



# LB1231: Biologie animale, Diversité et évolution

Menu du jour:

- Classification phylogénétique, cladistique
- Evolution: concept, mécanismes et preuves



Vous vous souvenez de mon assistant personnel, mon très cher Lock Biol ?



Hello! I'm back!

A propos, avez-vous des questions sur l'organisation des cours ?

# LB1231: : Résumé du dernier cours

**Espèce:** Ensemble des individus capables de **se croiser entre eux** avec une **descendance féconde, dans un site donné** »

Résultat d'un processus **d'isolement** = spéciation (hybride)

**Classification phénologie des espèces:** basée sur les ressemblances morphologiques, erreurs dues aux homéoplasies (analogies), aux polymorphismes,  
Complexification. Cette méthode convient mal aux procaryotes.  
Technique de classement abandonnée

**Classification phylogénétique des espèces:** fondée sur le modèle évolutif et la notion de parenté.  
Regrouper les organismes selon les caractères hérités d'un ancêtre commun qui les a transmis à l'ens. de ses descendants.  
On classe sur ce que les êtres vivants ont et pas sur ce qu'ils n'ont pas (on évitera alors « invertébrés »).

pheno=  
« apparaitre »  
d'où le terme  
phénétique



phyllo-génie=  
tribue-donner  
naissance



Ok, I remember.

Mais de quels quel  
caractères parle t-on?  
Comment les choisir?



# Cladistique

**Caractère = tt attribut observable d'un organisme**

**Ex: couleur des yeux, morphologie du radius, présence ou absence d'un nucléotide dans un gène, ...**

# Cladistique

**Caractère = tt attribut observable d'un organisme**

**Ex: couleur des yeux, morphologie du radius, présence ou absence d'un nucléotide dans un gène, ...**

Un nucléotide? Adénine, guanine, thymine, cytosine, forment des séquences dans l'ADN



# Cladistique

**Caractère = tt attribut observable d'un organisme**

**Ex: couleur des yeux, morphologie du radius, présence ou absence d'un nucléotide dans un gène, ...**

Un nucléotide? Adénine, guanine, thymine, cytosine, forment des séquences dans l'ADN



## 1. Quels caractères choisir ?

Des caractères innovant

Phénotypiques

Morphologiques : anatomie externe et interne,

Physiologiques (fonctionnement organismes et organes)

Eco-éthologiques (chant des oiseaux)

# Cladistique

**Caractère = tt attribut observable d'un organisme**

**Ex: couleur des yeux, morphologie du radius, présence ou absence d'un nucléotide dans un gène, ...**

Un nucléotide? Adénine, guanine, thymine, cytosine, forment des séquences dans l'ADN



## 1. Quels caractères choisir ?

Des caractères innovant

Phénotypiques

Morphologiques : anatomie externe et interne,

Physiologiques (fonctionnement organismes et organes)

Eco-éthologiques (chant des oiseaux)

Génotypiques

ARN 28 s (ARN ribosomal), génome entier

# Cladistique

## Caractères

**Analogues (homéoplasies):** ont une fonction commune mais ont évolué indépendamment (convergence évolutive)

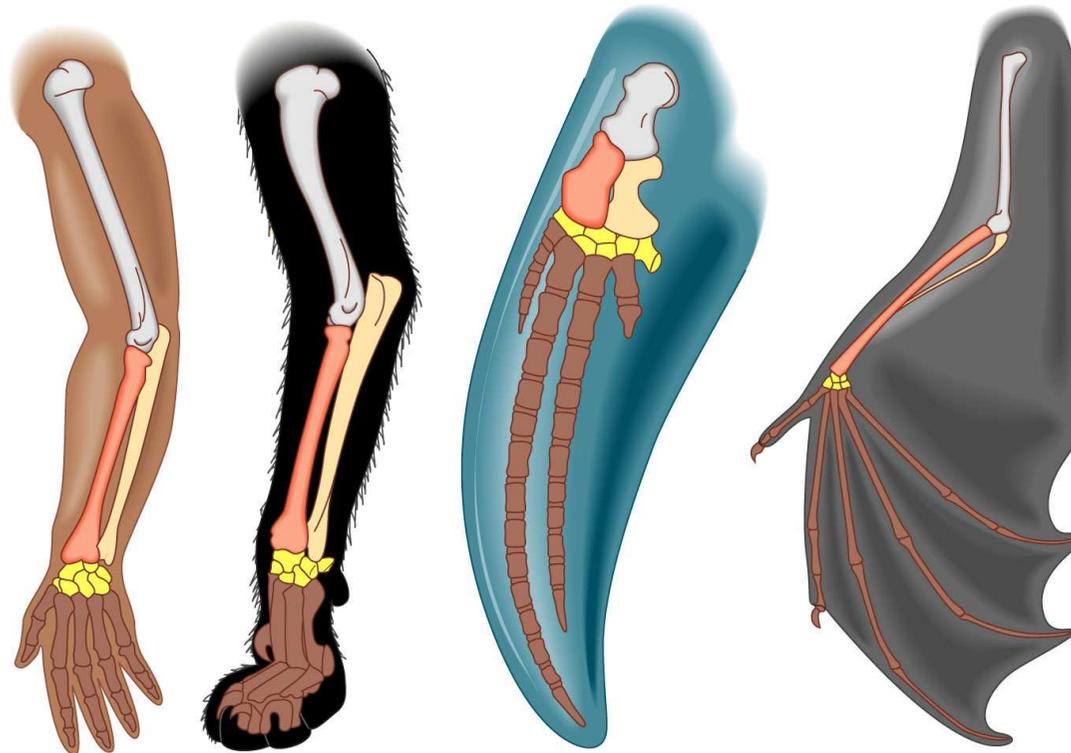
n'ont pas de signification évolutive



# Cladistique

## Caractères

**Homologues:** proviennent d'un ancêtre commun



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Homme

Chat

Baleine

Chauve-Souris

Homo-logie =  
pareil-science,  
logique





# Cladistique

## Caractères

- **Analogues (homéoplasies):** ont une fonction commune mais ont évolué indépendamment, pas de signification évolutive donc inutilisables en cladistique
- **Homologues:** proviennent d'un ancêtre commun
  - **Primitifs (primordiaux):** retenus depuis longtemps dans une lignée évolutive
  - **Dérivés:** nouveautés évolutives



Il faut donc savoir si un caractère est primitif ou dérivé ?

Comment le savoir?



# Cladistique

Si l'on fait des classifications sur base de critères *phénotypiques* (*les plumes, le squelette, les dents, ...*)

*Critère paléontologique :*

- l'état primitif = apparu le plus anciennement au cours du temps,
- l'état évolué = apparu le plus récemment ; base sur l'étude des fossiles

# Cladistique

Si l'on fait des classifications sur base de critères *phénotypiques* (*les plumes, le squelette, les dents, ...*)

*Critère paléontologique :*

- l'état primitif = apparu le plus anciennement au cours du temps,
- l'état évolué = apparu le plus récemment ; base sur l'étude des fossiles



Célèbres  
paléontologistes

# Cladistique

Si l'on fait des classifications sur base de critères *phénotypiques* (les plumes, le squelette, les dents, ...)

*Critère paléontologique :*

-l'état primitif = apparu le plus anciennement au cours du temps,

-l'état évolué = apparu le plus récemment ; base sur l'étude des fossiles



Célèbres  
paléontologistes

Attention, un caractère phénotypique peut être, selon les groupes étudiés, primitif ou dérivé: les plumes

# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés

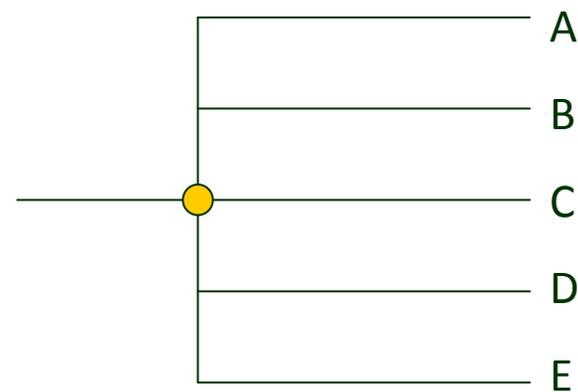
2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues

3. Comment faire ?

-remplir une matrice taxon/caractère

-élimine les caractères communs

	A	B	C	D	E
<del>Caractère 1</del>	1	1	1	1	1

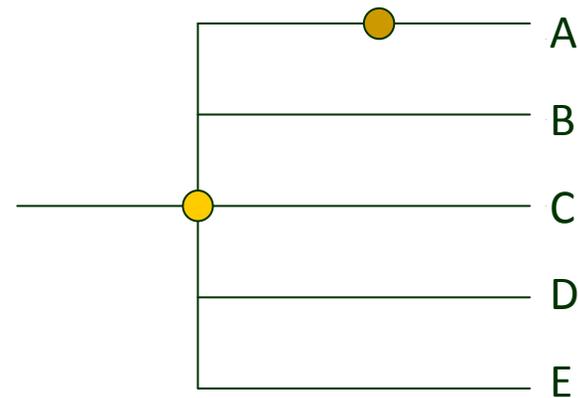


● = nœud= ancêtre hypothétique

# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés
2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues
3. Comment faire ?
  - remplir une matrice taxon/caractère
  - élimine les caractères communs
  - élimine les caractères spécifiques à un seul taxon

	A	B	C	D	E
<del>Caractère 1</del>	1	1	1	1	1
<del>Caractère 2</del>	1	0	0	0	0



● = nœud= ancêtre hypothétique

# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés

2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues

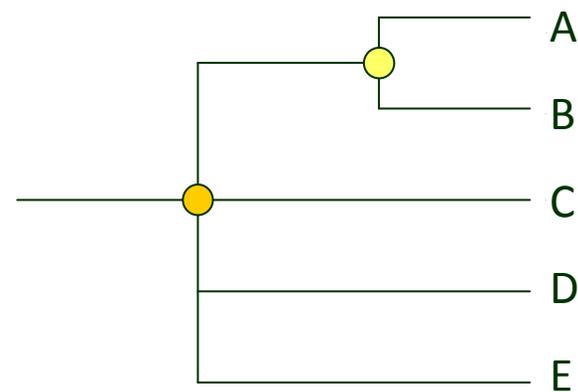
3. Comment faire ?

-remplir une matrice taxon/caractère

-élimine les caractères communs

-élimine les caractères spécifiques à un seul taxon

	A	B	C	D	E
<del>Caractère 1</del>	1	1	1	1	1
<del>Caractère 2</del>	1	0	0	0	0
Caractère 3	1	1	0	0	0



● = nœud= ancêtre hypothétique

# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés

2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues

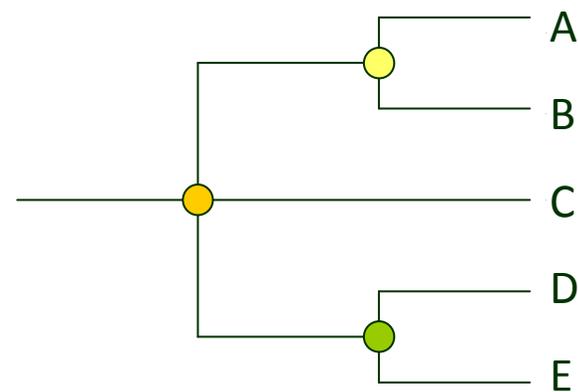
3. Comment faire ?

-remplir une matrice taxon/caractère

-élimine les caractères communs

-élimine les caractères spécifiques à un seul taxon

	A	B	C	D	E
<del>Caractère 1</del>	1	1	1	1	1
<del>Caractère 2</del>	1	0	0	0	0
Caractère 3	1	1	0	0	0
Caractère 4	0	0	0	1	1



● = nœud= ancêtre hypothétique

# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés

2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues

3. Comment faire ?

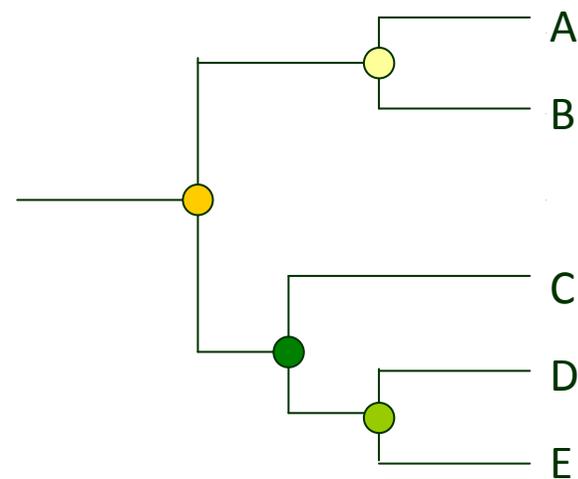
-remplir une matrice taxon/caractère

-élimine les caractères communs

-élimine les caractères spécifiques à un seul taxon

	A	B	C	D	E
<del>Caractère 1</del>	1	1	1	1	1
<del>Caractère 2</del>	1	0	0	0	0
Caractère 3	1	1	0	0	0
Caractère 4	0	0	0	1	1
Caractère 5	0	0	1	1	1

● = nœud= ancêtre hypothétique





# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés

2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues

3. Comment faire ?

- remplir une matrice taxon/caractère

- considérer un à un les caractères et utiliser leur signification évolutive pour construire le cladogramme c`ad chaque nœud =apparition d'un caractère évolué, une transformation évolutive

# Cladistique

1. Quels caractères choisir ? Homologues et dérivés

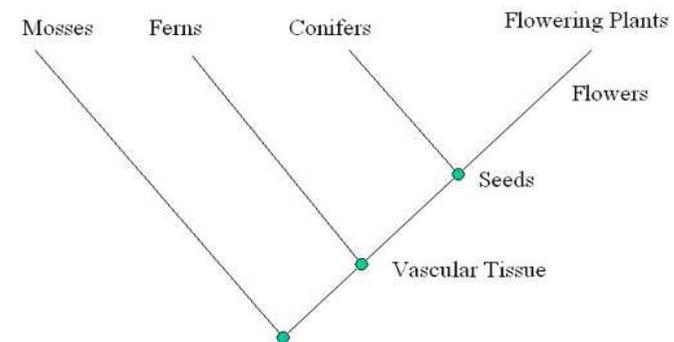
2. Quels caractères ne pas choisir ? Analogues

3. Comment faire ?

-remplir une matrice taxon/caractère

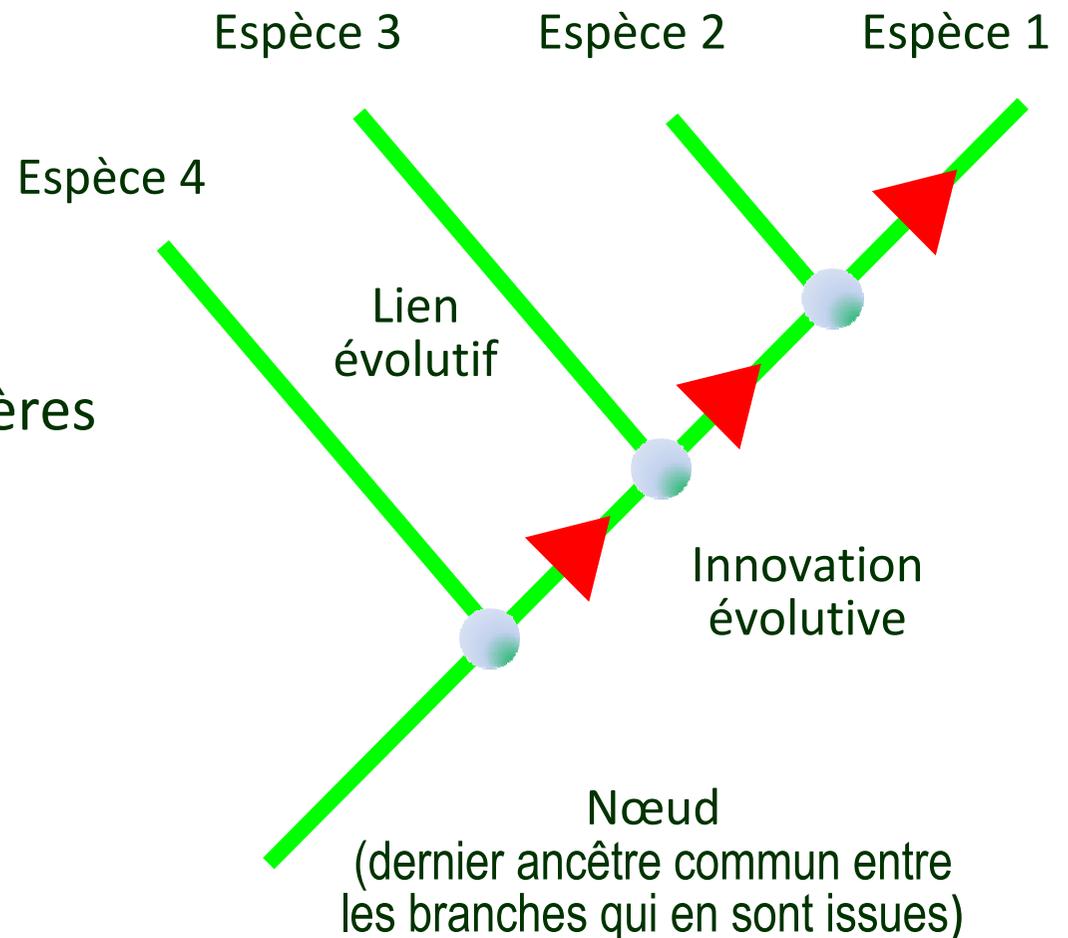
-considérer un à un les caractères et utiliser leur signification évolutive pour construire le cladogramme c`ad chaque nœud =apparition d'un caractère évolué, une transformation évolutive

	mousses	Conifères	Plantes à fleurs	Fougères
Tissu vasculaire	0	1	1	1
graines	0	1	1	0
Fleurs	0	0	1	0



# Cladistique

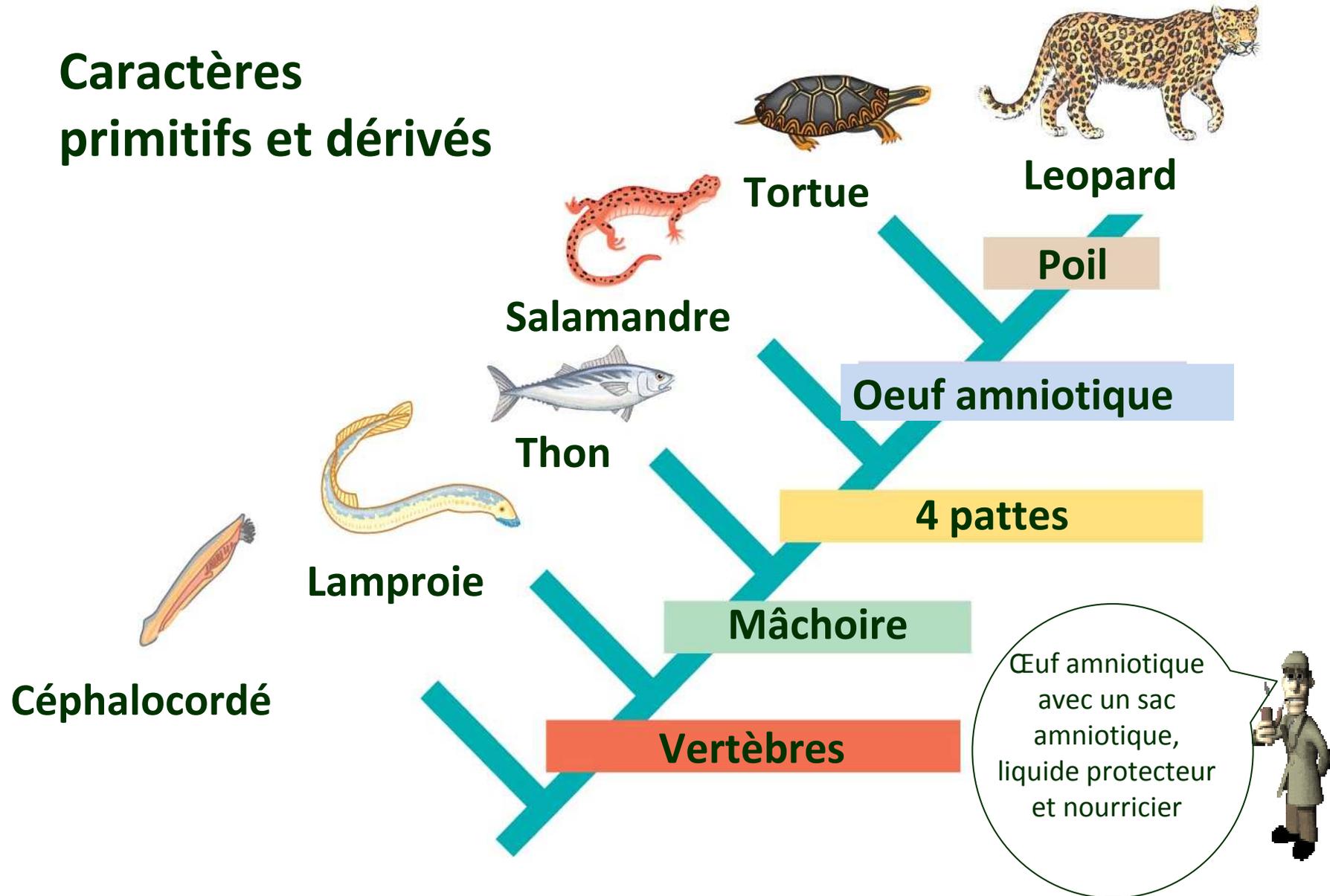
*(Espèces actuelles ou fossiles)*



- ◆ N'utilise que les caractères homologues et dérivés

# Cladistique

## Caractères primitifs et dérivés



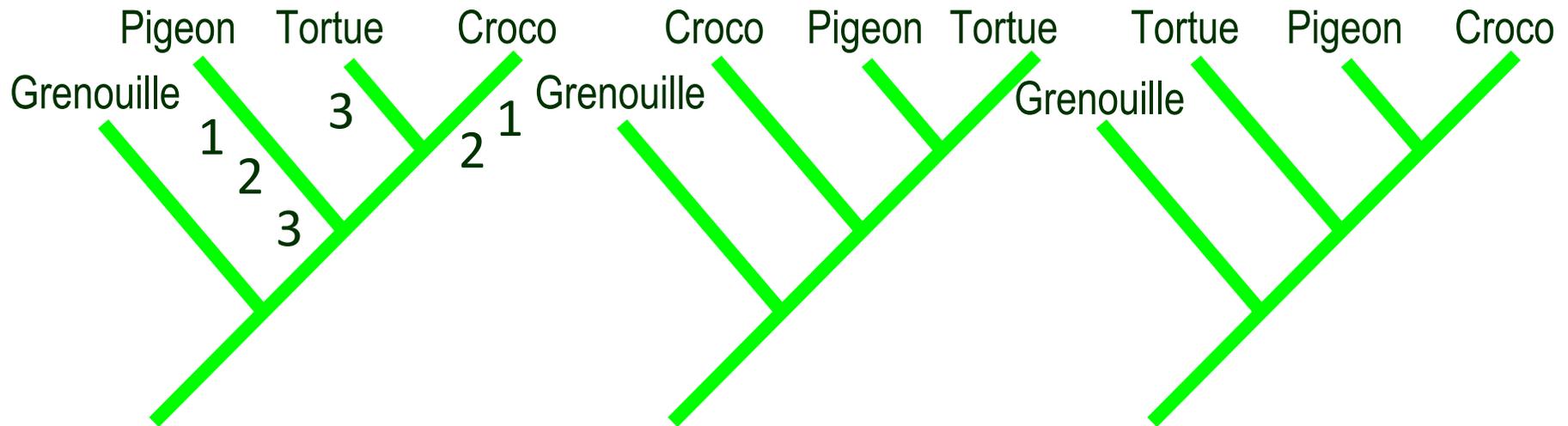


# Cladistique

Comment classer ? Grenouille, pigeon, tortue, croco

## Innovations

1 : gésier, 2 : mandibule fenêtrée, 3 : bec corné

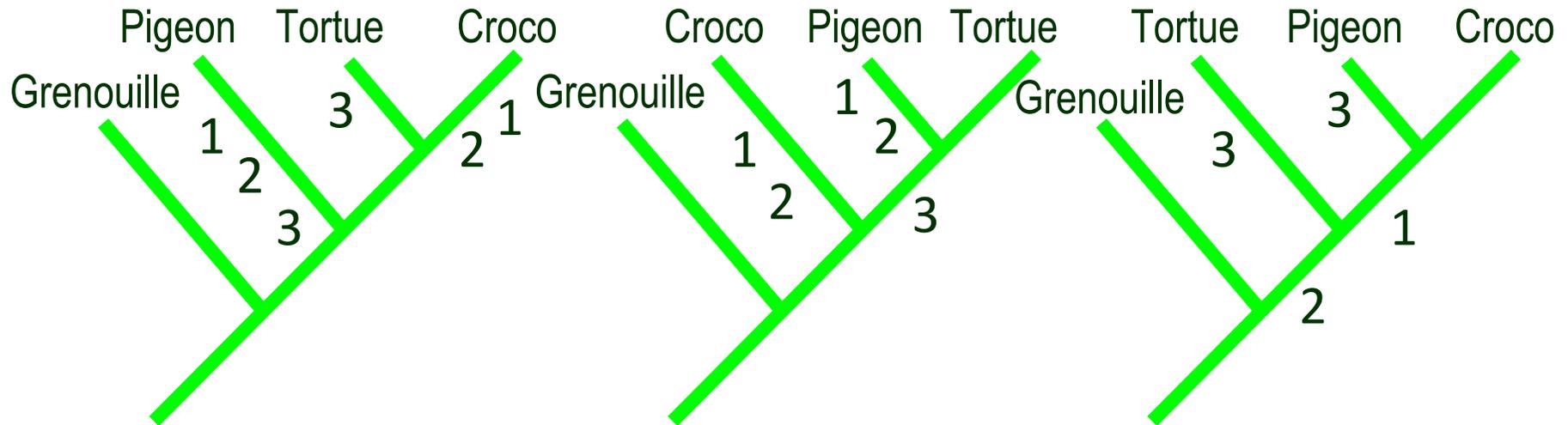




# Cladistique

## Innovations

1 : gésier, 2 : mandibule fenêtrée, 3 : bec corné

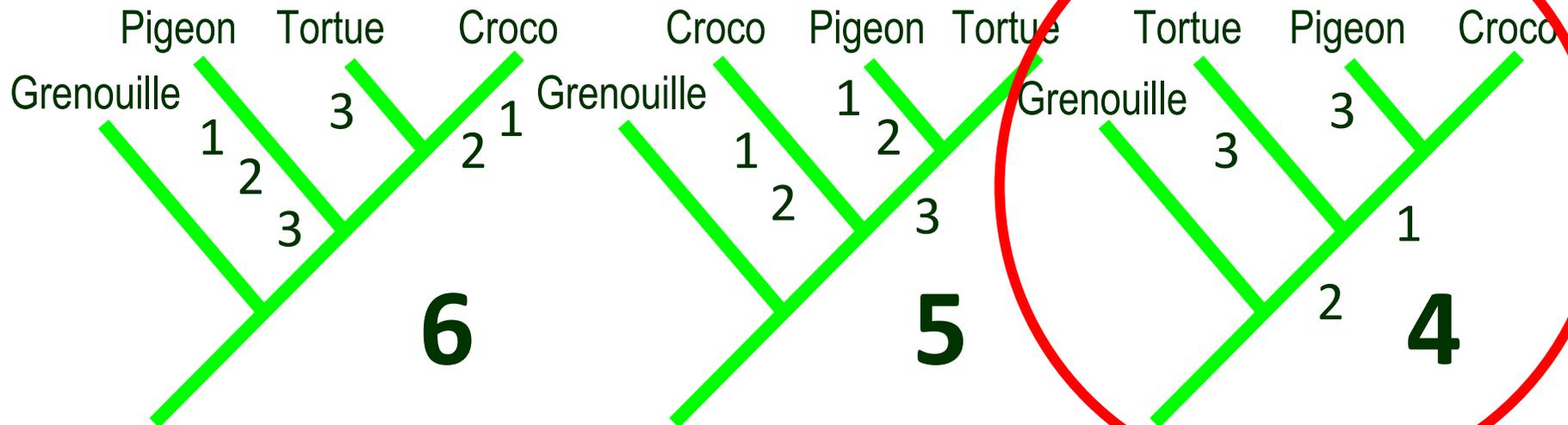


# Cladistique

## Innovations

1 : gésier, 2 : mandibule fenêtrée, 3 : bec corné

Principe de parcimonie (économie d'hypothèses) :  
dans quel groupement y a-t-il le moins d'hypothèses  
d'innovations ?



# Cladistique

Caractère génotypique: ARN 28 s (ARN ribosomial)

Un Ribosome:

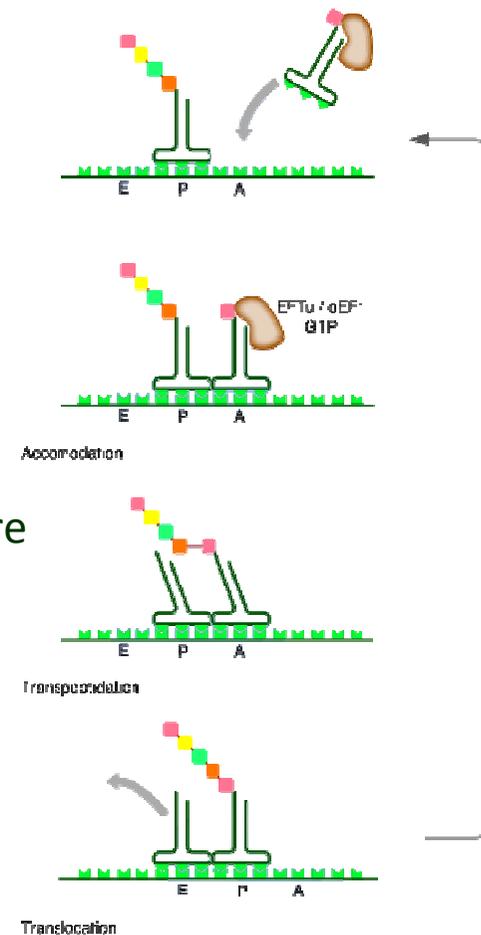
La traduction de l'information génétique codée sur un ARN messager (ARNm) à partir de laquelle il synthétise les protéines au sein de la cellule.

Constitué de protéines et de différents ARNr

Les ARNr sont repliés sur eux-mêmes, formant une structure 3D très stable.

ARNr: ARNr 28S ; 55S; 5,8S ; et 18S

On utilise ARN28s comme caractère génétique pour la taxonomie



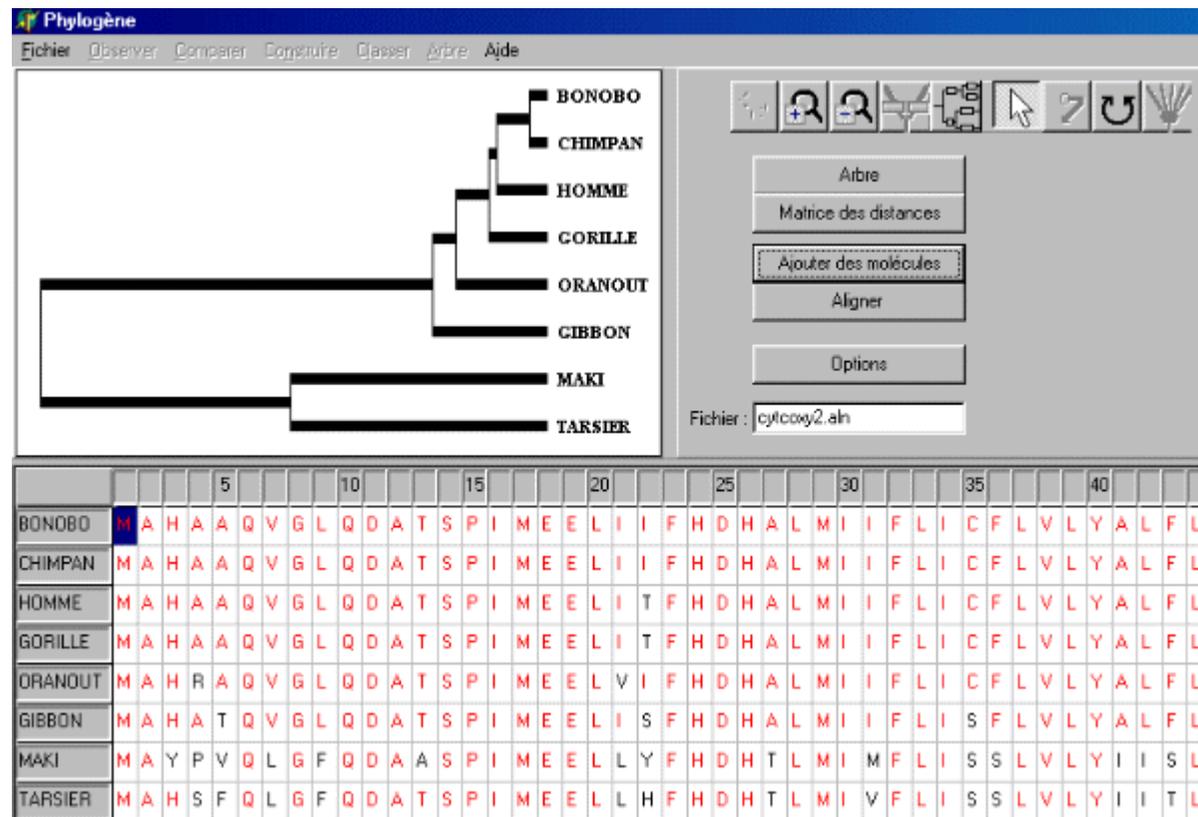
# Cladistique sur base de la biologie moléculaire

Matrice cladistique:  
classe différentes tortues  
en fct des bases d'un  
segment d'ADN

```

impressa      00000000000000000000
Indotestudo 100010100201000110
bruneti     20001010010100021?
promarginata 200010220312000110
canetotiana 202010210322100111
antiqua     20001121032200012?
pyrenaica   200010210322121?21
globosa     200010230??2001?2?
Gracia      200010220??2001?2?
Escafe      20001?230322101121
Soave       200010221322101?2?
Lunel       200010231322101221
boettgeri   200011231322101221
hermanni    200011231322101221
antakyensis 20011221031200011?
kenitrensis 200110210342010110
graeca      200112210332000110
marmorata   3011102103?300011?
marginata   301112220333010110
turgaica    4?0010???311000???
bessarabica 41001021131201011?
horsfieldi 410012210322110110
kazachstanica 410012220322110110
  
```

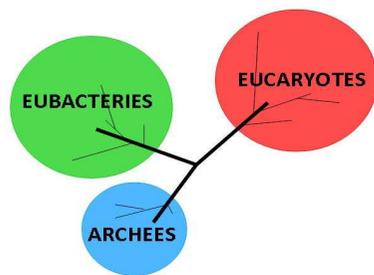
Matrice cladistique: classe des primates en fct des aa  
composant une protéine



# Cladistique

On garde les groupes qui sont constitués des plus proches parents. Mais, comme certains groupes étaient constitués parfois de parents trop lointains, ils disparaissent.

-La division entre Procaryotes et Eucaryotes est abandonnée, au profit de la division en trois du vivant.



## 3 CLADES

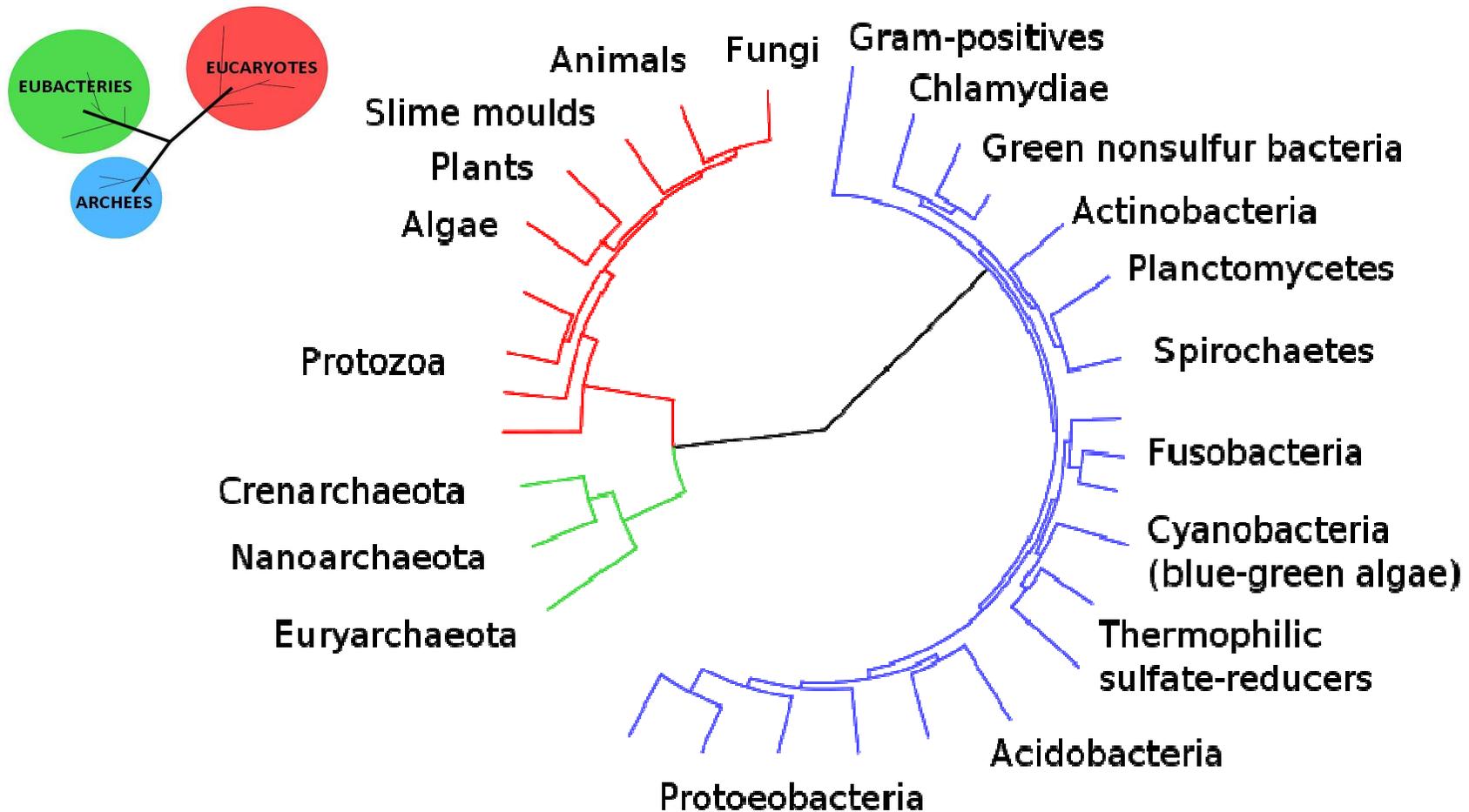
-Bactérie = unicellulaires (ADN, pas de noyau);  
paroi cellulaire = glycosan .

-Archée = unicellulaires ; paroi cellulaire =  
lipides.

-Eucaryotes = ADN en chromosome dans  
noyau délimité par une membrane ;  
reproduction de type sexuée.

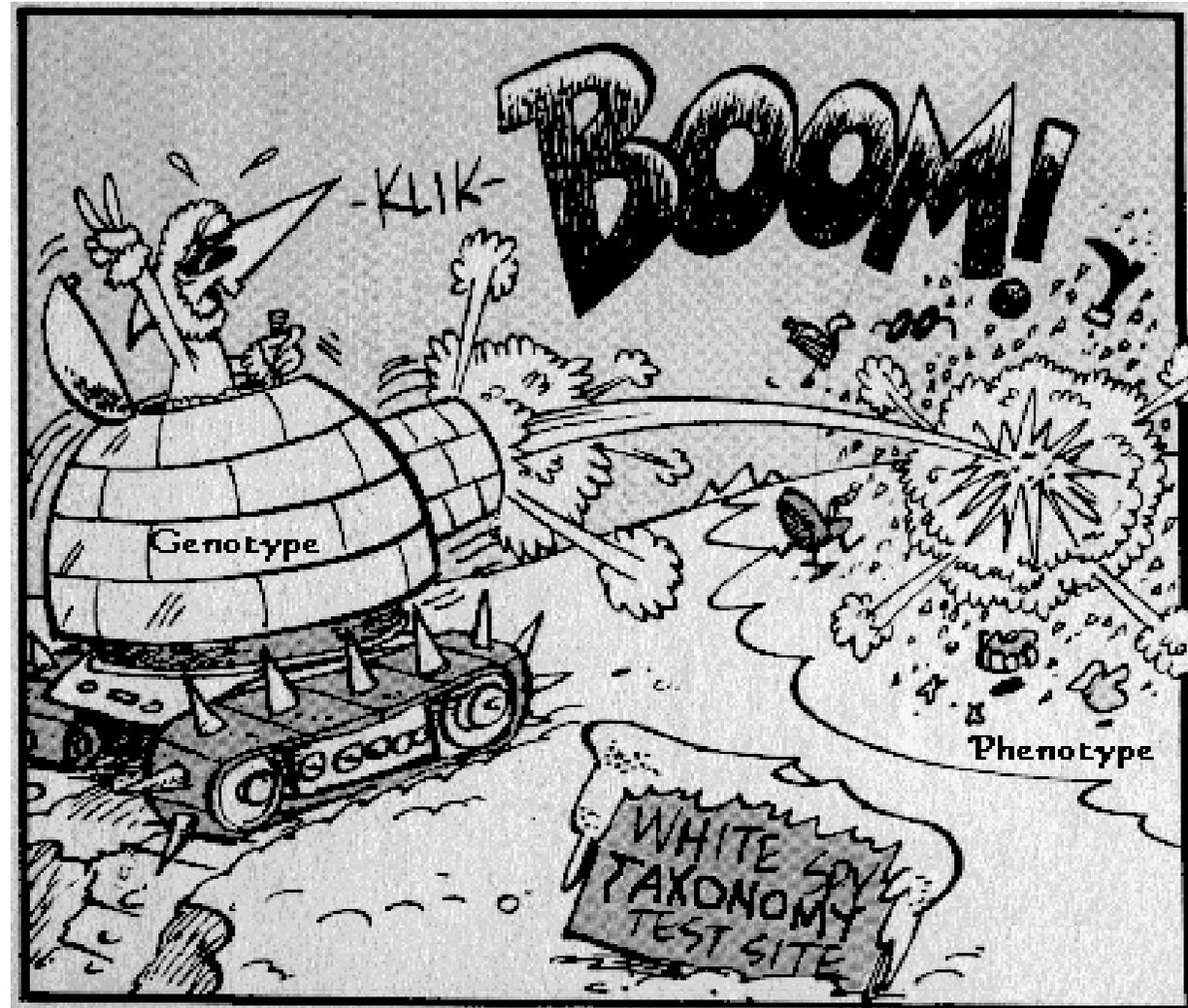
# Cladistique

Caractère génotypique: ARN 28 s (ARN ribosomal),  
cytochrome oxydase, génome complet



# Cladistique

Les apports  
de la biologie  
moléculaire



<http://www.uncommondescent.com/intelligent-design/the-sound-of-taxonomy-exploding/>



# Cladistique

## Résumé

Cette méthode repose sur deux grands principes :

- **Si** plusieurs taxons possèdent un même caractère évolué (ou dérivé), ils l'ont hérité d'un même ancêtre commun, qui leur est propre, et chez qui ce caractère est apparu.
- **Principe de parcimonie** : parmi les cladogrammes possibles, le cladogramme retenu sera le plus parcimonieux, c'est à dire celui qui supposera le moins de transformations évolutives
- **Caractères** homologues, analogues, primitifs (pleisiomorphe), dérivés (apomorphe), phénotypiques et génotypiques (ARNr 28s, génome entier). Prédominance actuelle de l'utilisation des caractères génotypiques.

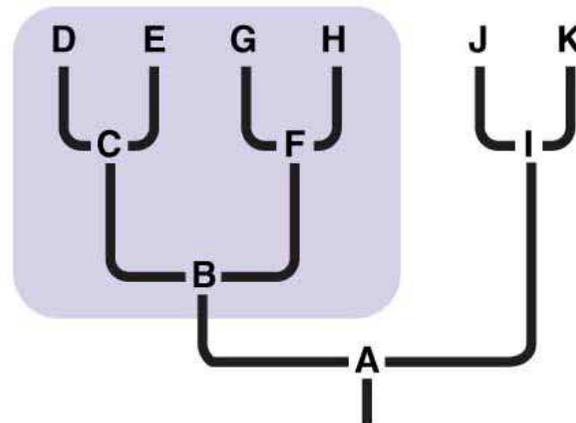
# Cladistique

## Clades et cladogrammes

Les groupes qui possèdent un grand nombre d'apomorphies (caract. dérivés) en commun sont des clades.

Un groupe monophylétique = un clade = un groupe comprenant un ancêtre et tous ses descendants

### Monophylétique

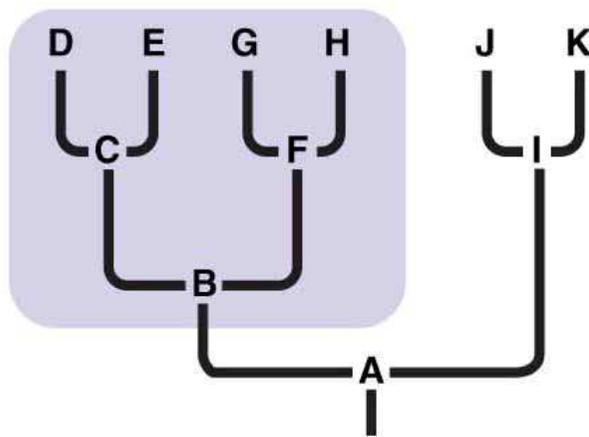




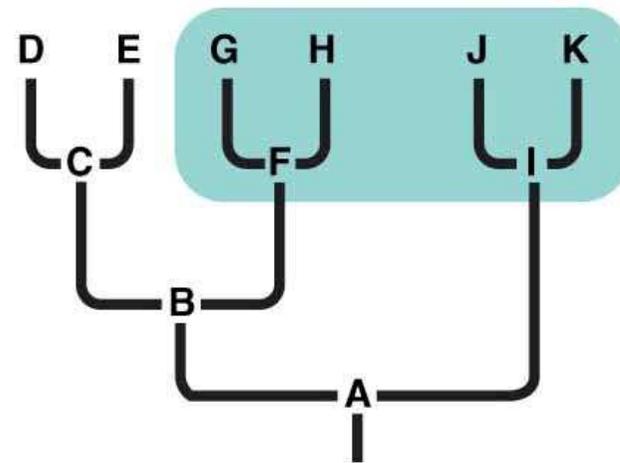
## Clades et cladogrammes

Cladogramme = Phylogénie

Monophylétique

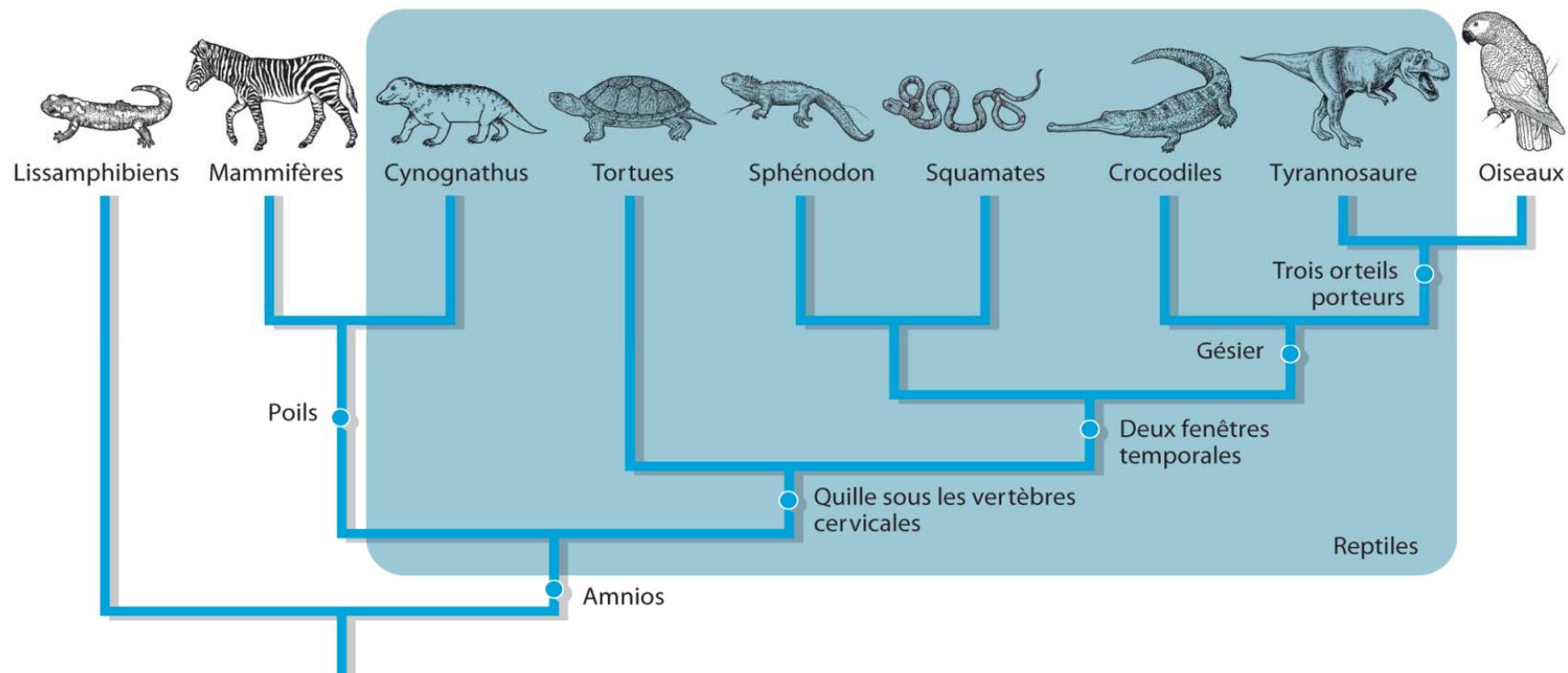


Polyphylétique

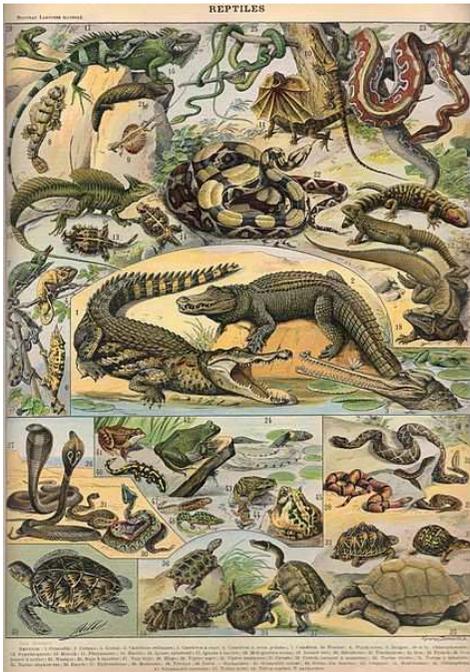


# Clades et cladogrammes

## Paraphylétique : Reptiles !



# Cladistique: les changements



-Tous les ancêtres des dinosaures sont aussi des ancêtres des oiseaux, qui sont les descendants d'un groupe de petits dinosaures volants vivants au crétacés.

-Les plus proches parents vivants des oiseaux sont les crocodiles.



*Vous êtes bien certains que c'est mon papy?*

~~Reptiles~~

# Cladistique: les changements



Haouw  
Un collègue!



~~-Les poissons osseux sont plus proches des mammifères que des requins.  
(«poisson »)~~

-L'ancien groupe des algues explose en tous sens, certaines étant groupées avec les plantes vertes, d'autres avec les bactéries.



# Cladistique

a fortement modifié la classification

Faiblesses :

- caractères phénotypiques choisis :  
subjectif & nombre limité, fossiles peu nombreux

- caractères génotypiques:  
pas de limitations et pas de subjectivité  
(sur génome complet d'animaux)

- nombre de cladogrammes possibles  
(10 groupes : 280.000.000 !)

# Cladistique

Faiblesses :

nombre de cladogrammes  
possibles  
(10 groupes : 280.000.000 !)

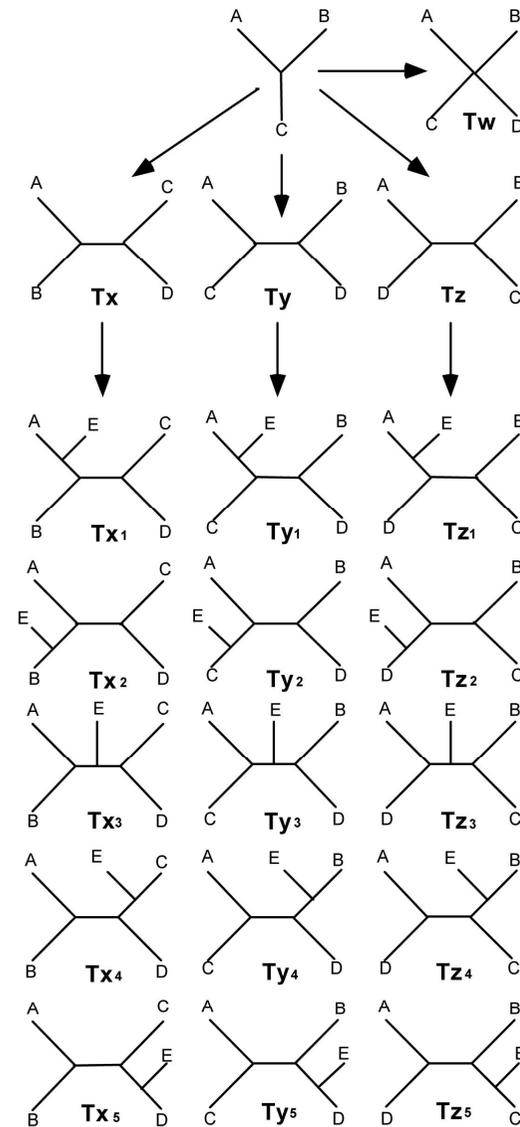


FIGURE I.8. Représentation des 15 arbres différents non enracinés que l'on peut obtenir à partir de 5 UE : A, B, C, D, E. Lorsque A est considéré comme l'ancêtre, ces 15 arbres deviennent les 15 arbres différents enracinés que l'on peut obtenir à partir de 4 UE différentes (B, C, D et E).

UE=unité évolutive population, espèce, taxon



# Cladistique

## Résumé

Cette méthode repose sur deux grands principes :

- **Si** plusieurs taxons possèdent un même caractère évolué (ou dérivé), ils l'ont hérité d'un même ancêtre commun, qui leur est propre, et chez qui ce caractère est apparu
- **Principe de parcimonie** : parmi les cladogrammes possibles, le cladogramme retenu sera le plus parcimonieux, = supposera le moins de transformations évolutives
- **Caractères** homologues, analogues, primitifs (pleisiomorphe), dérivés (apomorphe)

### Groupes mono, poly et paraphyllétiques

- Faiblesses :
  - subjectivité et des caractères phénotypiques, nombre limité
  - nombre de cladogrammes possibles

# Classification phylogénétique

## Cladistique : une technique

Les classifications traditionnelles phénétiques:

Elles contiennent des groupes ayant une signification phylogénétique et d'autres non.

Classification phylogénétique:

**Il ne s'agit plus de classer pour répertorier mais pour comprendre une histoire : celle des êtres vivants.**



Willi Hennig, 1950



## ***Petit lexique de ce cours***

***Clade*** : Un clade (du grec *clados*, qui signifie « branche ») = un taxon strictement monophylétique, càd une branche contenant un ancêtre et tous ses descendants.

***Taxon*** : = un groupe dans une classification hiérarchique (taxonomie). Les taxons d'un niveau donné ont un degré de ressemblance élevé (car ils partagent un certain nombre de gènes). L'espèce = le taxon de base de la classification systématique.

***Cladogramme*** : = « arbre », un schéma illustrant la distribution des caractères maximisant les hypothèses d'homologie. peut être directement interprété comme un arbre phylogénétique.

***Phylogénie***=étude des relations de parenté entre les organismes

***Monophylétique*** : Un clade est monophylétique quand il regroupe tous les descendants d'un même ancêtre. L'ancêtre et ses descendants sont caractérisés par un caractère dérivé commun (= *caractères dérivés propres* ou *synapomorphies*). Par ex., la présence d'un noyau dans les *cellules des eucaryotes*.



### ***Petit lexique de ce cours***

***Apomorphie*** : = l'état dérivé d'un caractère ancestral dans la séquence de transformations évolutives de ce caractère. Une nouveauté évolutive. *Par ex., les quatre membres locomoteurs des Tétrapodes constituent une apomorphie, c'est un caractère dérivé des quatre nageoires de l'ancêtre aquatique (un Sarcopterygien de ce groupe).*

***Pléisiomorphie***: un caractère homologue primitif

***Phénotypiques*** : Relatif à l'ensemble des caractères observables, apparents, d'un individu, d'un organisme dus aux facteurs héréditaires (***génotypiques***) et aux modifications apportées par le milieu environnant.