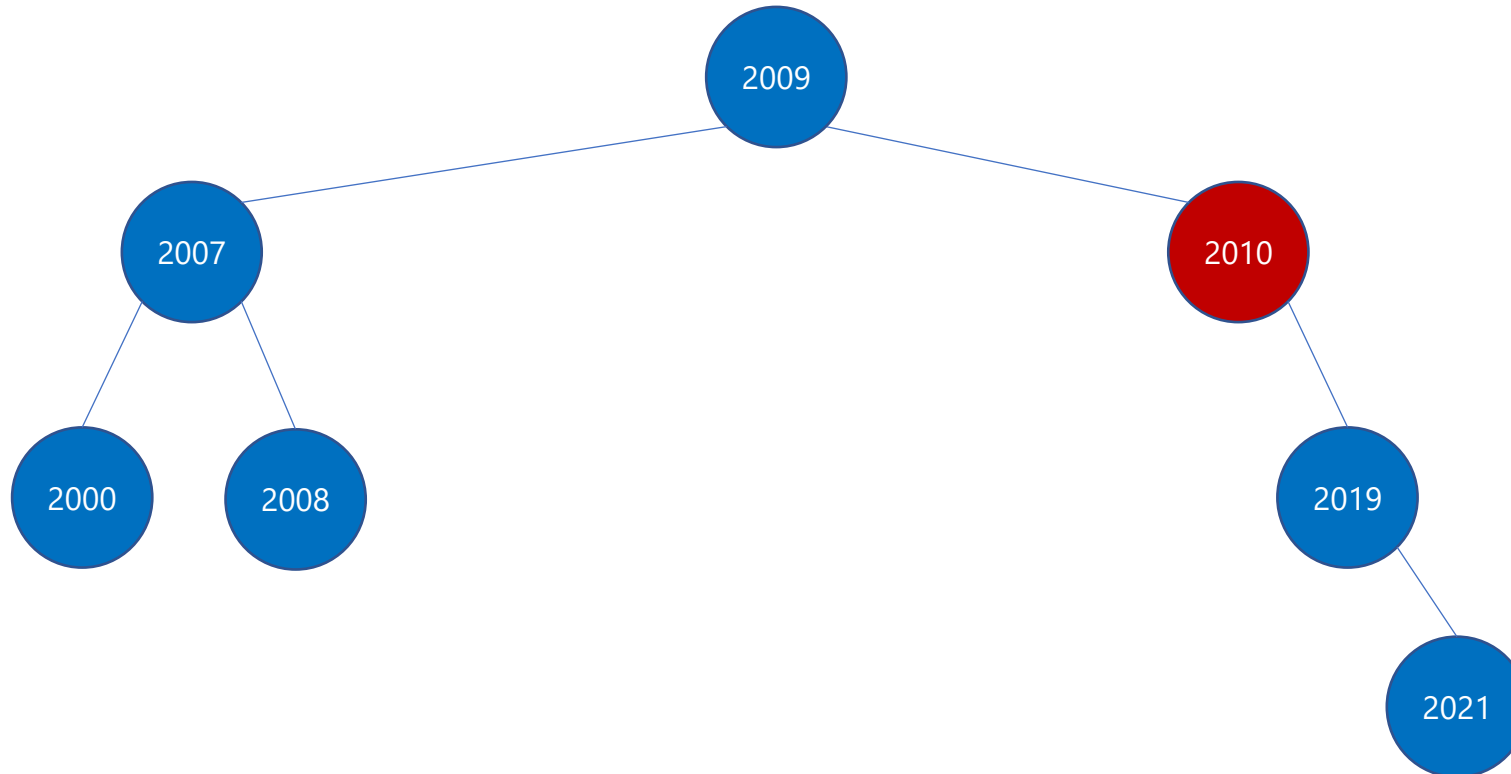
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



2021 > 2009

2021 > 2010

2021 > 2019

$$|lg_{GAUCHE}(2021) - lg_{DROITE}(2021)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2019) - lg_{DROITE}(2019)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010)| = -2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 2010**

$$lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010) = -2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(2019) - lg_{DROITE}(2019) < 0$$

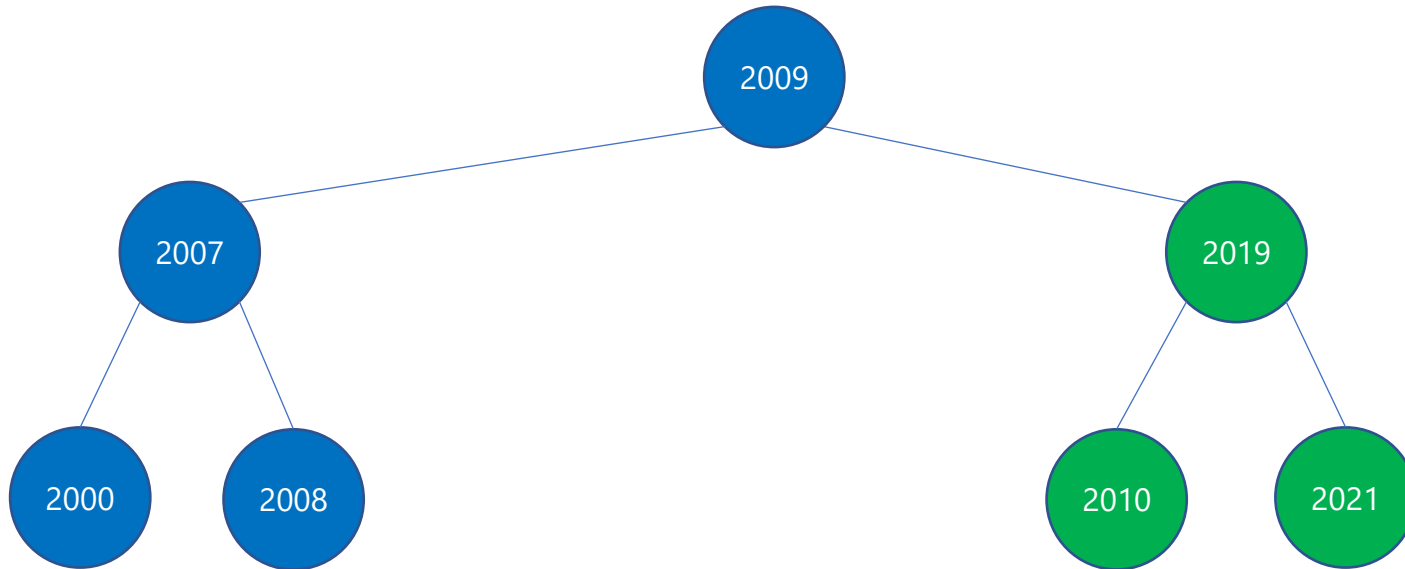
**=> ROTATION À GAUCHE DE 2010**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$\begin{aligned} |lg_{GAUCHE}(2021) - lg_{DROITE}(2021)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2010) - lg_{DROITE}(2010)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2019) - lg_{DROITE}(2019)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| &= 0 \end{aligned}$$

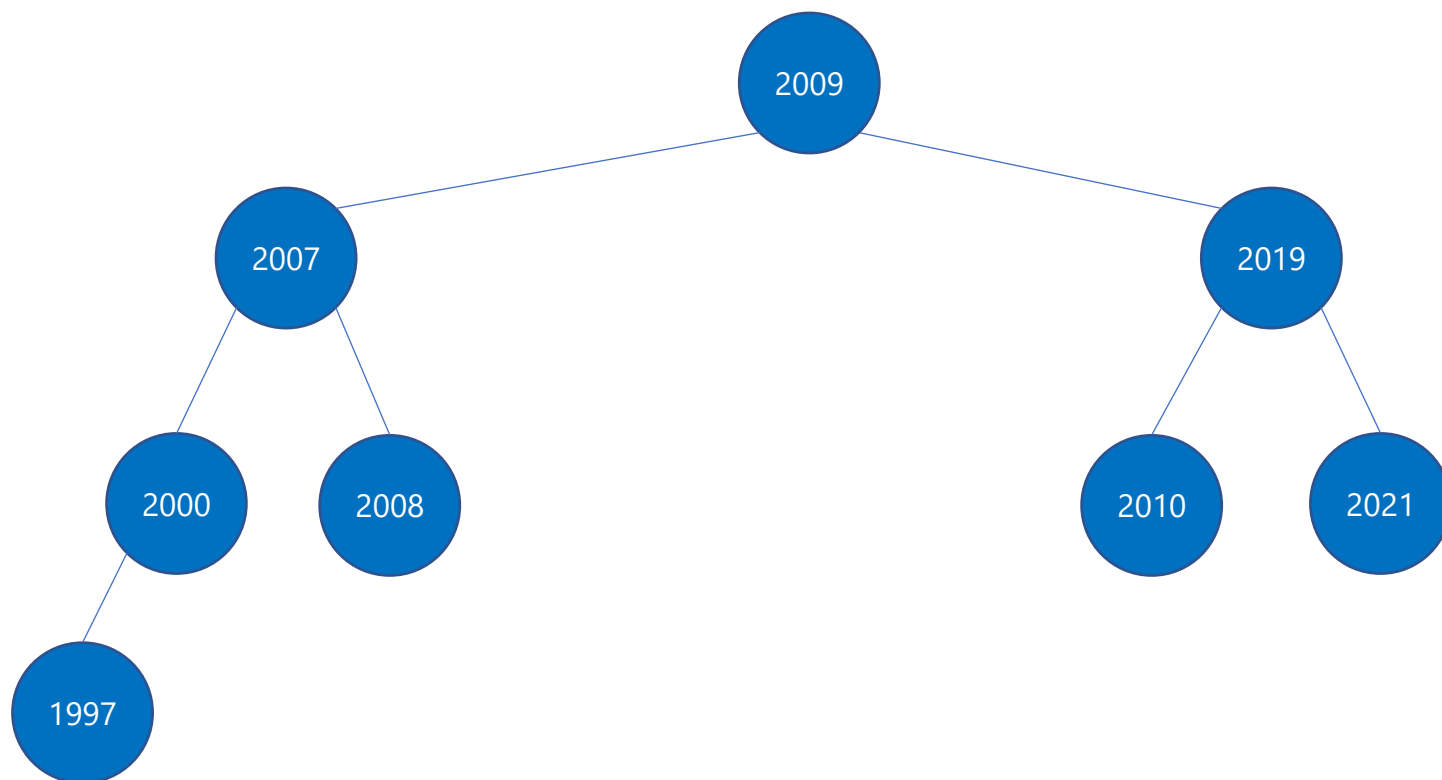
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, **1997**, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



1997 < 2009

1997 < 2007

1997 < 2000

$$|lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| = 1$$

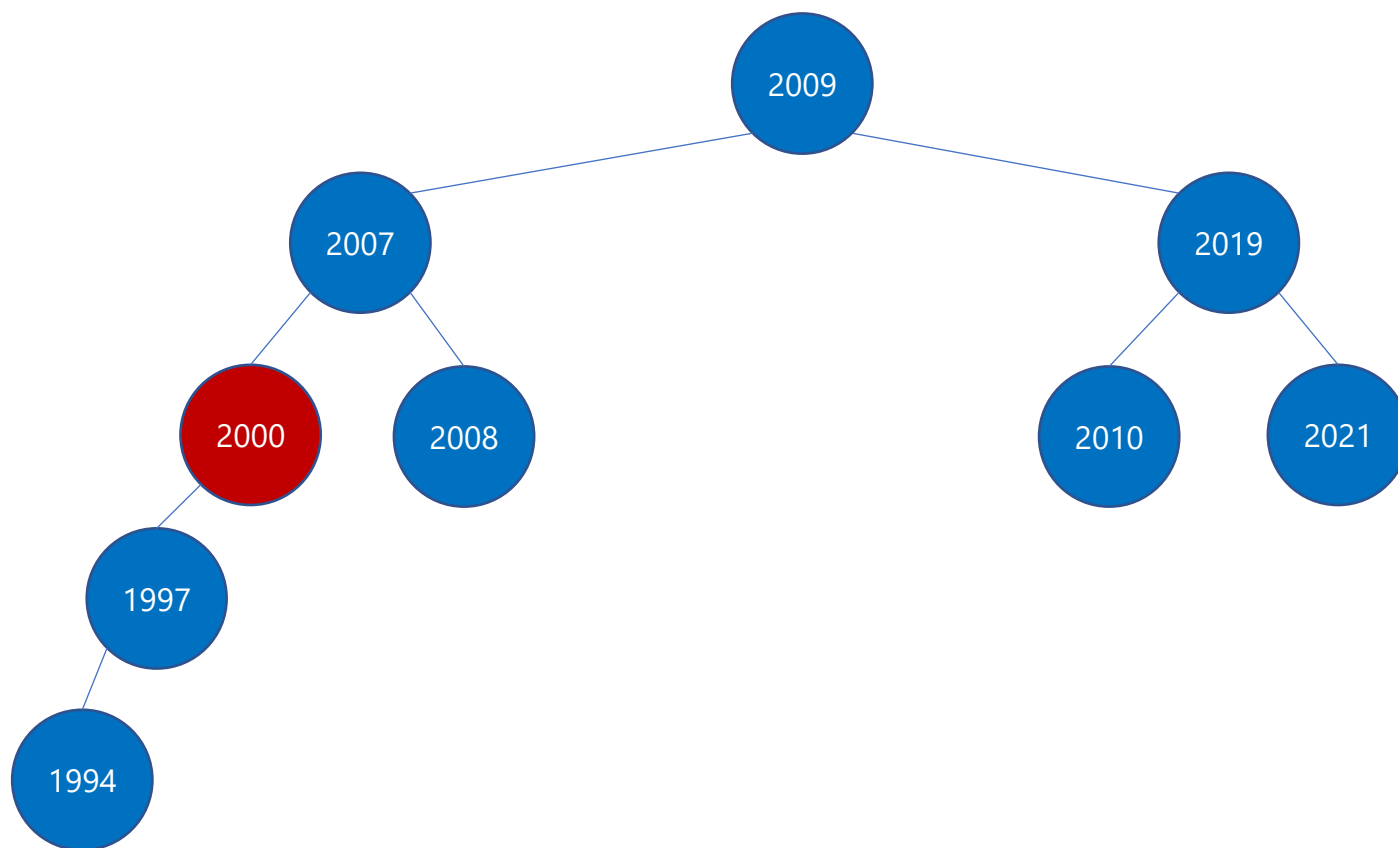
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, **1994**, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



1994 < 2009

1994 < 2007

1994 < 2000

1994 < 1997

$$|lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 2000**

$$lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997) > 0$$

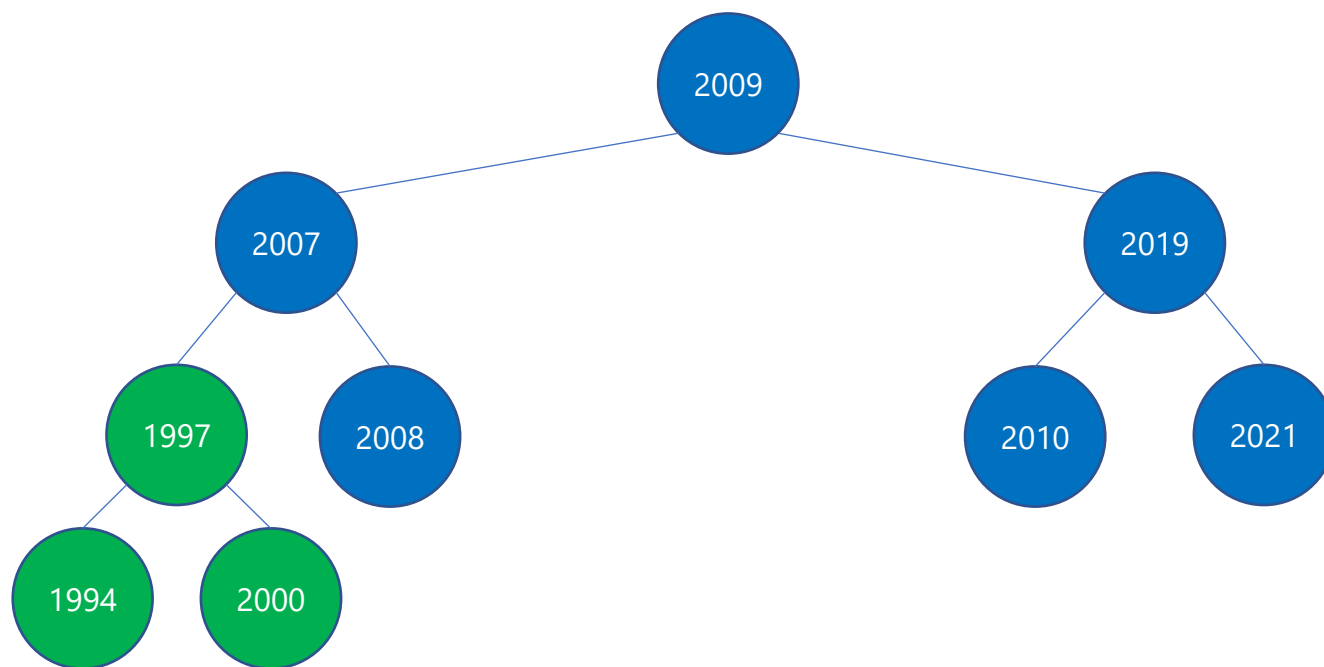
**=> ROTATION À DROITE DE 2000**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, **1994**, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$\begin{aligned} |lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| &= 1 \\ |lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| &= 1 \end{aligned}$$

**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**

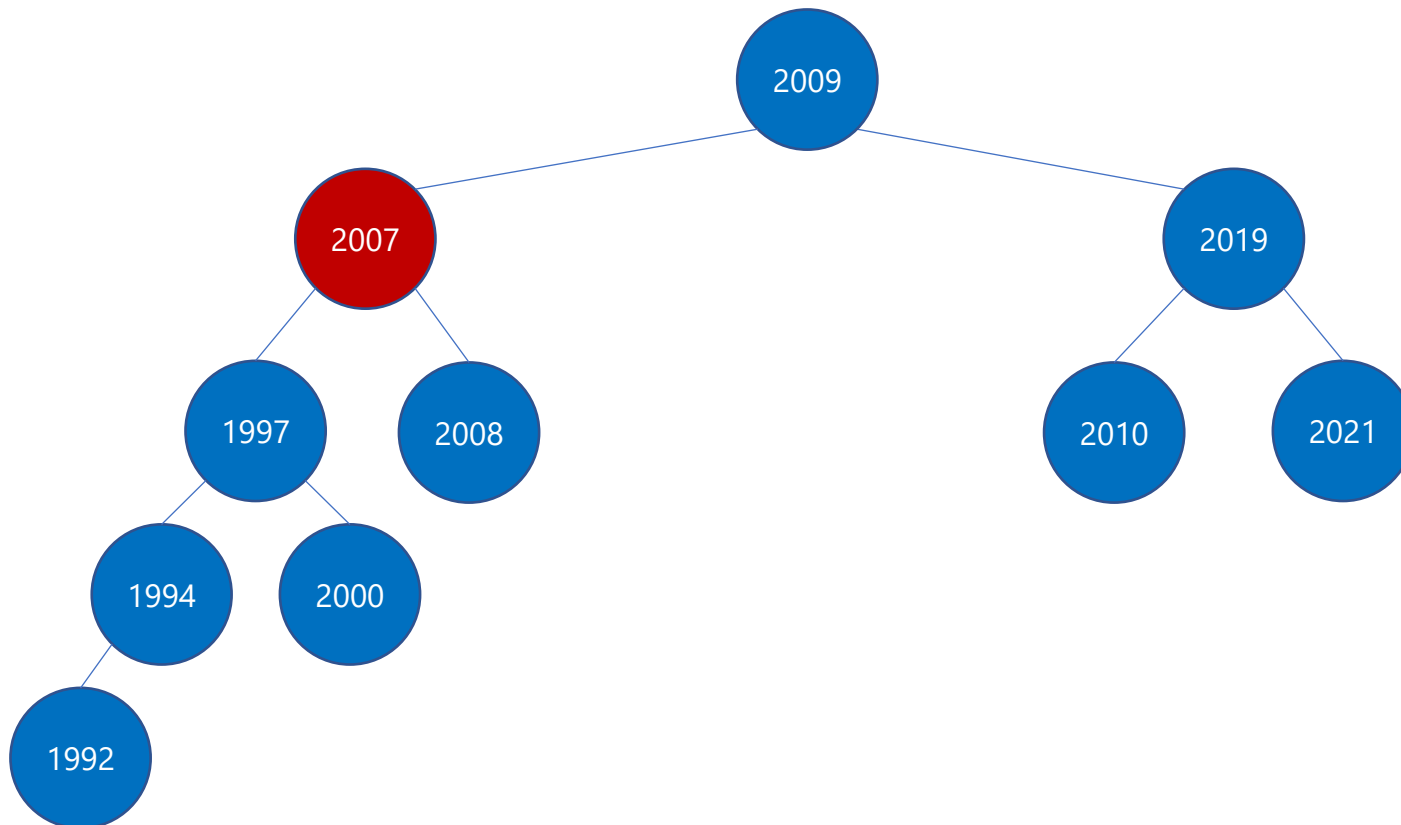




## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$1992 < 2009$

$1992 < 2007$

$1992 < 1997$

$1992 < 1994$

$$|lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 2007**

$$lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997) > 0$$

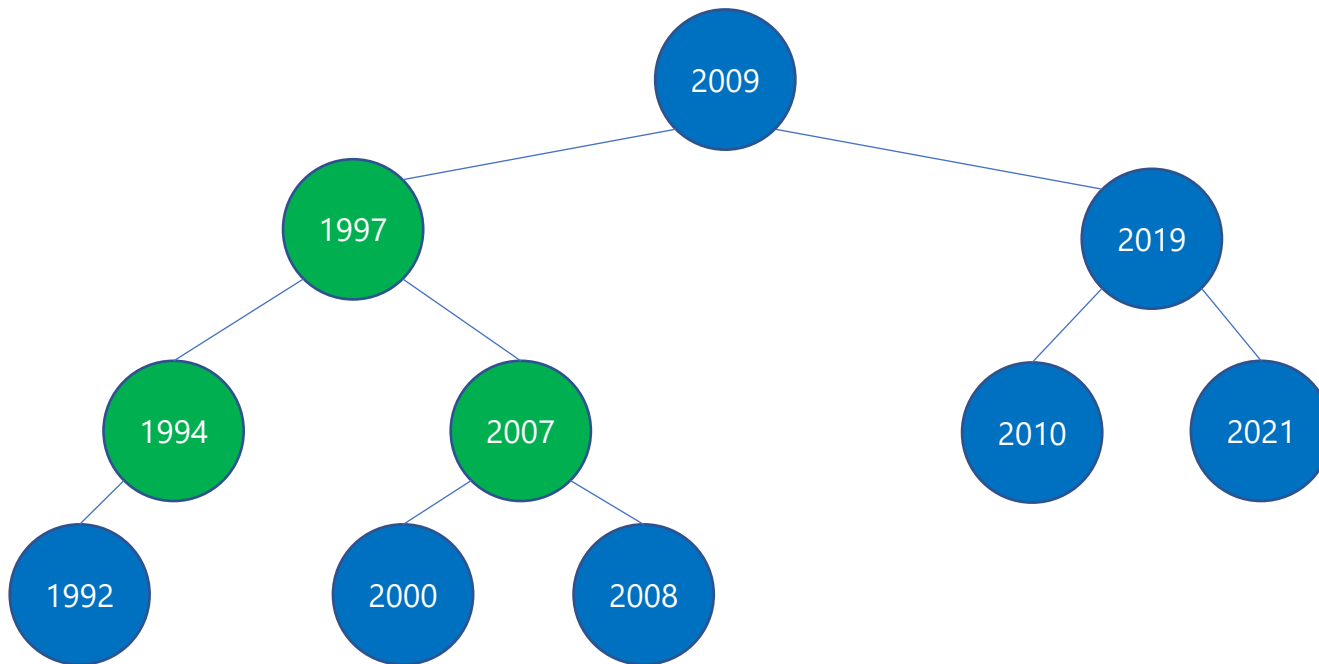
**=> ROTATION À DROITE DE 2007**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$\begin{aligned} |lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2000) - lg_{DROITE}(2000)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2008) - lg_{DROITE}(2008)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2007) - lg_{DROITE}(2007)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994)| &= 1 \\ |lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| &= 1 \end{aligned}$$

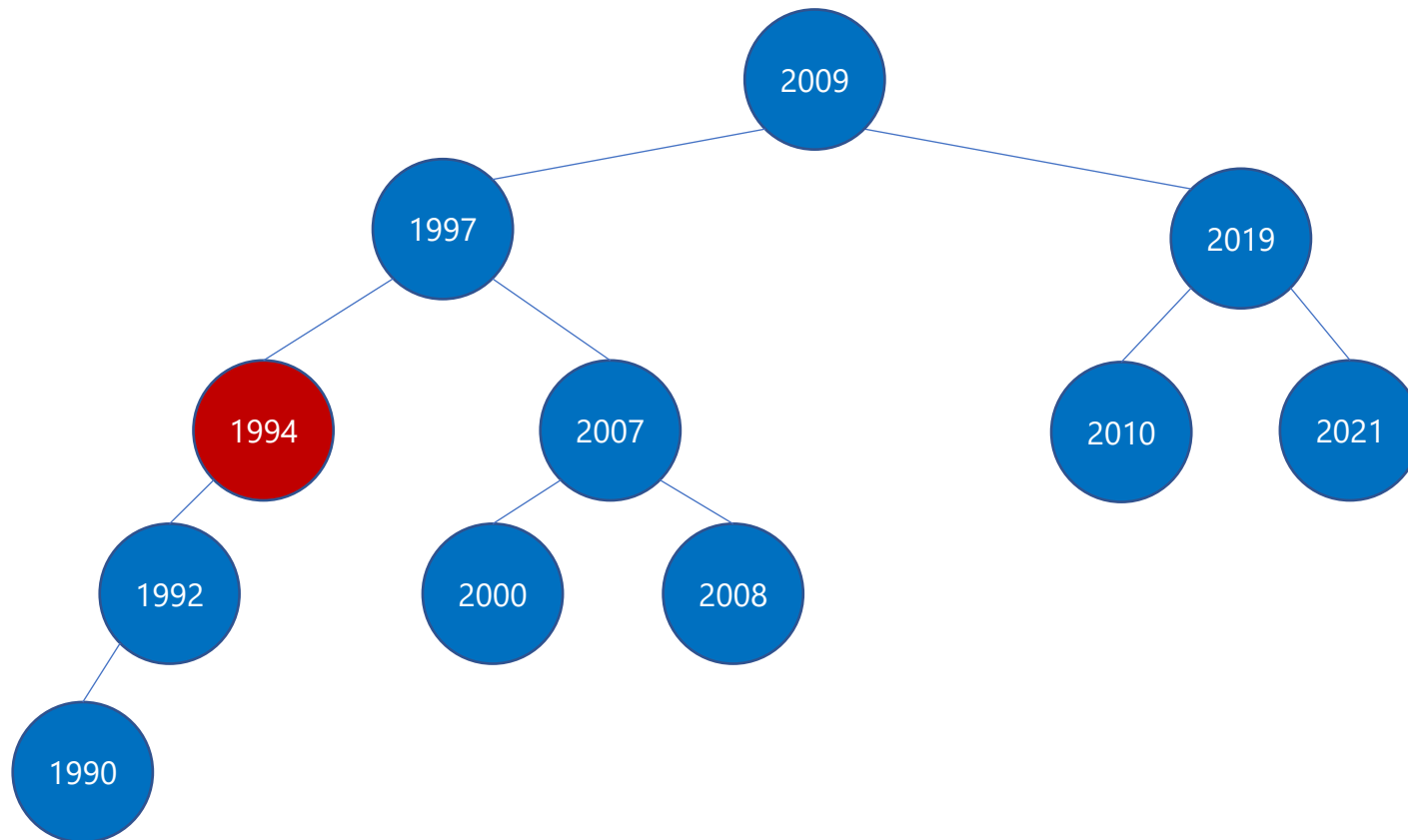
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



1990 < 2009

1990 < 1997

1990 < 1994

1990 < 1992

$$|lg_{GAUCHE}(1990) - lg_{DROITE}(1990)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 1994**

$$lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992) > 0$$

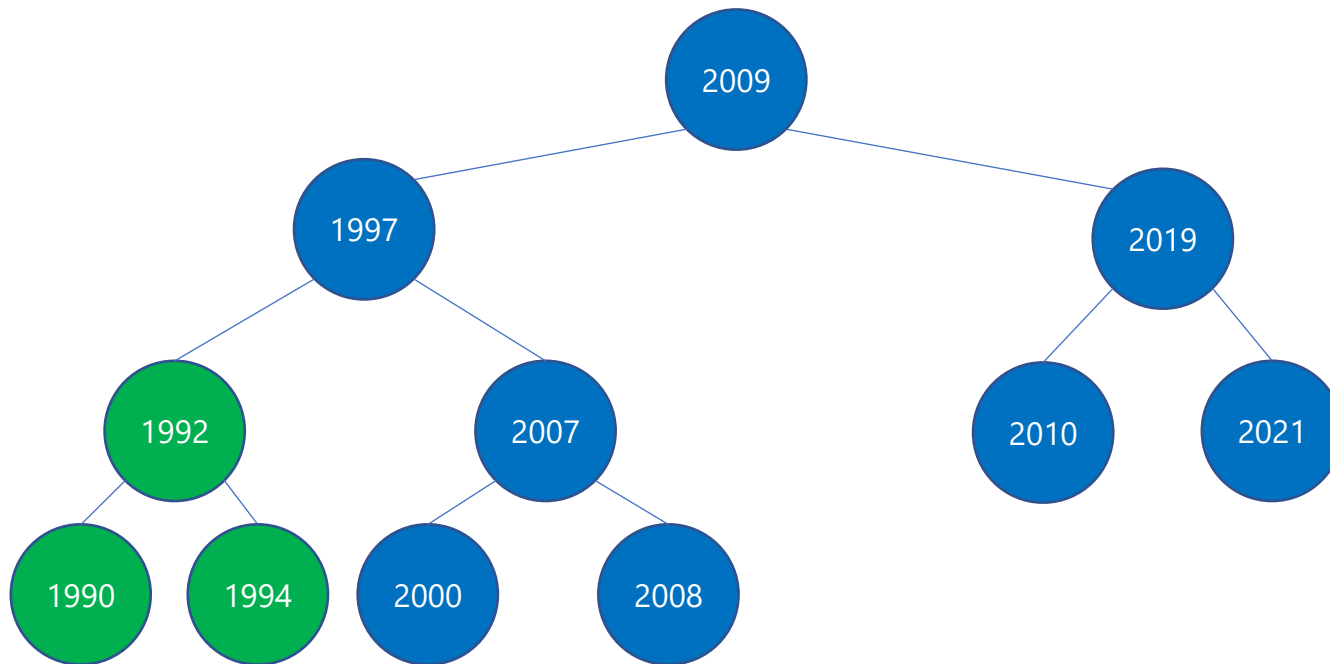
**=> ROTATION À DROITE DE 1994**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$\begin{aligned} |lg_{GAUCHE}(1990) - lg_{DROITE}(1990)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(1994) - lg_{DROITE}(1994)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| &= 1 \end{aligned}$$

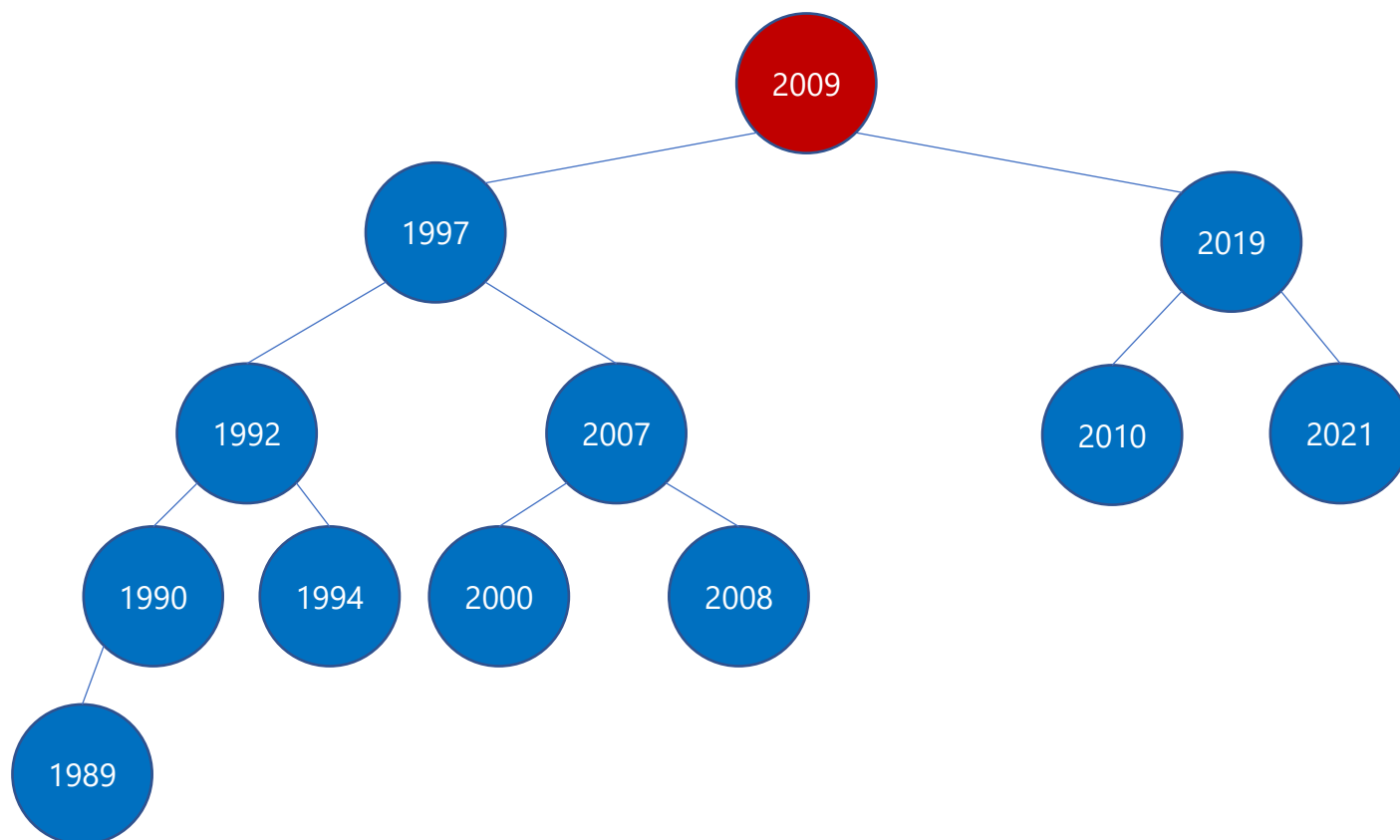
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



1989 < 2009, 1989 < 1997, 1989 < 1992,  
1989 < 1990

$$\begin{aligned} |\lg_{\text{GAUCHE}}(1989) - \lg_{\text{DROITE}}(1989)| &= 0 \\ |\lg_{\text{GAUCHE}}(1990) - \lg_{\text{DROITE}}(1990)| &= 1 \\ |\lg_{\text{GAUCHE}}(1992) - \lg_{\text{DROITE}}(1992)| &= 1 \\ |\lg_{\text{GAUCHE}}(1997) - \lg_{\text{DROITE}}(1997)| &= 1 \\ |\lg_{\text{GAUCHE}}(2009) - \lg_{\text{DROITE}}(2009)| &= 2 \end{aligned}$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 2009**

$$\begin{aligned} \lg_{\text{GAUCHE}}(2009) - \lg_{\text{DROITE}}(2009) &= 2 \text{ ET} \\ \lg_{\text{GAUCHE}}(1997) - \lg_{\text{DROITE}}(1997) &> 0 \end{aligned}$$

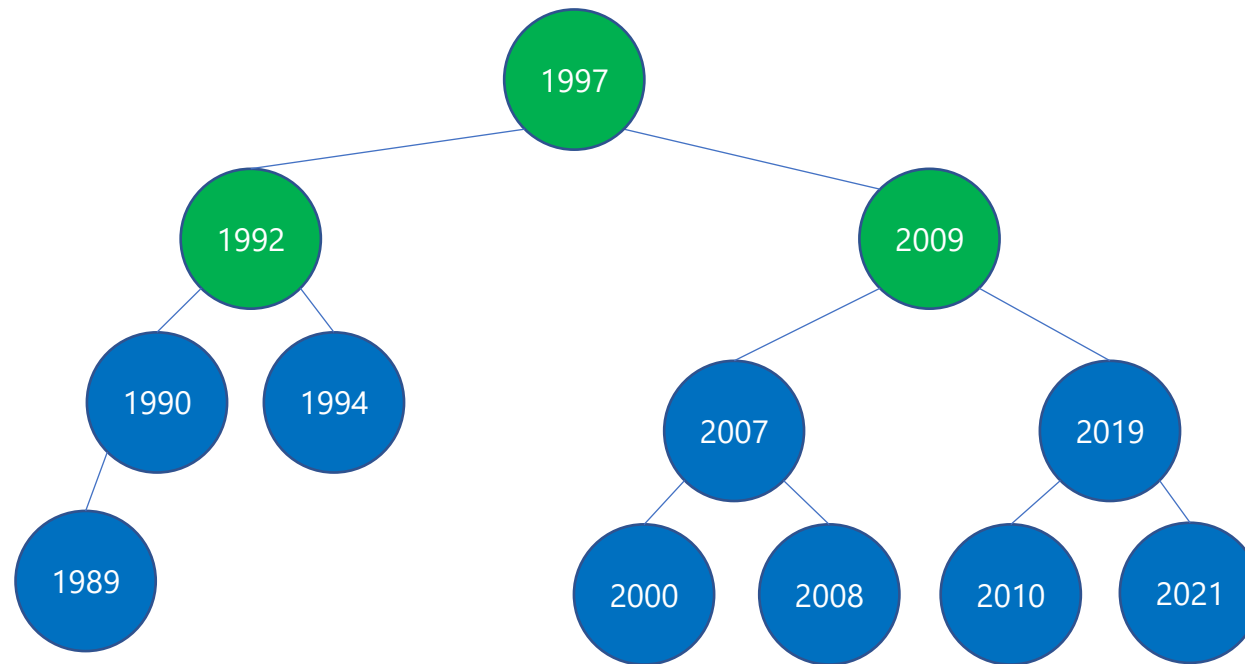
**=> ROTATION À DROITE DE 2009**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$\begin{aligned} |lg_{GAUCHE}(1989) - lg_{DROITE}(1989)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(1990) - lg_{DROITE}(1990)| &= 1 \\ |lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| &= 1 \\ |lg_{GAUCHE}(1997) - lg_{DROITE}(1997)| &= 0 \\ |lg_{GAUCHE}(2009) - lg_{DROITE}(2009)| &= 0 \end{aligned}$$

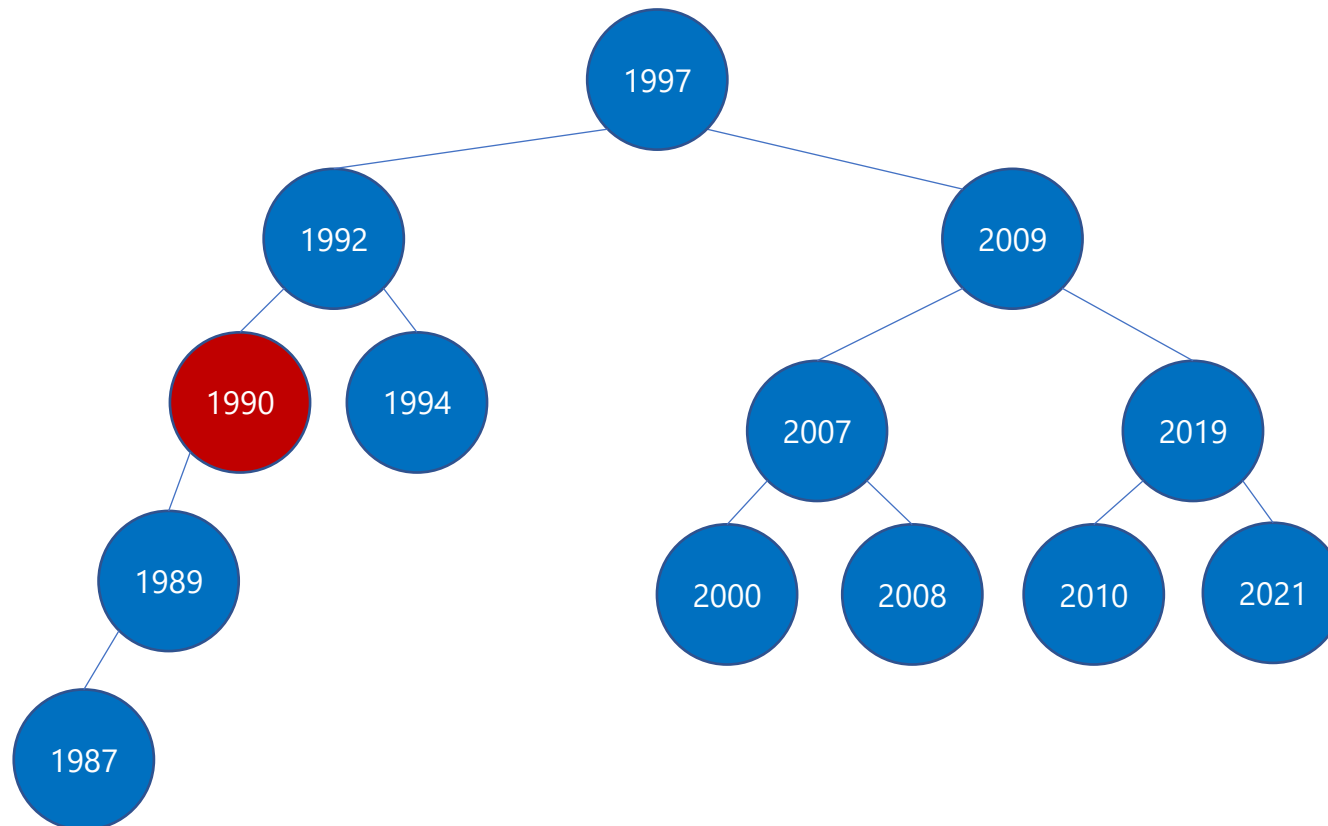
**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$1987 < 1997$

$1987 < 1992$

$1987 < 1990$

$1987 < 1989$

$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1989) - lg_{DROITE}(1989)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1990) - lg_{DROITE}(1990)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 1990**

$$lg_{GAUCHE}(1990) - lg_{DROITE}(1990) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1989) - lg_{DROITE}(1989) > 0$$

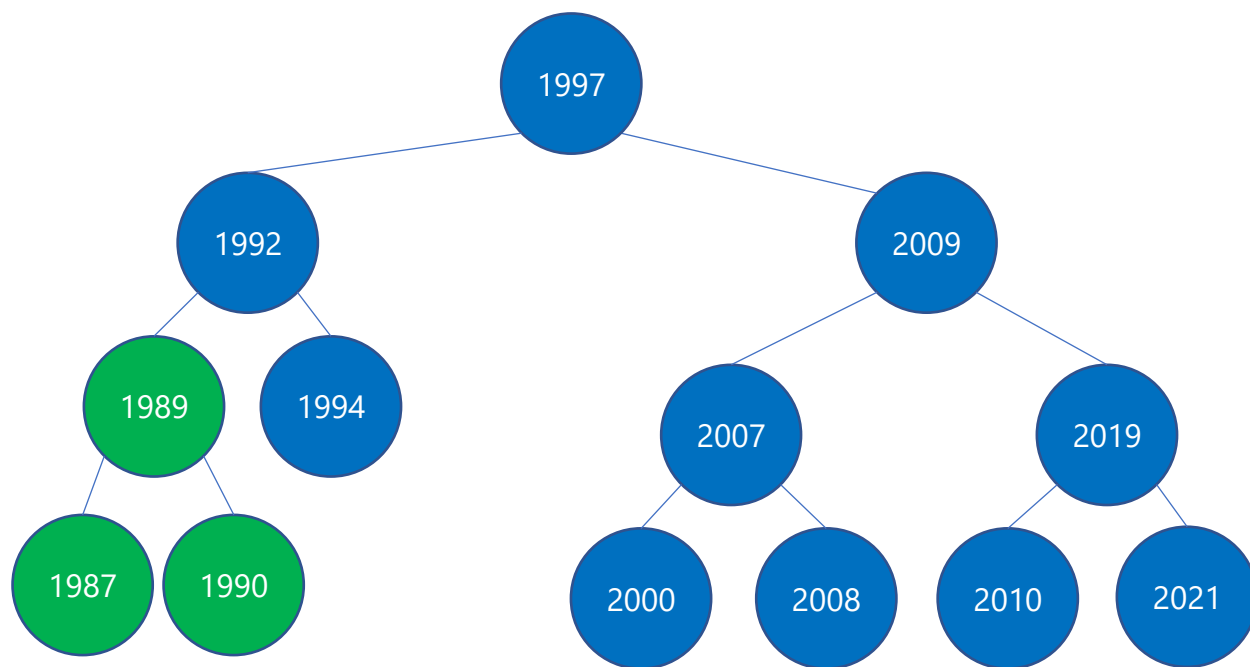
**=> ROTATION À DROITE DE 1990**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1989) - lg_{DROITE}(1989)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 0$$

**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**

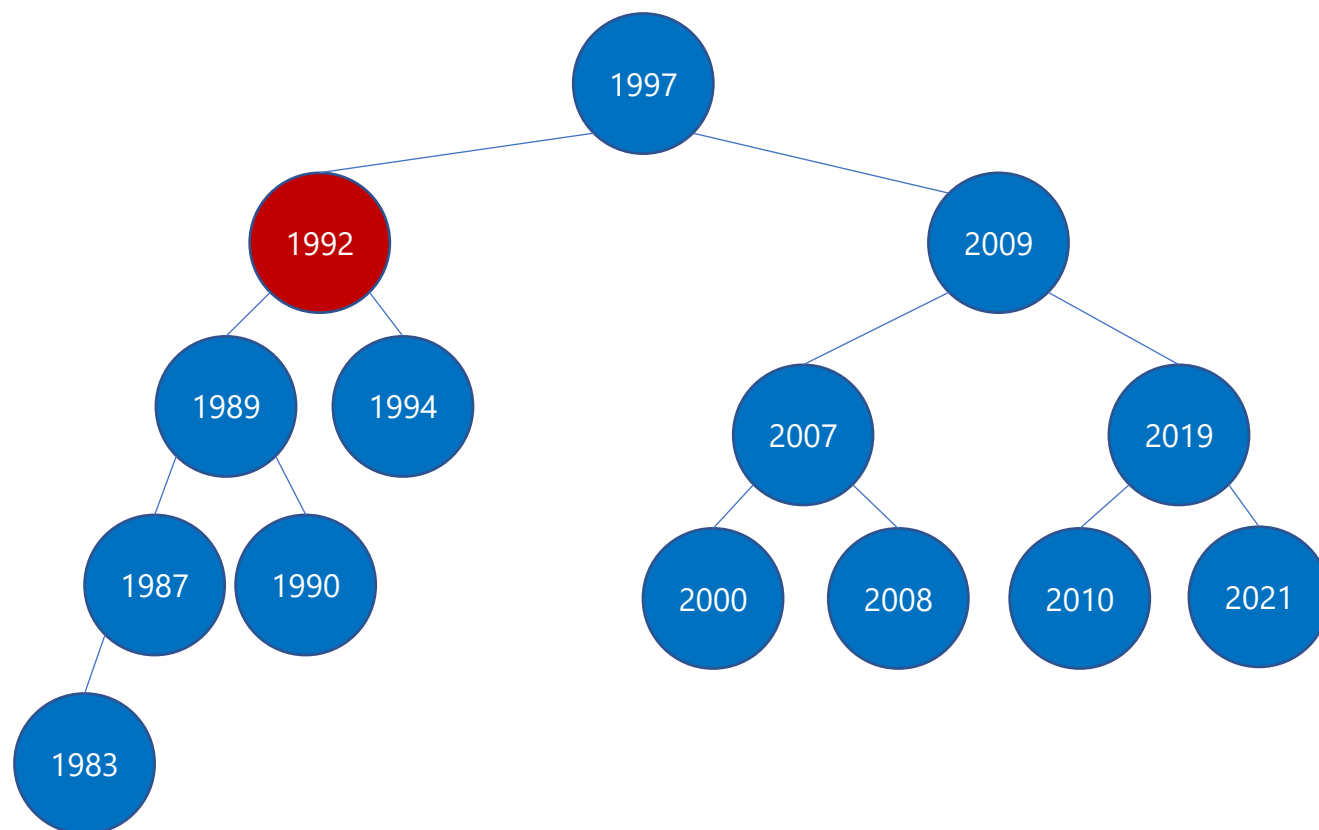




## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



1983 < 1997

1983 < 1992

1983 < 1989

1983 < 1987

$$|lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1989) - lg_{DROITE}(1989)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 1992**

$$lg_{GAUCHE}(1992) - lg_{DROITE}(1992) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1989) - lg_{DROITE}(1989) > 0$$

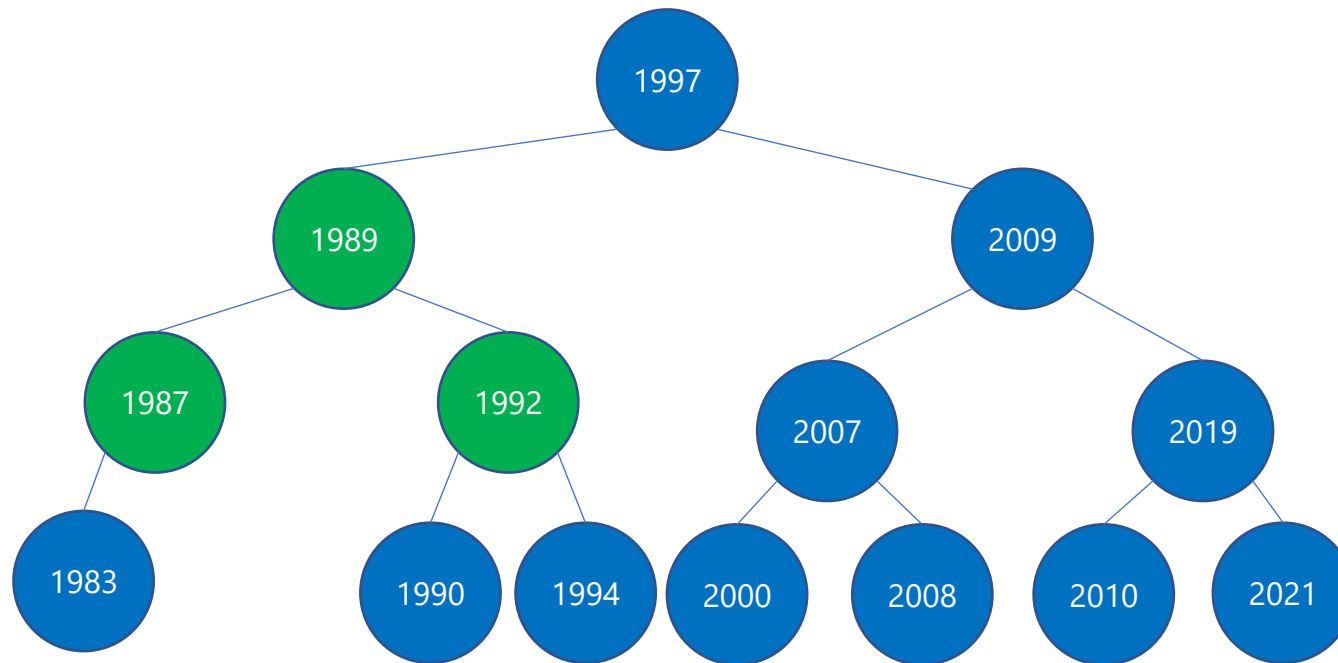
**=> ROTATION À DROITE DE 1992**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Reprenons les mêmes 14 valeurs mais dans un ordre différent :

2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2019, 2021, 1997, 1994, 1992, 1990, 1989, 1987, 1983



$$|\lg_{\text{GAUCHE}}(1983) - \lg_{\text{DROITE}}(1983)| = 0$$

$$|\lg_{\text{GAUCHE}}(1987) - \lg_{\text{DROITE}}(1987)| = 1$$

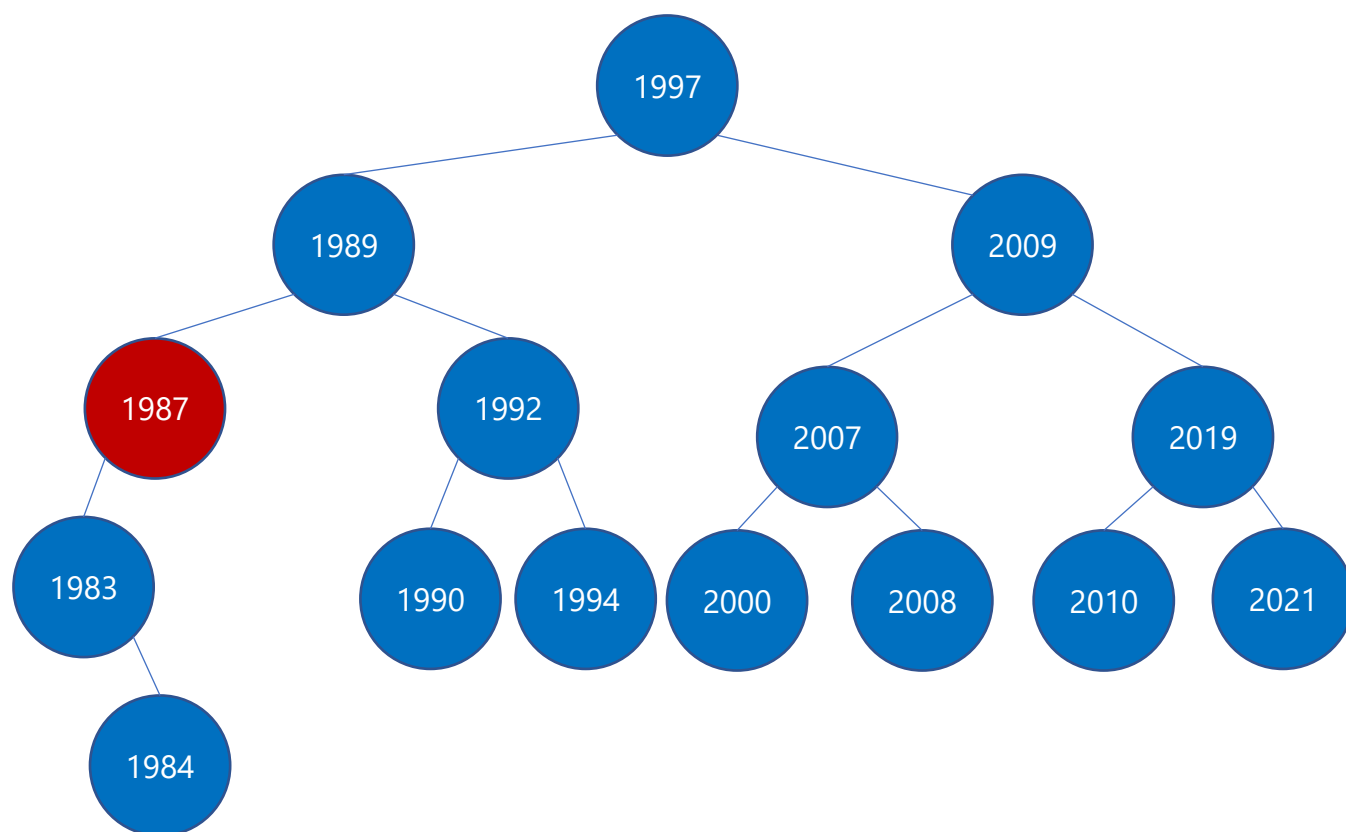
$$|\lg_{\text{GAUCHE}}(1989) - \lg_{\text{DROITE}}(1989)| = 0$$

**L'ARBRE EST ÉQUILIBRÉ**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Bonus : ajoutons la valeur 1984 !



$1984 < 1997$

$1984 < 1989$

$1984 < 1987$

$1984 > 1983$

$$|lg_{GAUCHE}(1984) - lg_{DROITE}(1984)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 1987**

$$lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983) \leq 0$$

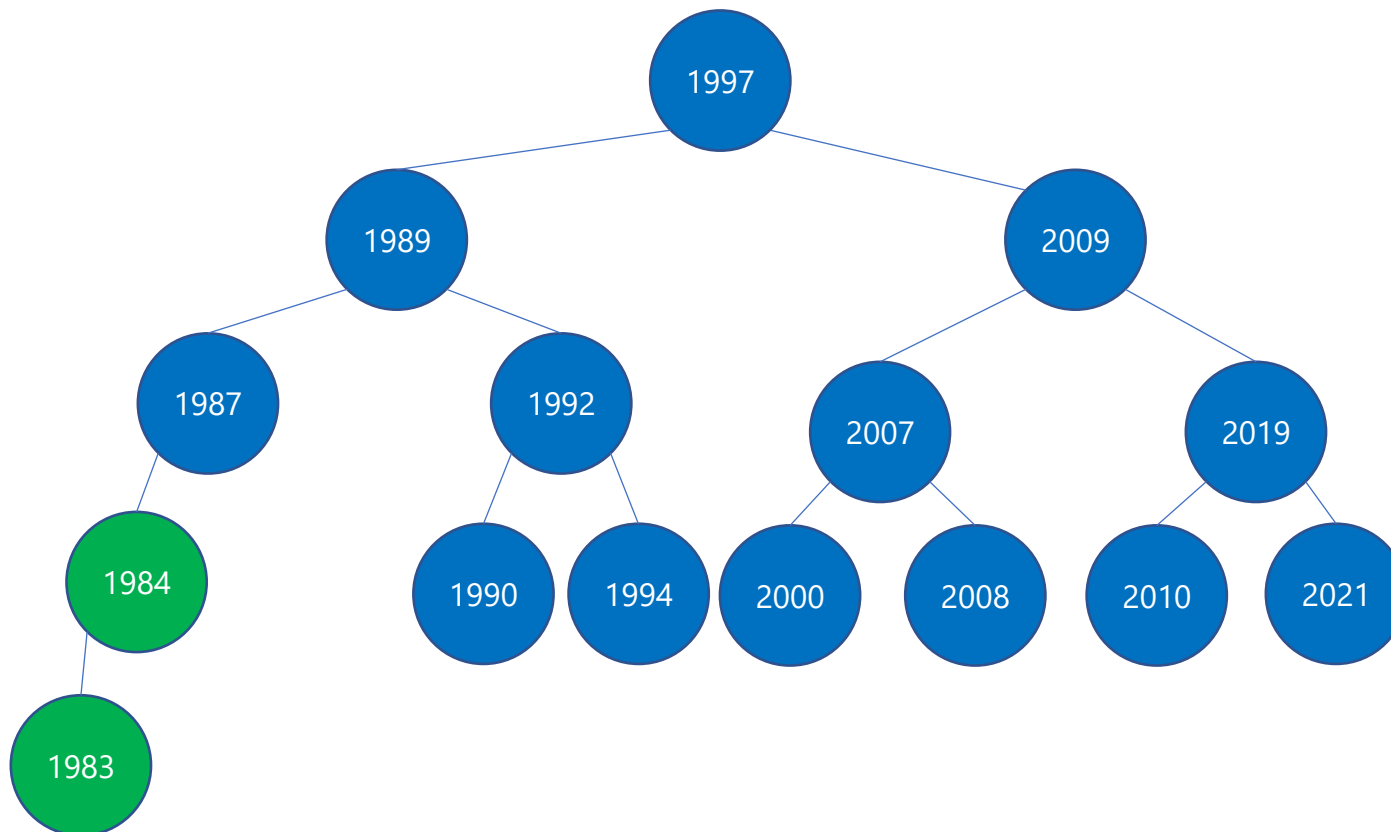
**=> ROTATION À GAUCHE DE 1983**

**=> PUIS ROTATION À DROITE DE 1987**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Bonus : ajoutons la valeur 1984 !



$1984 < 1997$

$1984 < 1989$

$1984 < 1987$

$1984 > 1983$

$$|lg_{GAUCHE}(1984) - lg_{DROITE}(1984)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 1987**

$$lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983) \leq 0$$

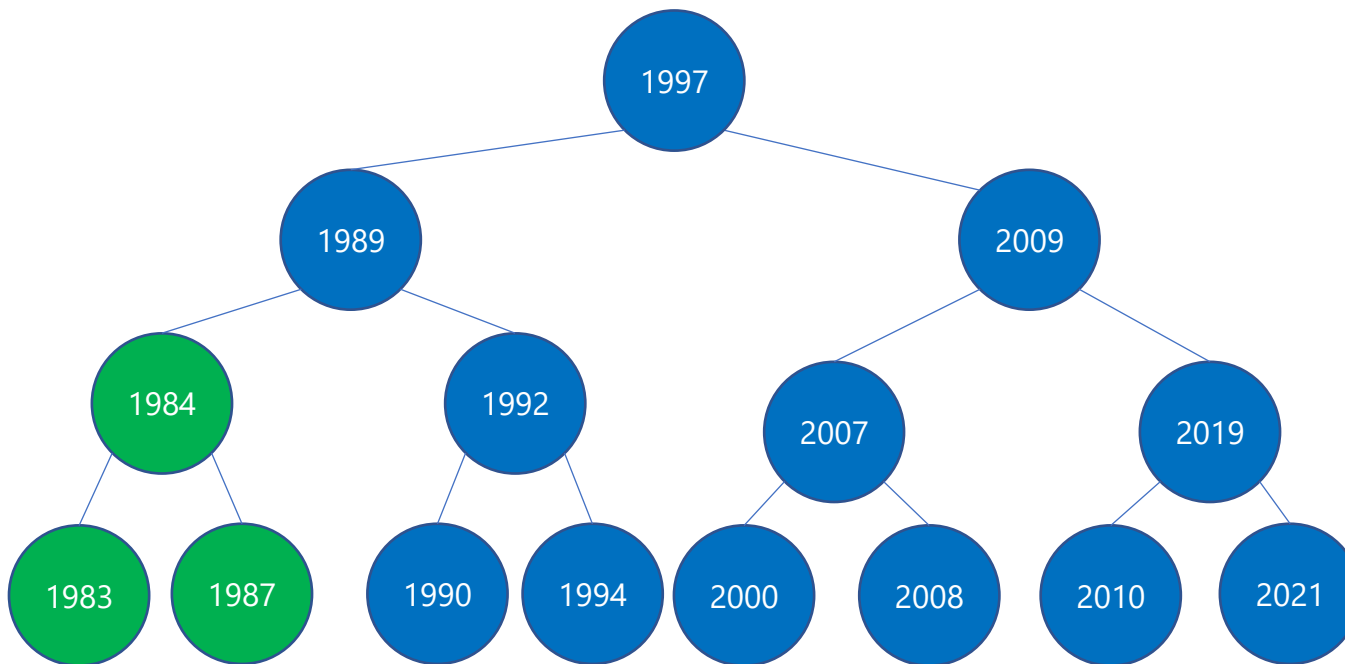
**=> ROTATION À GAUCHE DE 1983**

**=> PUIS ROTATION À DROITE DE 1987**



## CONSTRUCTION PAS À PAS DE L'ARBRE BINAIRE

Bonus : ajoutons la valeur 1984 !



$1984 < 1997$

$1984 < 1989$

$1984 < 1987$

$1984 > 1983$

$$|lg_{GAUCHE}(1984) - lg_{DROITE}(1984)| = 0$$

$$|lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983)| = 1$$

$$|lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987)| = 2$$

**L'ARBRE EST DÉSÉQUILIBRÉ EN 1987**

$$lg_{GAUCHE}(1987) - lg_{DROITE}(1987) = 2 \text{ ET}$$

$$lg_{GAUCHE}(1983) - lg_{DROITE}(1983) \leq 0$$

**=> ROTATION À GAUCHE DE 1983**

**=> PUIS ROTATION À DROITE DE 1987**

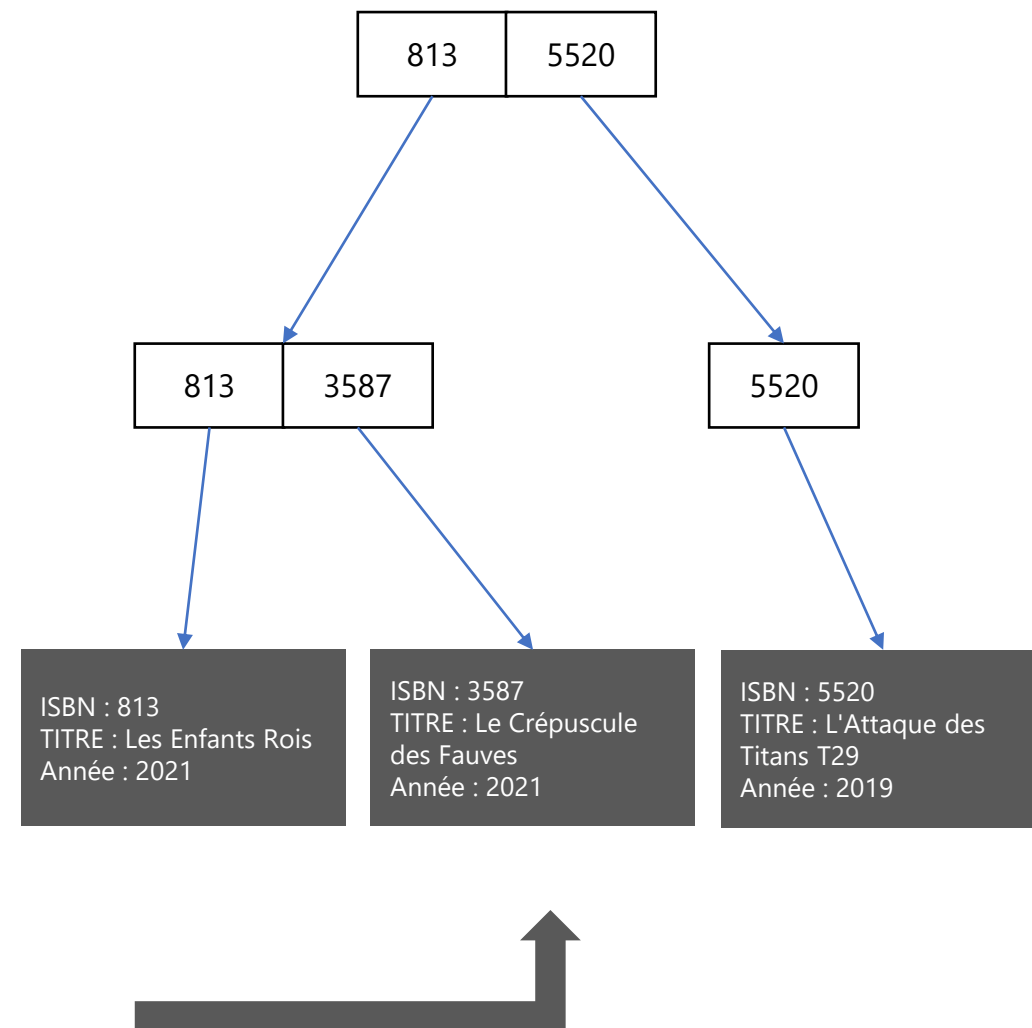
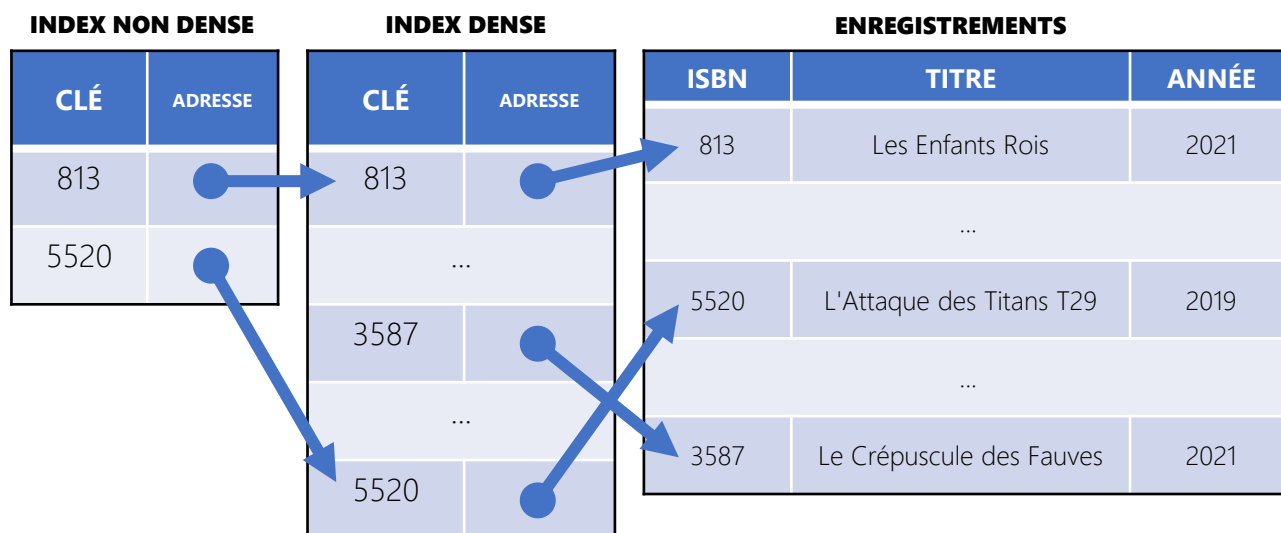


INDEX

## ARBRE B+

En combinant les fonctionnalités des arbres binaires de recherches et des index multi-niveaux, on obtient la structure de données Arbre B+.

Chaque nœud de l'arbre est un pointeur vers un sous-niveau d'index, sauf les feuilles (nœud qui n'ont pas d'enfant) qui correspondent aux enregistrements de la table.





# TABLES DE HACHAGE



## PROBLÉMATIQUE

---

### COMMENT CRÉER UN INDEX SUR DES CHAINES DE CARACTÈRES ?

- La création d'un index dense reviendrait à dupliquer toutes les chaînes de caractères
- La création d'un index non dense imposerait de trier les chaînes de caractères, ce qui serait coûteux en terme de performances





## PRINCIPE

---

La table de hachage utilise une fonction de hachage qui

- Prend en entrée une **DONNÉE DE TAILLE VARIABLE** (chaîne de caractères, fichier, ...)
- Fournit en sortie une **DONNÉE DE TAILLE FIXE**.
- Est **DÉTERMINISTE** : une même valeur d'entrée aura toujours la même valeur de sortie
- Est **DESTRUCTRICE** : on ne peut pas reconstruire la donnée d'entrée à partir de la donnée de sortie.
- Peut produire des **COLLISIONS** : deux données d'entrée différentes peuvent avoir la même valeur de sortie.



## EXEMPLE

---

Soit la fonction de hachage **f** :

$$f(\text{str}) = \text{str}[0] \bmod 3$$

**f** prend en paramètre une chaîne de caractères **str** et retourne le reste de la division par 3 du code ASCII du premier caractère.

Exemple :

$$f(\text{"Bonjour"}) = \text{'B'} \bmod 3 = 66 \bmod 3 = 0$$



## INDEXATION SUR LES TITRES DES LIVRES

---

- Les Routes de la Soie
- Un Grain de Moutarde
- Apprendre à programmer avec Python
- Mémoires floues
- La Vie est un Roman
- On Va Déguster l'Italie
- La Guitare pour Les Nuls

Fonction de hachage

**`f(str) = str[0] mod 5`**



## INDEXATION SUR LES TITRES DES LIVRES

$$f(\text{str}) = \text{str}[0] \bmod 5$$

65	41	1000001	101	A
66	42	1000010	102	B
67	43	1000011	103	C
68	44	1000100	104	D
69	45	1000101	105	E
70	46	1000110	106	F
71	47	1000111	107	G
72	48	1001000	110	H
73	49	1001001	111	I
74	4A	1001010	112	J
75	4B	1001011	113	K
76	4C	1001100	114	L
77	4D	1001101	115	M
78	4E	1001110	116	N
79	4F	1001111	117	O
80	50	1010000	120	P
81	51	1010001	121	Q
82	52	1010010	122	R
83	53	1010011	123	S
84	54	1010100	124	T
85	55	1010101	125	U
86	56	1010110	126	V
87	57	1010111	127	W
88	58	1011000	130	X
89	59	1011001	131	Y
90	5A	1011010	132	Z

f(str)	adresse
0	●
	●
1	●
	●
2	●
3	
4	●

ISBN : 2081480407  
TITRE : Les Routes de la soie  
Année : 2019

ISBN : 2496700253  
TITRE : Un grain de Moutarde  
Année : 2020

ISBN : 2212134347  
TITRE : Apprendre à programmer  
avec Python  
Année : 2012

ISBN : 275789434X  
TITRE : Mémoires Floues  
Année : 2022

ISBN : 2253237647  
TITRE : La Vie est un Roman  
Année : 2021

ISBN : 2501151801  
TITRE : On Va Déguster l'Italie  
Année : 2020



# DONNÉES PERSONNELLES



## DÉFINITIONS

---

- Toute information se rapportant à une personne **IDENTIFIÉE** ou **IDENTIFIABLE**, directement ou indirectement, grâce à un identifiant ou à un ou plusieurs éléments propres à son identité.
- Il peut s'agir d'un nom, d'une adresse électronique, d'une localisation, d'une adresse IP, d'une photo, ...
- Les règles liées aux données personnelles s'appliquent lorsqu'elles sont **COLLECTÉES, UTILISÉES** ou **CONSERVÉES NUMÉRIQUEMENT OU SUR PAPIER**.
- L'objectif de la collecte d'informations personnelles **DOIT ÊTRE PRÉCIS** et **LES DONNÉES EN ACCORD AVEC CETTE FINALITÉ**.



## VOS OBLIGATIONS

---

- Mettre en œuvre les mesures de sécurité des **LOCAUX** et des **SYSTÈMES D'INFORMATION** permettant d'empêcher que les fichiers soient **DÉFORMÉS** ou **ENDOMMAGÉS**, ou que des **TIERS NON AUTORISÉS Y AIENT ACCÈS**.
- Prendre toutes les mesures nécessaires au respect de la protection des données personnelles **DÈS LA CONCEPTION** du produit ou du service.
- **LIMITER LA QUANTITÉ** de données traitées dès le départ et **DÉMONTRER CETTE CONFORMITÉ** à tout moment.
- **RÉSERVER L'ACCÈS AUX DONNÉES** uniquement aux personnes désignées ou à des tiers qui détiennent une autorisation **SPÉCIALE ET PONCTUELLE**.
- Fixer une durée **RAISONNABLE** de conservation des données personnelles.