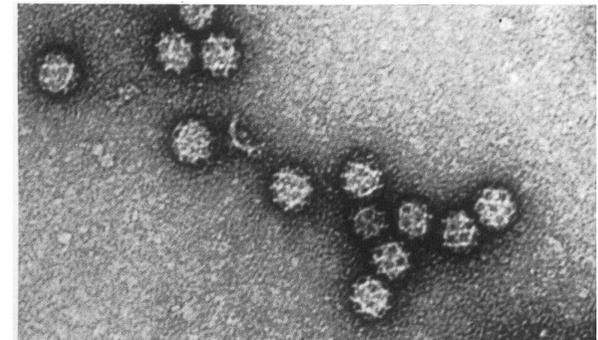
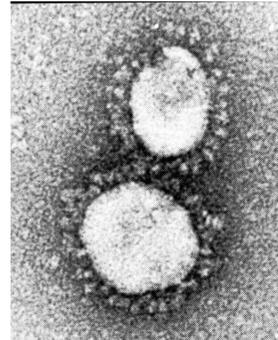
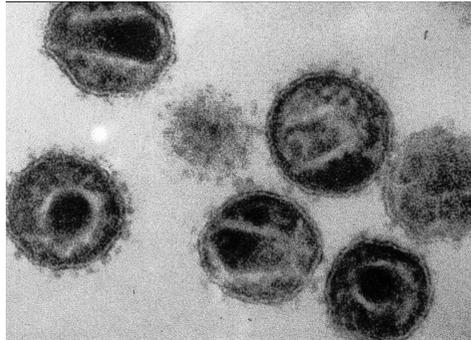
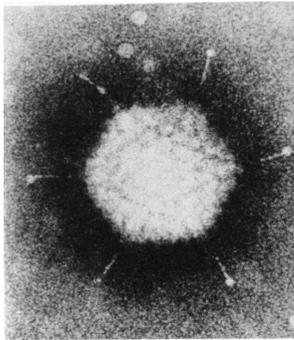


DEFINITION, STRUCTURE, MORPHOLOGIE ET CLASSIFICATION DES VIRUS



Pr Agnès GAUTHERET-DEJEAN

Service de Virologie, Hôpitaux Universitaires Pitié Salpêtrière-Charles Foix

Service de Bactériologie et Virologie, Faculté de Pharmacie,
Université de Paris

Equipe INSERM UMR-S1139

agnes.gautheret@aphp.fr

LES VIRUS

CELLULE EUCARYOTE HUMAINE
(polynucléaire neutrophile 0,015 mm)

ADN, ARN messenger, ARN ribosomal, ARN de transfert

PARASITE

(Amibe 0,02 mm, Oxyure 5mm,
Ascaris 150 mm, Ténia 10 000 mm)

ADN, ARN messenger, ARN ribosomal, ARN de transfert

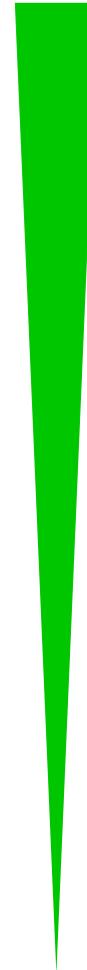
BACTERIE (0,001 à 0,005 mm)

ADN, ARN messenger, ARN ribosomal, ARN de transfert

VIRUS

(20 à 1000 nm soit 0,00002 à 0,001 mm)

ADN ou ARN

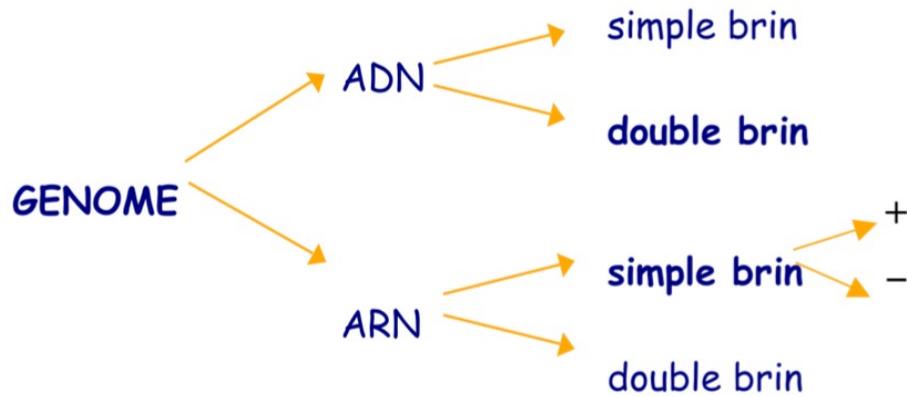


I - DEFINITION DES VIRUS

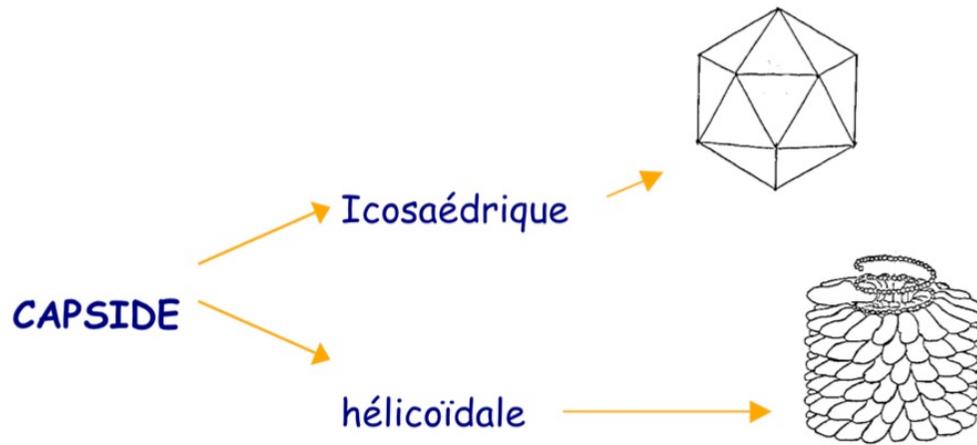
André Lwoff 1953

- 1) Structure spécifique : génome (ARN ou ADN), capside, enveloppe (éventuellement)
- 2) Incapacité de croître ou de se diviser par scissiparité comme les bactéries
- 3) Un virion ne possède aucune source énergétique propre, aucun enzyme du métabolisme énergétique
- 4) Multiplication du virus
 - au sein d'une cellule vivante en détournant à son profit tous les mécanismes de synthèse (ARN ribosomiaux, transfert, activités enzymatiques, ...)
 - uniquement à partir de son matériel génétique
 - agent subversif pour la cellule
- 5) Le virion sortant de la cellule est complet, terminé
 - (- pas de modification hors de la cellule)
 - structure particulière, définie pour chaque espèce de virus

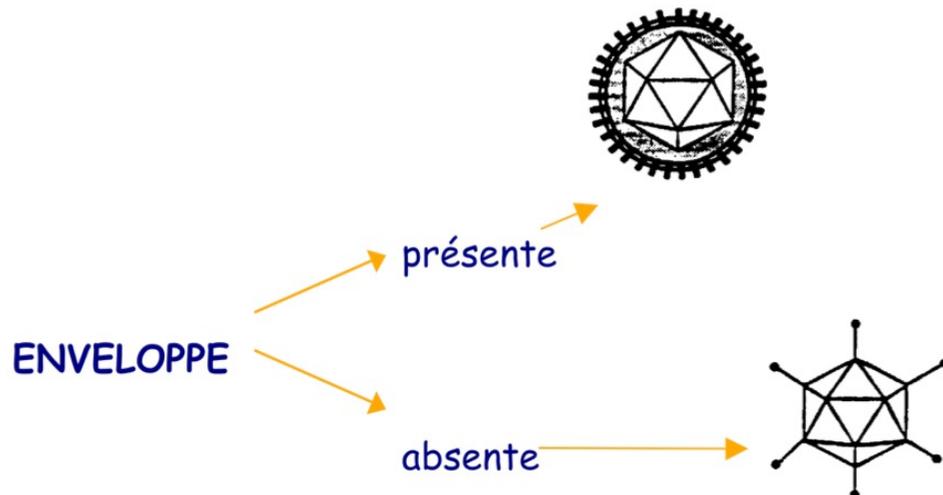
Organisation structurale d'un virus



Génome + protéines
= core ou nucléoïde



Génome + capside
= nucléocapside



Virion = particule virale infectieuse extracellulaire

II - STRUCTURE DES VIRUS

II.1 - Le génome viral

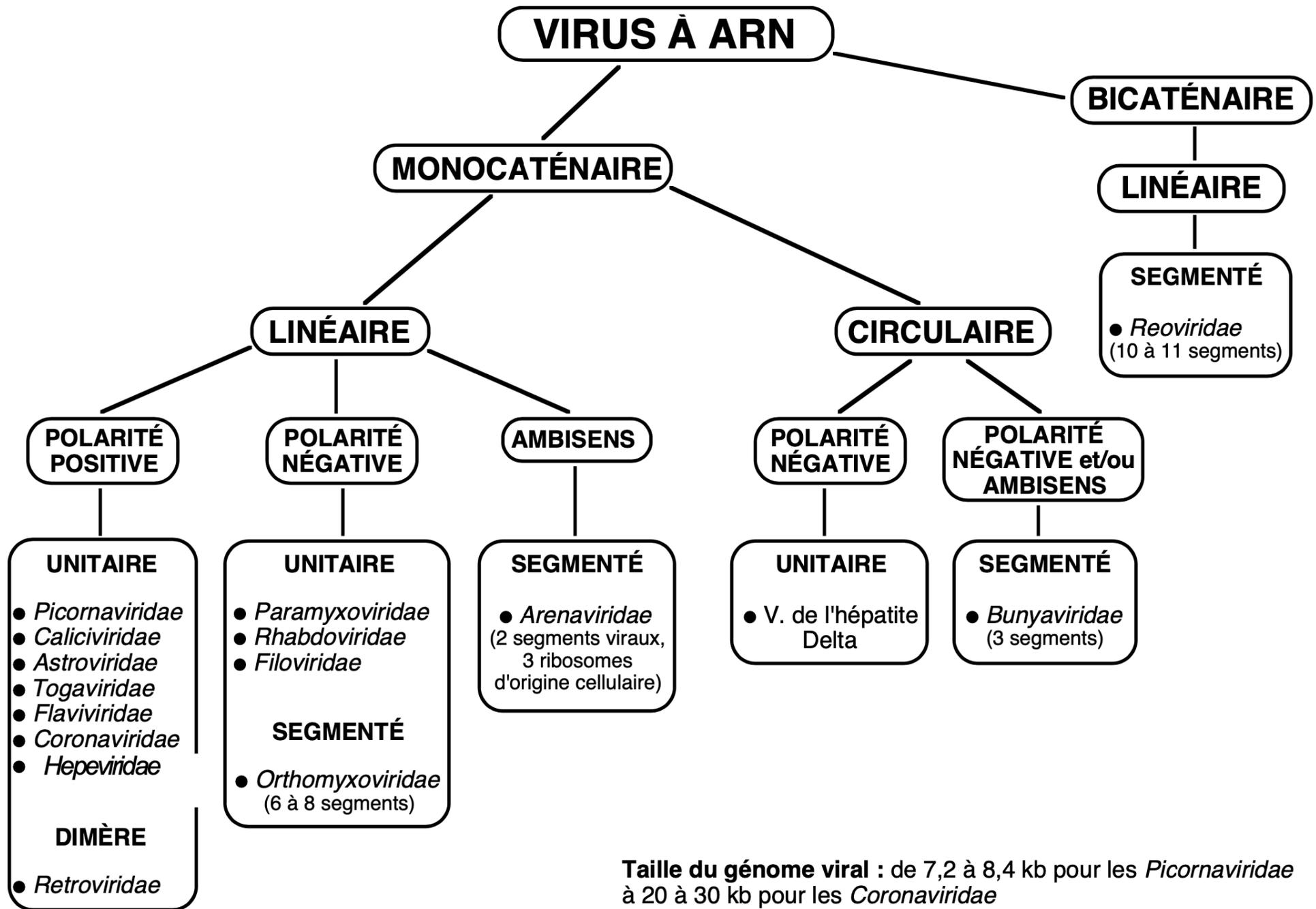
- Un seul acide nucléique dans la particule virale

ADN : bicaténaire, monocaténaire
linéaire, circulaire

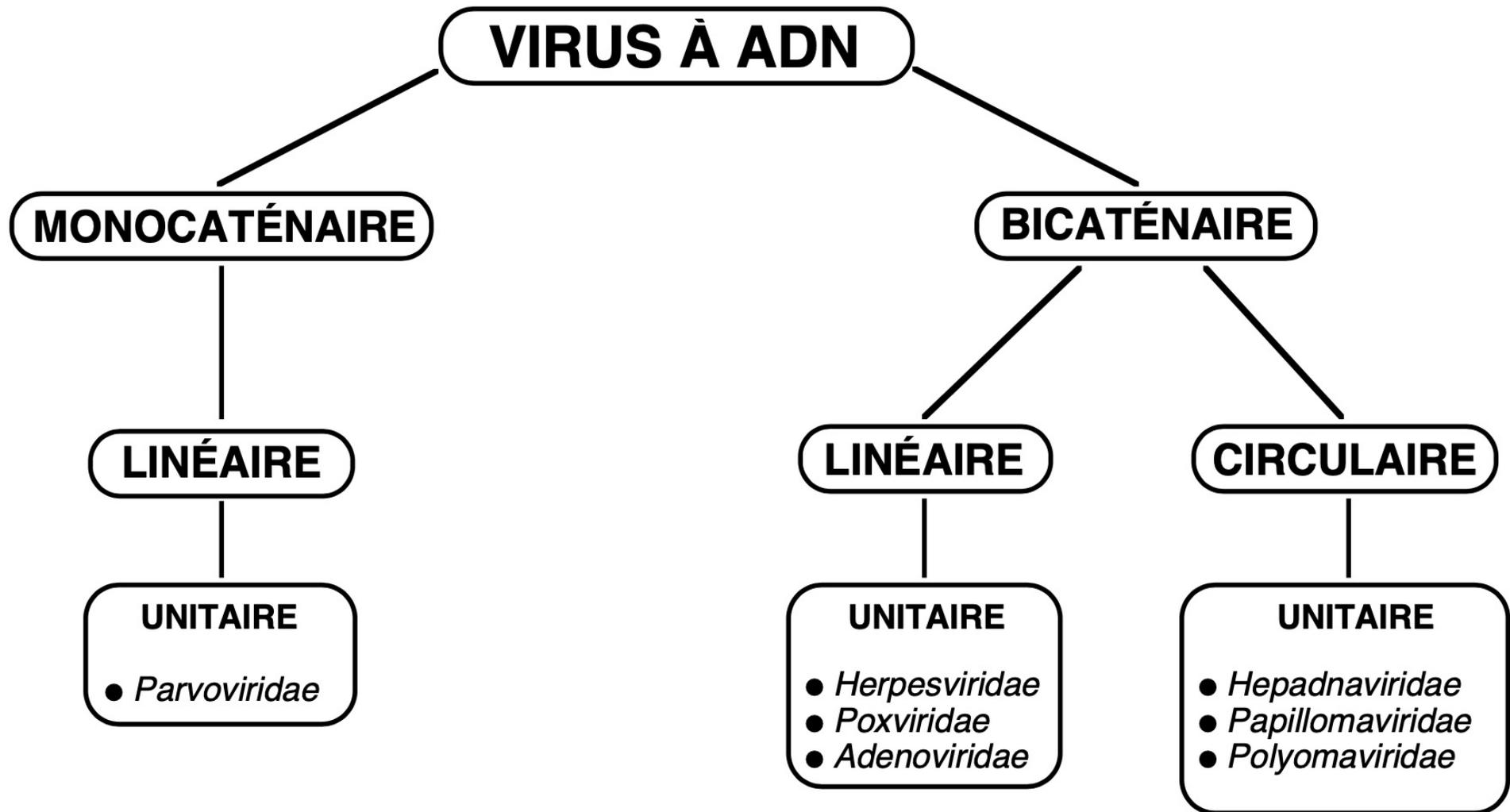
ARN : monocaténaire, bicaténaire
linéaire, circulaire
polarité positive ou négative
segmenté ou non

Disposition de l'acide nucléique dans la capside

- **Soit pelotonné** tel quel dans la capside
 - Virus de petite taille en général (*Picornaviridae*)
- **Soit associé à une ou plusieurs protéines** particulières distinctes des protéines de capside
 - Nucléoïde central ou core (*Adenoviridae* ou *Herpesviridae*)
 - Protéines internes du nucléoïde central basiques le plus souvent, neutralisant les charges acides de l'acide nucléique
 - AN-capside = neutre



Taille du génome viral : de 7,2 à 8,4 kb pour les *Picornaviridae* à 20 à 30 kb pour les *Coronaviridae*



Taille du génome viral : de 5,1 kb (8 protéines) pour les *Polyomavirus* de la famille des *Polyomaviridae* à 375 kb (300 protéines) pour les *Poxviridae*

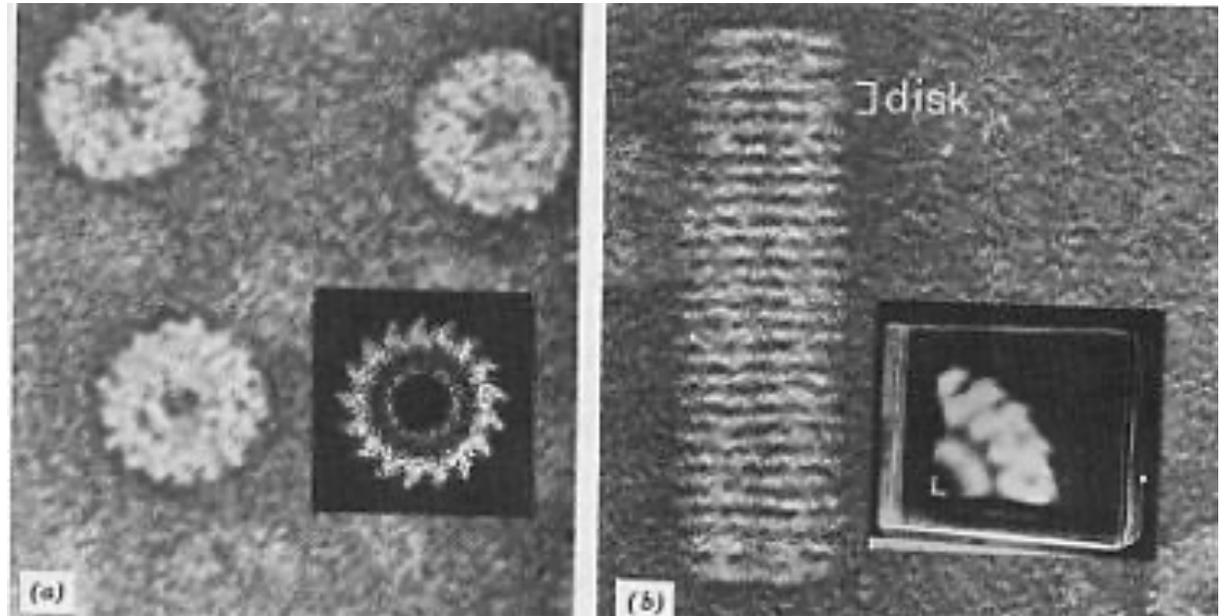
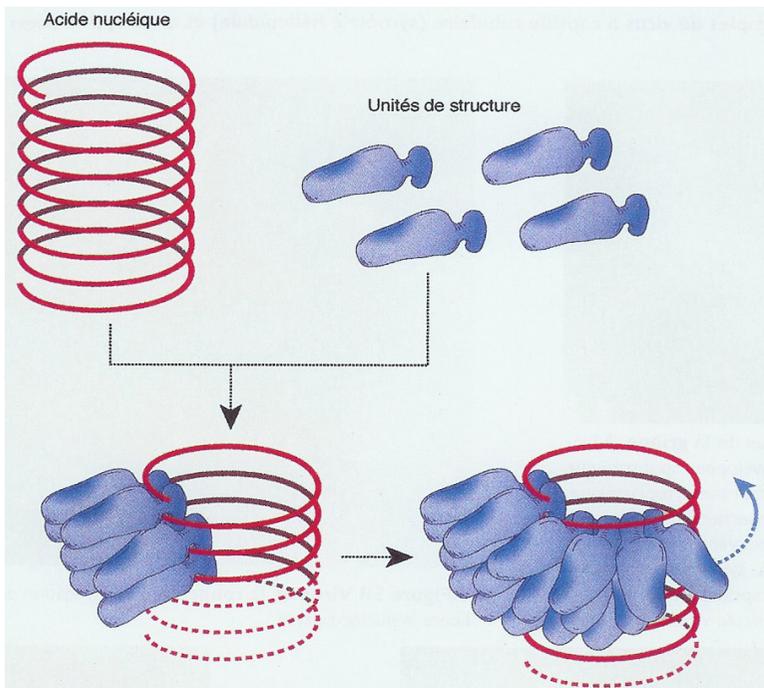
G + C % : proportion de bases guanine et cytosine dans le génome viral, exprimée en pourcentage

II.2 - La capside

- De nature protéique, entourant le génome ou le core
- Constituée de protéines de structure appelées unités de structure (US)
- Auto-assemblage des US selon des arrangements réguliers selon 2 types de symétrie :
 - Hélicoïdale
 - Icosaédrique

1- Capside à symétrie hélicoïdale

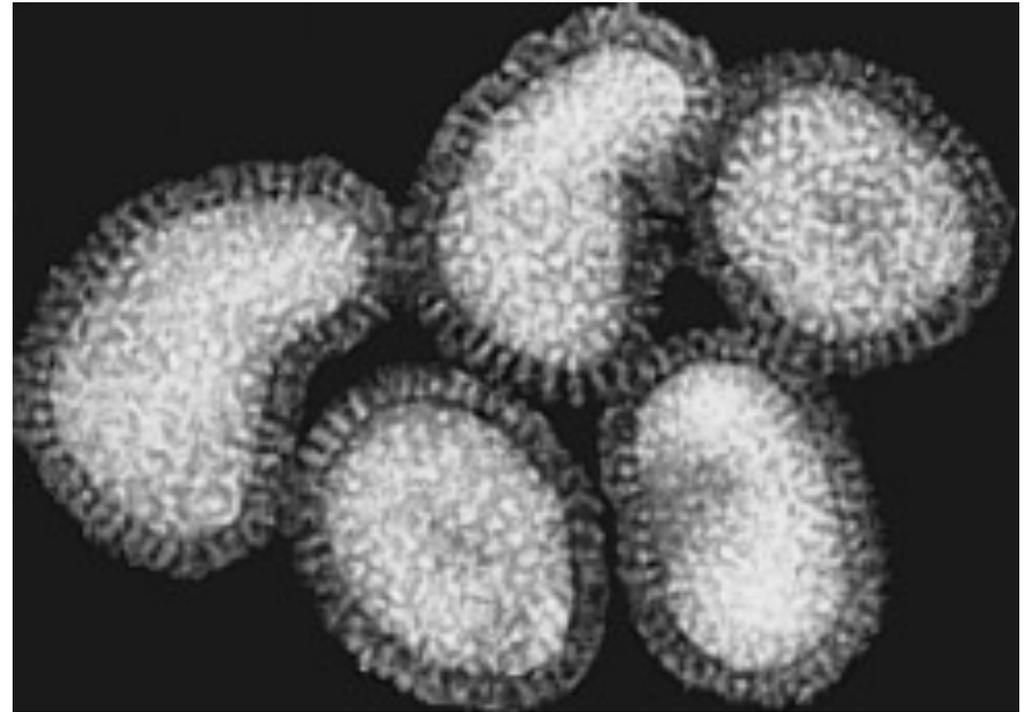
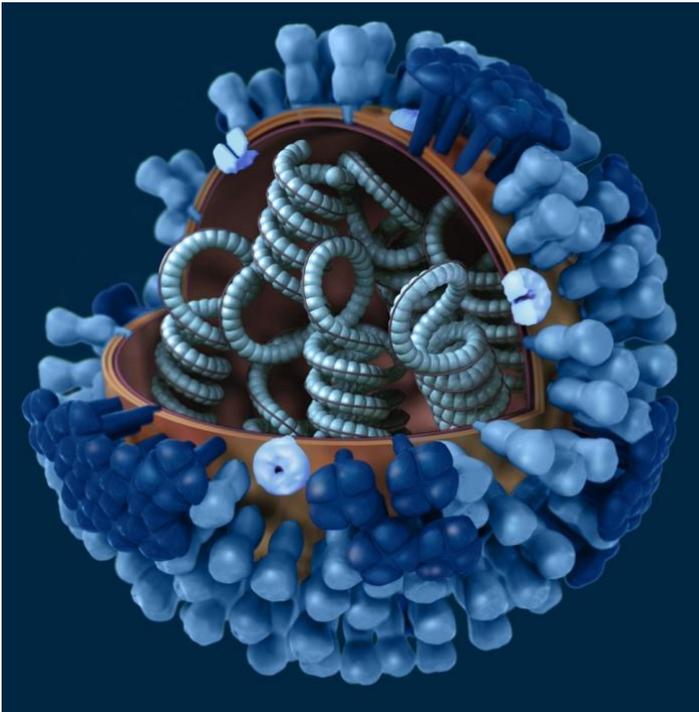
1- Modèle : capsid du virus de la mosaïque du tabac



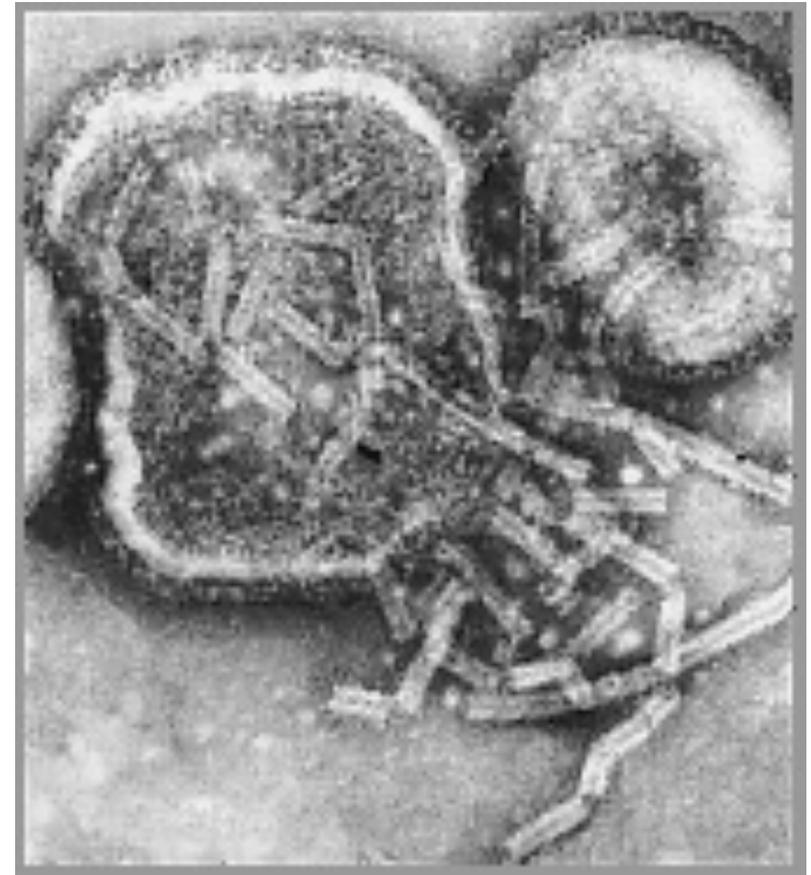
(d'après J. M Huraux, Virologie médicale, ESTEM 2003)

2- Capside hélicoïdale des virus animaux

Virus de la grippe
(famille des *Orthomyxoviridae*)



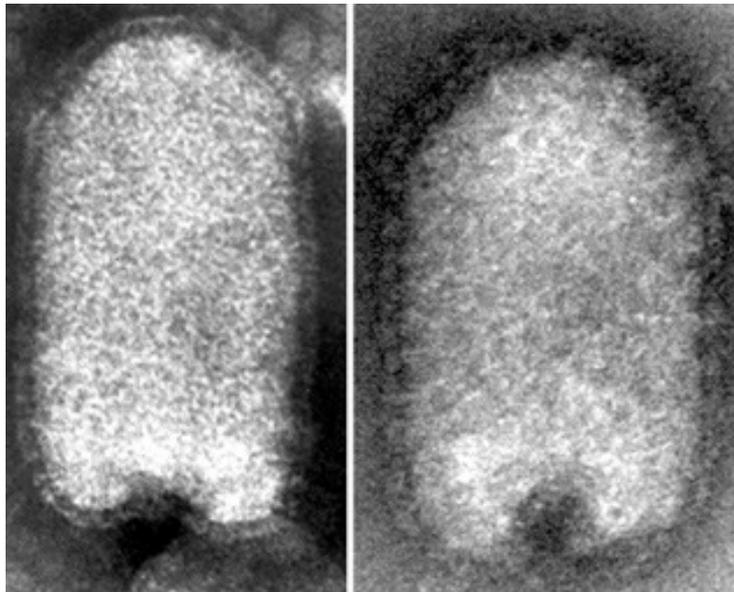
Virus *Parainfluenza* libération de la nucléocapside



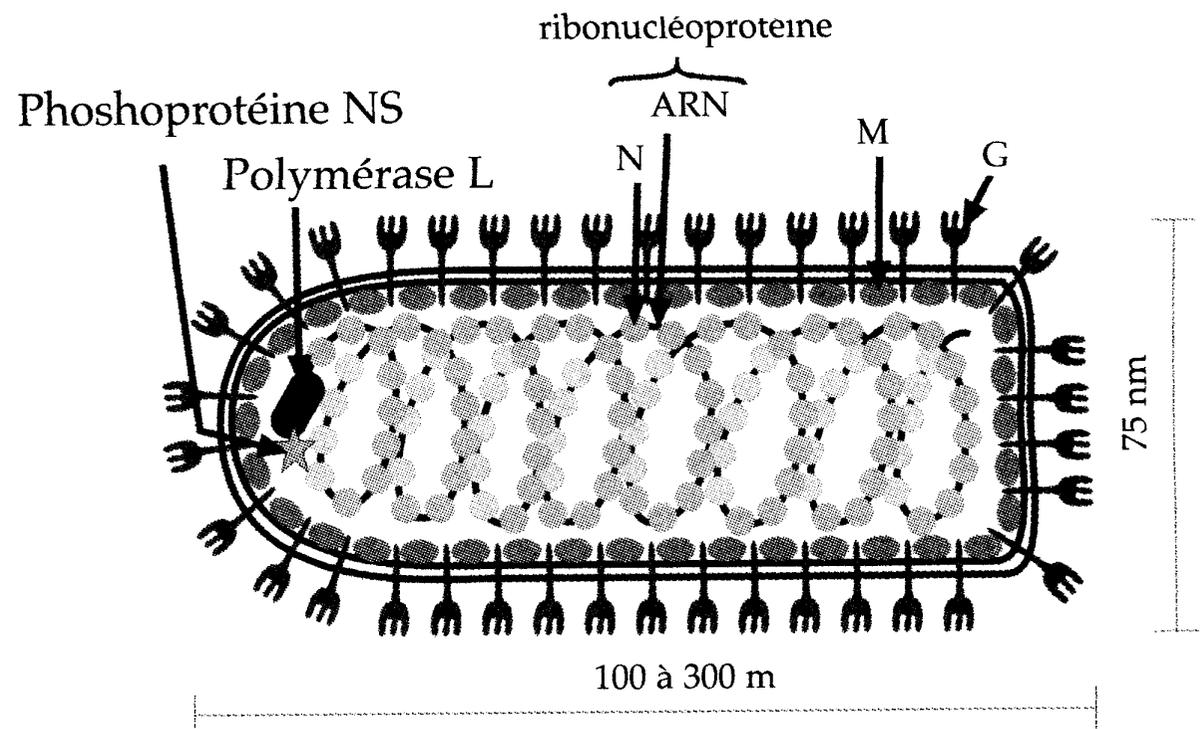
Virus de la rage



microscopie électronique



Structure du virion

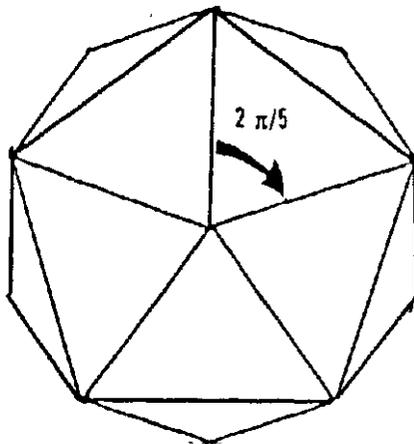


2- Capside icosaédrique (à symétrie cubique)

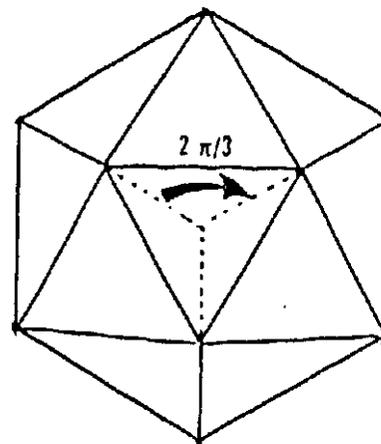
L'icosaèdre

= polyèdre régulier

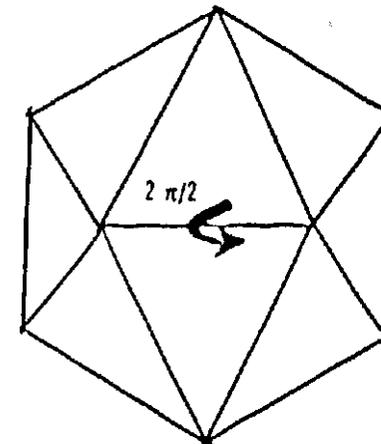
- * 12 sommets
- * 20 faces qui sont des triangles équilatéraux
- * 30 arêtes



(a) Vu par un sommet

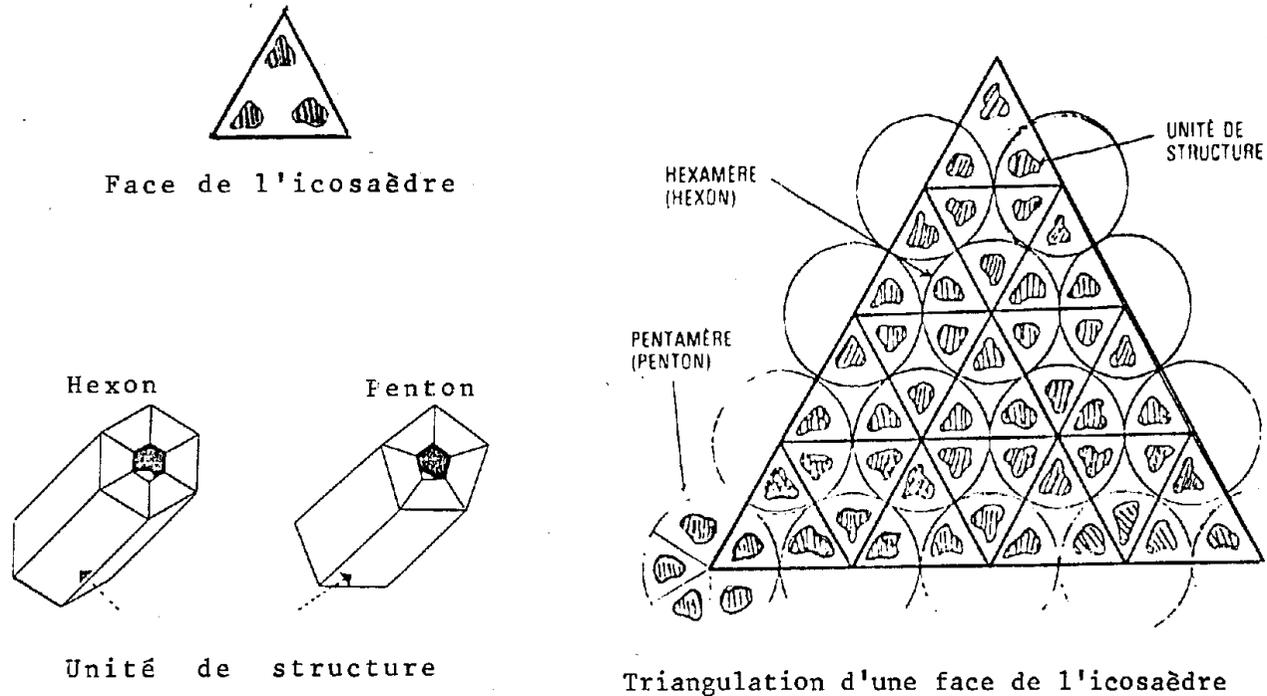


(b) Vu par une face



(c) Vu par une arête

Organisation générale



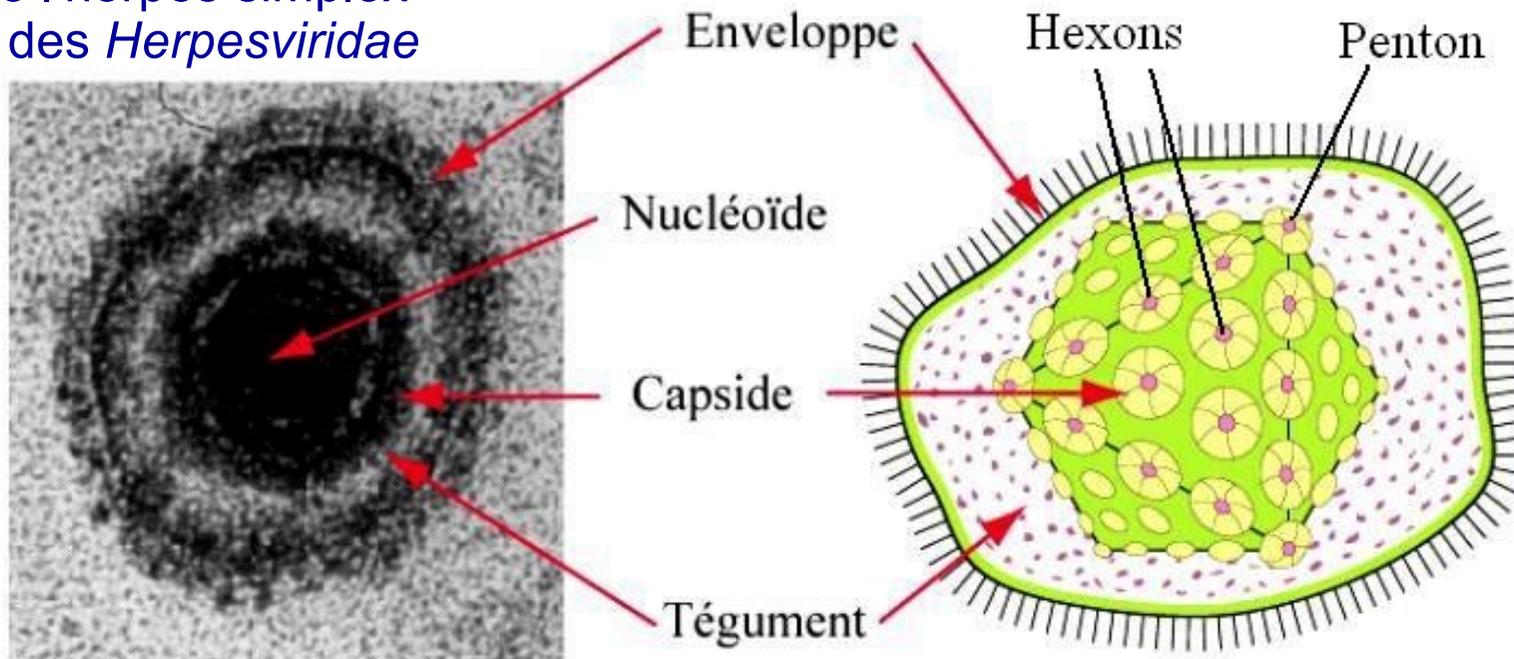
- ➡ 1 US à chaque angle du triangle équilatéral $\Rightarrow 3 \times 20 = 60$ US
 - ➡ 1 face \Rightarrow constituée de plusieurs facettes = icosadeltaèdre
 - ➡ 1 US à chaque angle de chaque facette $\Rightarrow 3$ US
- Si T = Nombre de facettes par face
- 20 faces $\Rightarrow 20 \times T$ = Nombre total de facettes
- 3 US / facette $\Rightarrow 3 \times 20 \times T = 60 T$ = Nombre total d'US

LES CAPSOMERES

Capsomères = association des US (unités de structure)

- **par 5** = pentons ou pentamères, situés aux sommets de l'icosaèdre
- **par 6** = hexons ou hexamères, situés au niveau des faces et des arêtes quand le nombre de triangulation est >1

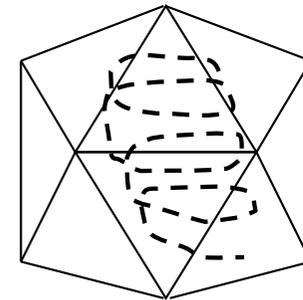
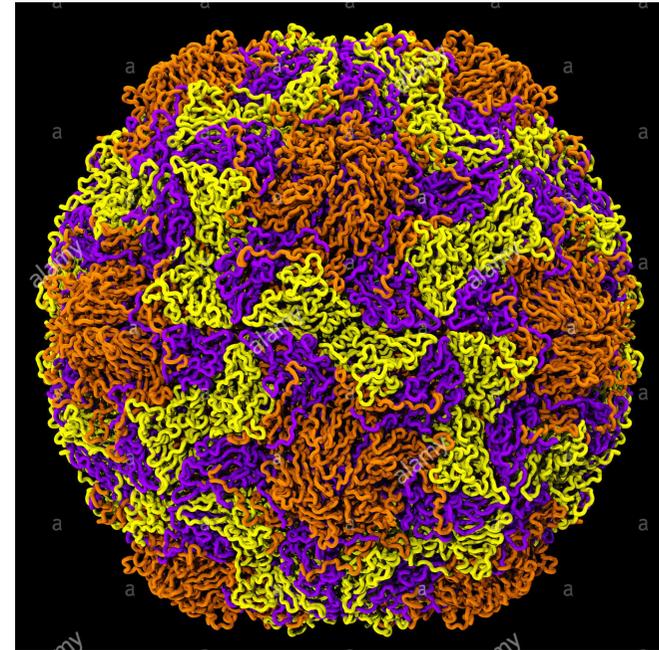
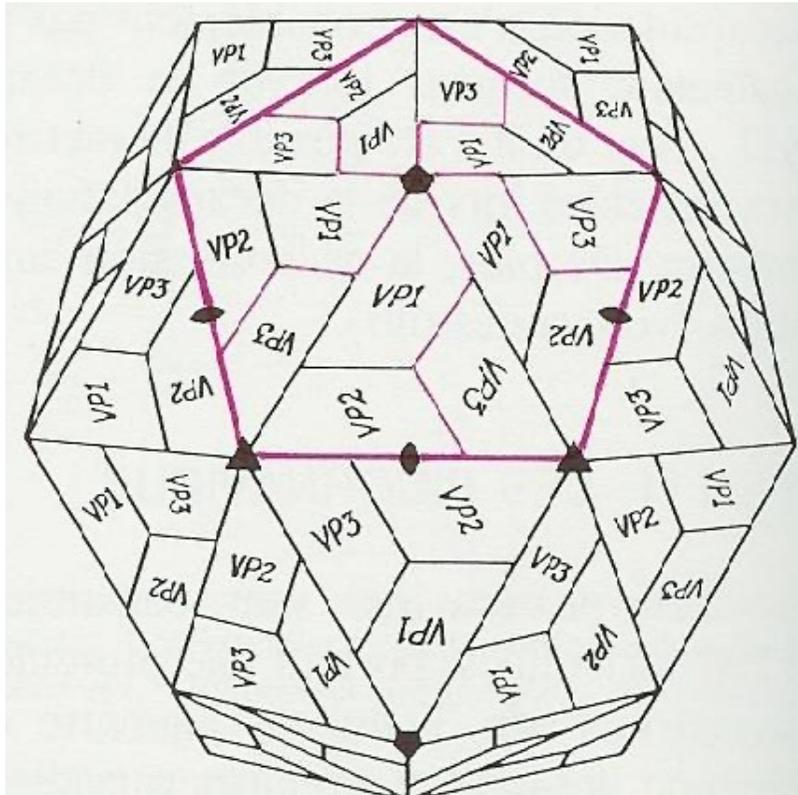
Virus de l'herpès simplex
Famille des *Herpesviridae*



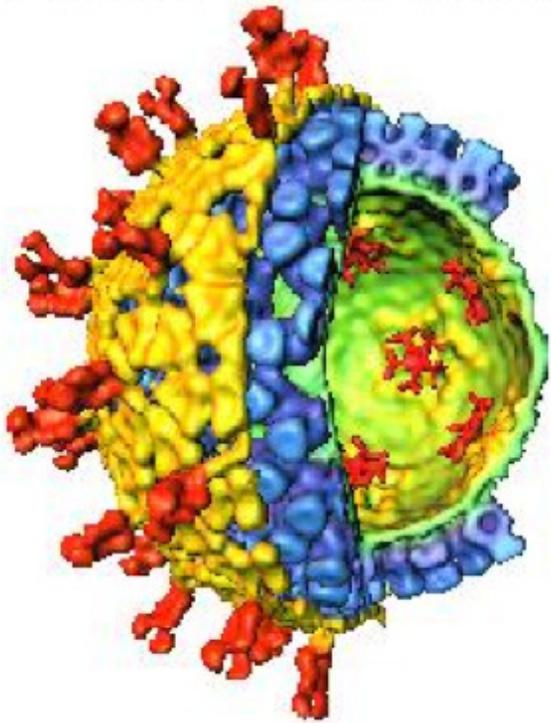
(d'après J. M Huraux, Virologie médicale, ESTEM 2003)

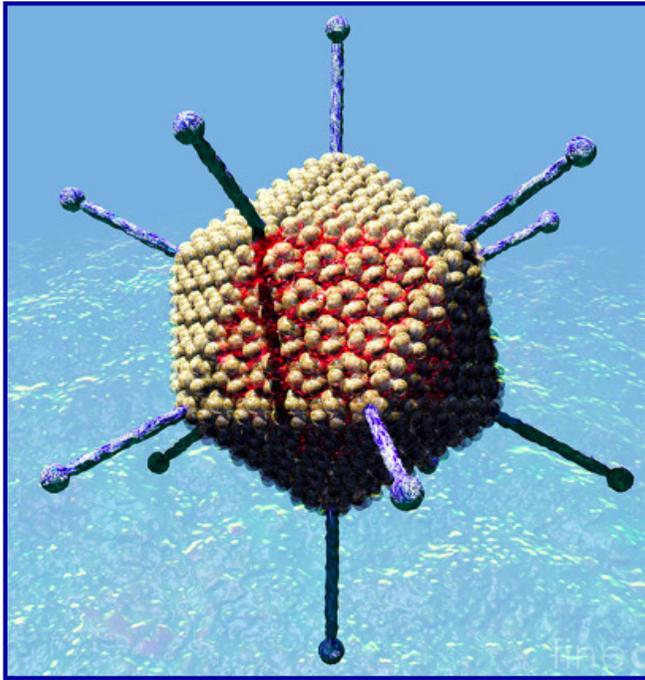
Rhinovirus HRV14

Famille des *Picornaviridae*



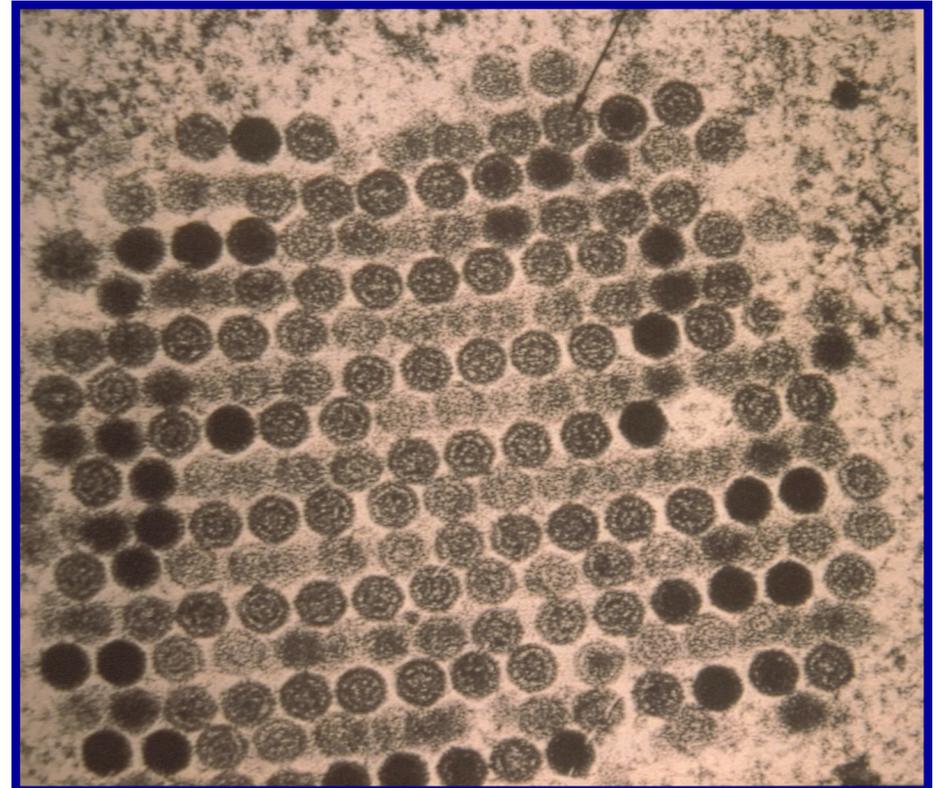
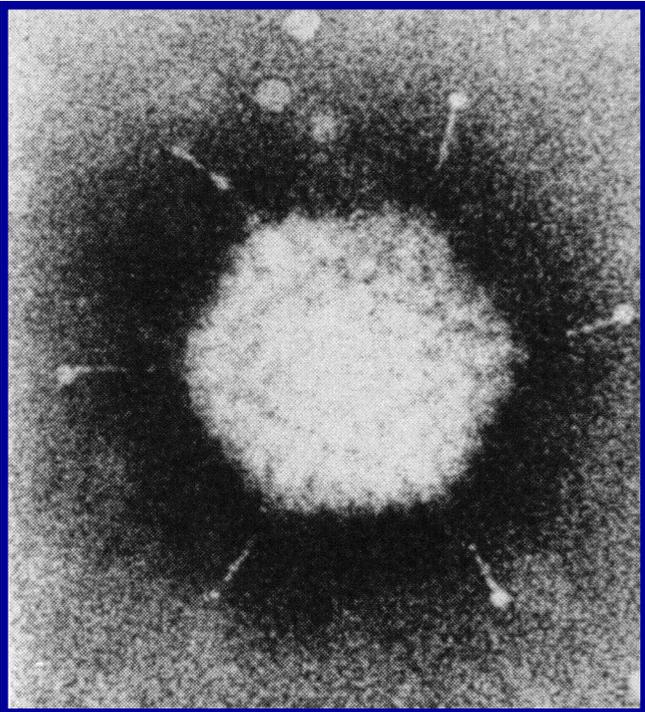
Rotavirus (famille des *Reoviridae*)





Adénovirus

Famille des *Adenoviridae*



II.3 - L'enveloppe

- **Élément facultatif** n'existant pas chez tous les virus
- **Virus animaux à capsidе hélicoïdale** ⇒ tous enveloppés : *Orthomyxoviridae*, *Paramyxoviridae*, *Rhabdoviridae*
- **Virus animaux à capsidе icosaédrique**
 - soit nus : *Picornaviridae*
Adenoviridae
 - soit enveloppés : *Herpesviridae*
Togaviridae

1 - Origine de l'enveloppe

Cellulaire acquise au cours de la multiplication du virus, aux dépens de certaines membranes de la cellule

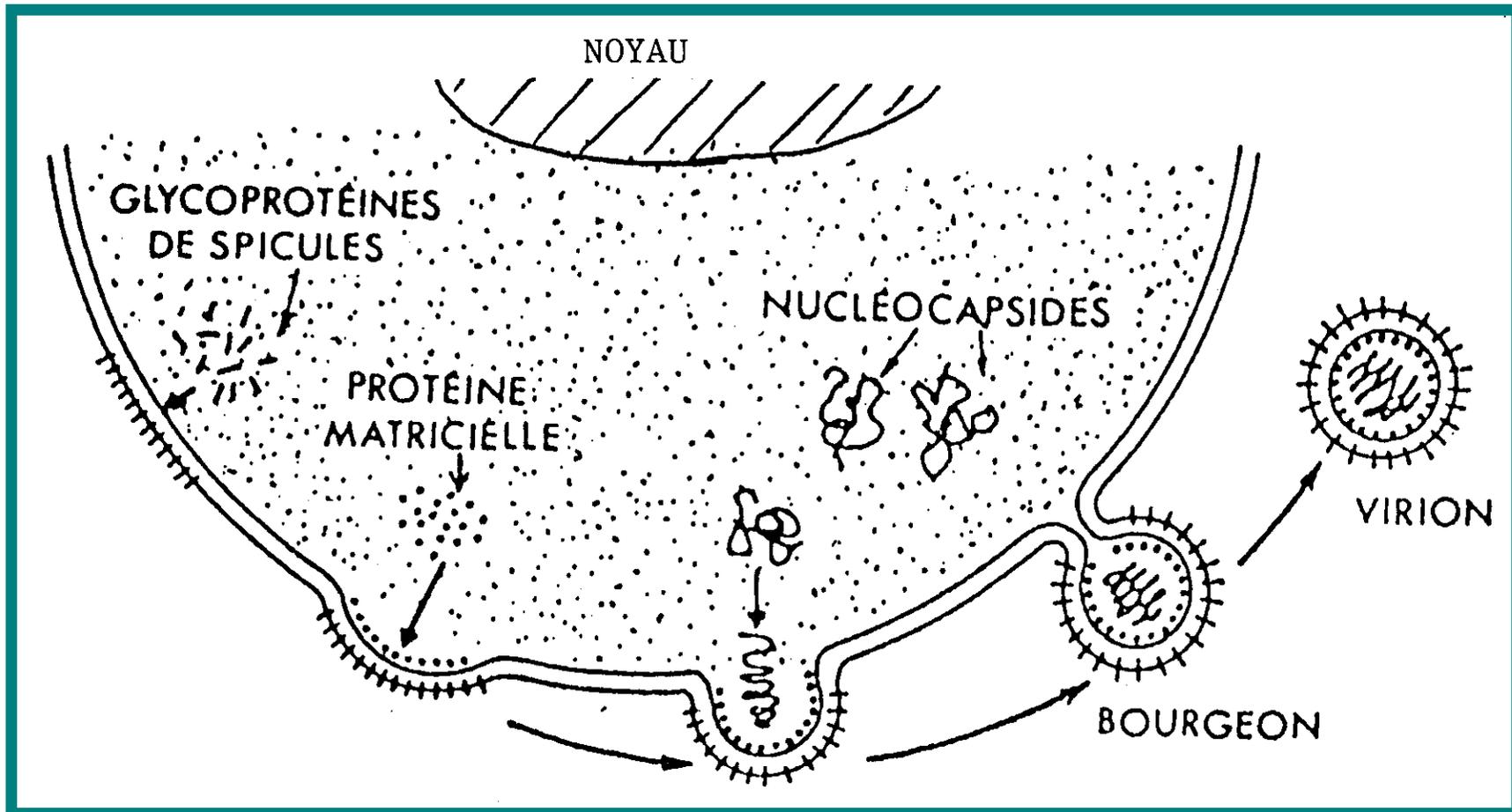
- ***Herpesviridae*** : membrane nucléaire (puis membranes intracytoplasmiques)
- ***Togaviridae*** : membrane intracytoplasmique (réticulum endoplasmique ou appareil de golgi)
- ***Orthomyxoviridae, Paramyxoviridae*** : membrane plasmique

Virale - Protéines appelées péplomères codées par le génome viral, se fixant dans les membranes cellulaires, au moment de la morphogénèse du virion

- Glycoprotéines : spicules de surface

2 - Formation de l'enveloppe

👉 exemple du virus de la grippe



3 - Composition chimique

Lipides provenant de la cellule-hôte \Rightarrow virus enveloppés sensibles aux solvants des lipides (éther), à la chaleur, aux sels biliaires

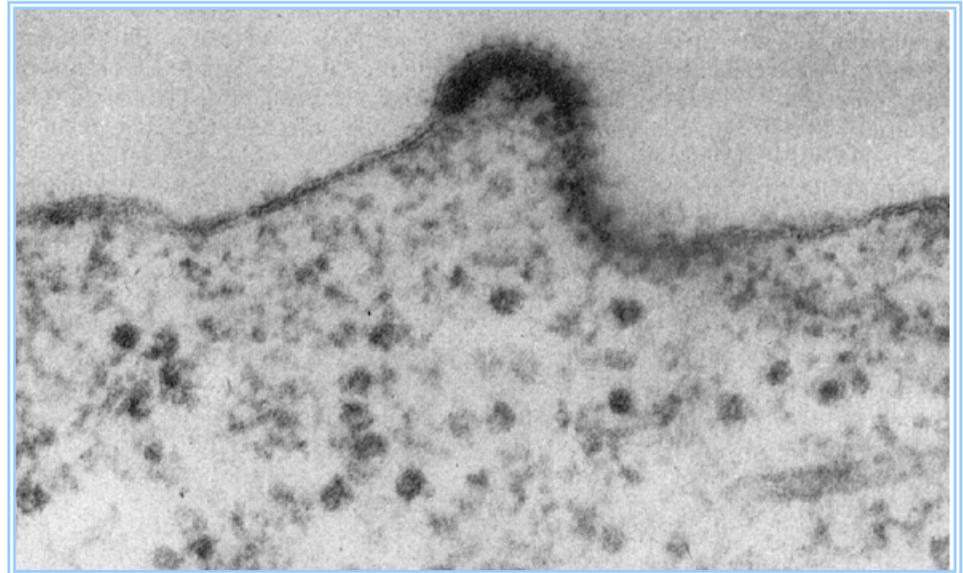
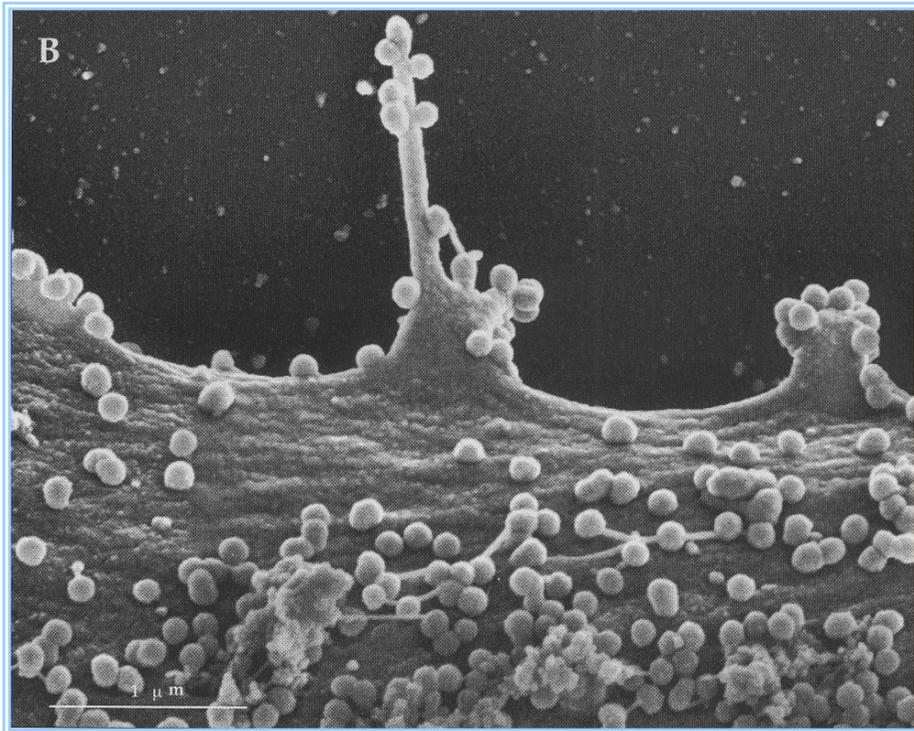
Glucides sous forme de glycolipides ou glycoprotéines, synthétisés par la cellule

Protéines et glycoprotéines codées par le virus = Ag \Rightarrow formation d'Ac spécifiques

Acquisition
d'une
enveloppe par
le virus de la
rage



Bourgeonnement d'une particule de VIH-1 à la surface d'un lymphocyte infecté



Bourgeonnement
d'une particule de
VIH-1 à la surface
d'un lymphocyte
infecté



4 - Conséquences de la présence d'une enveloppe

☞ **Conditionne la taille et la morphologie du virus**

⇒ virus enveloppés grossièrement sphériques

exceptions : famille des *Rhabdoviridae* (Virus de la rage) ⇒ forme d'un obus, famille des *Filoviridae* (virus Ebola) ⇒ filamenteux

☞ **Rôle dans**

- le pouvoir infectieux fixation sur les cellules par les protéines de l'enveloppe

- le pouvoir antigénique, suscitant la formation d'anticorps

- fragilité des virus enveloppés : sensibilité à différents agents physiques et chimiques, dessiccation...

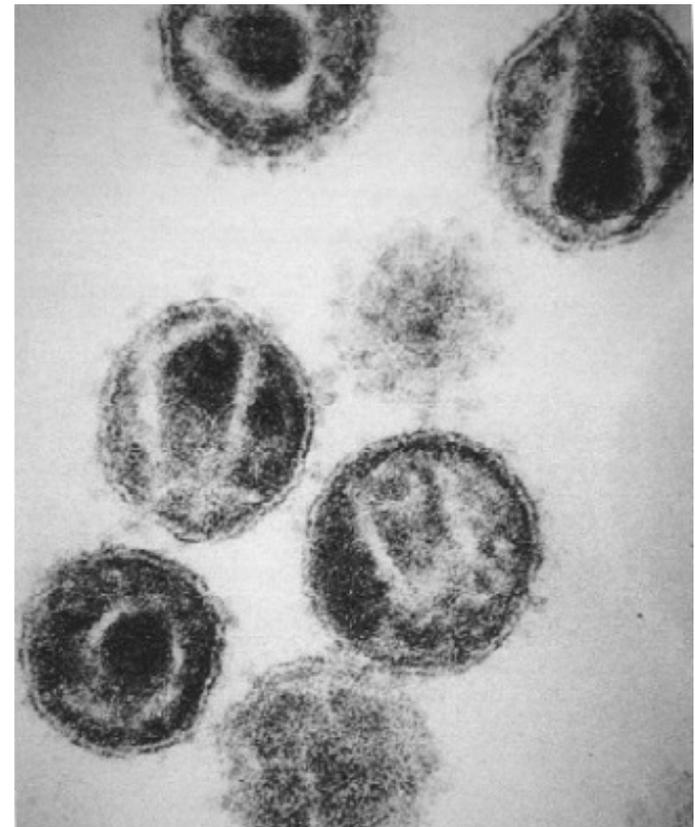
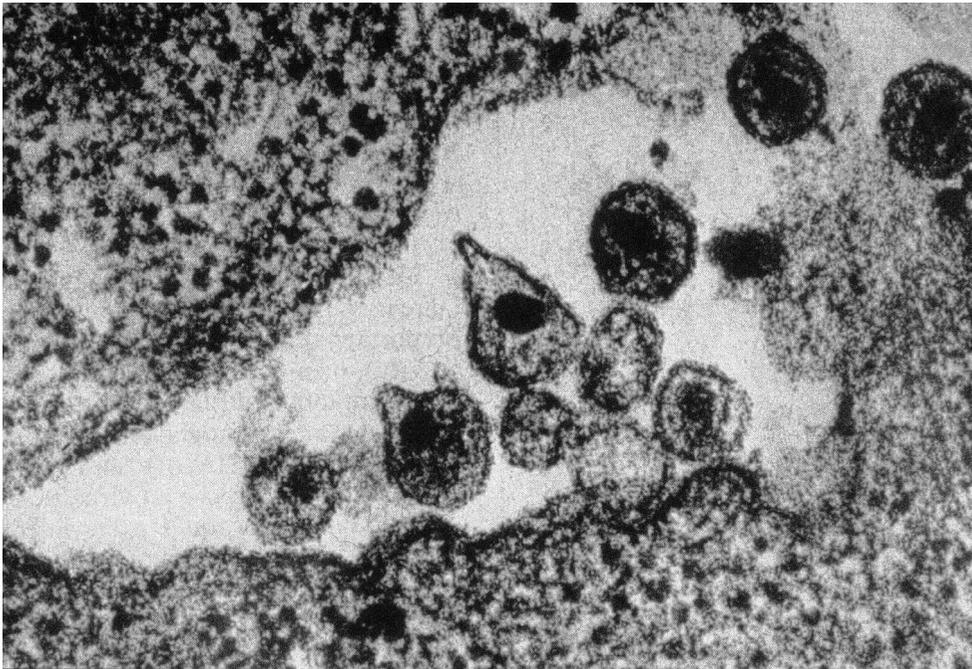
- L'épidémiologie : voies de transmission, résistance du virus dans l'organisme

➤ ***Virus nus plus résistants que les virus enveloppés***

II.4 - Virus à structure complexe

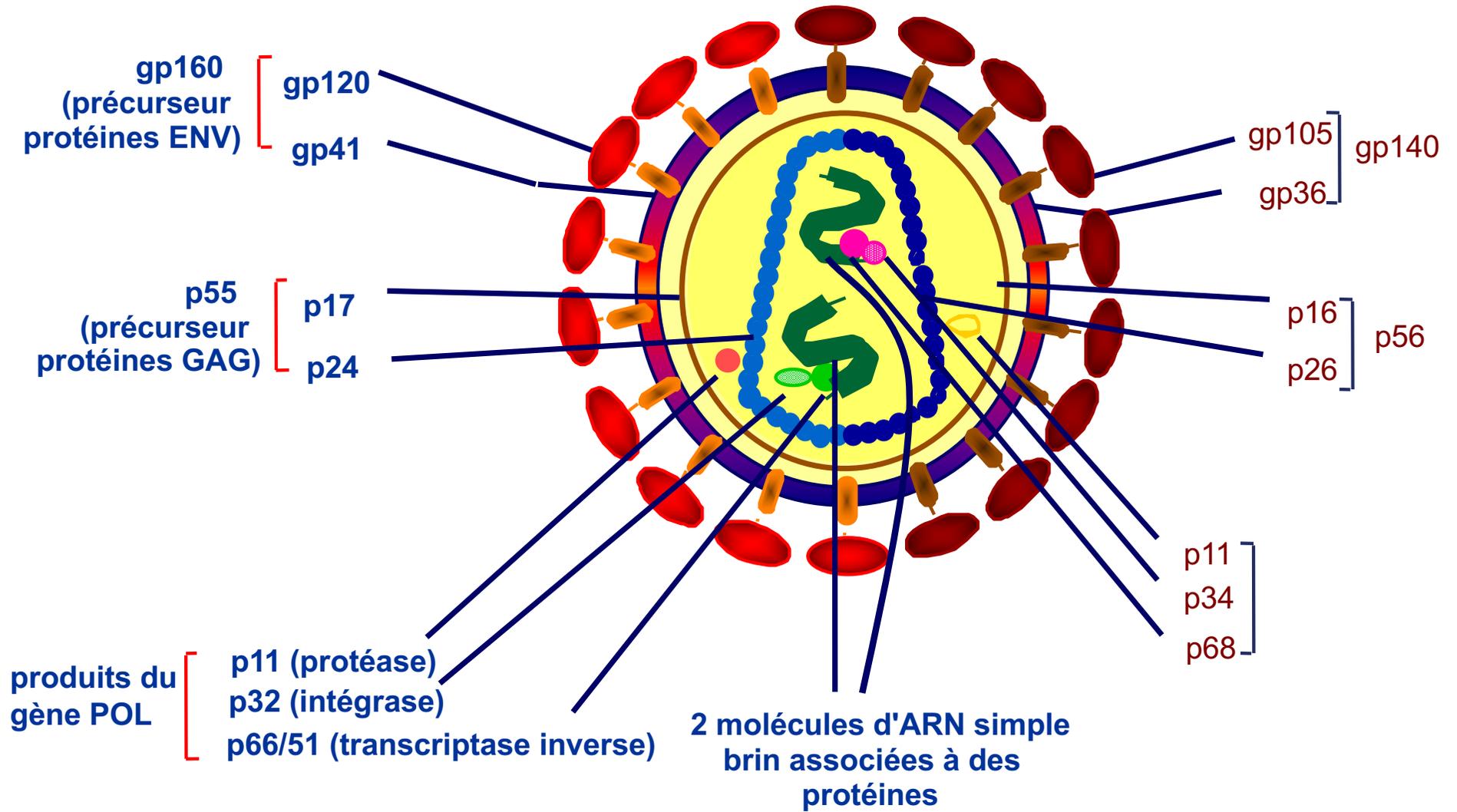
Virus de l'immunodéficience humaine

Famille des *Retroviridae*



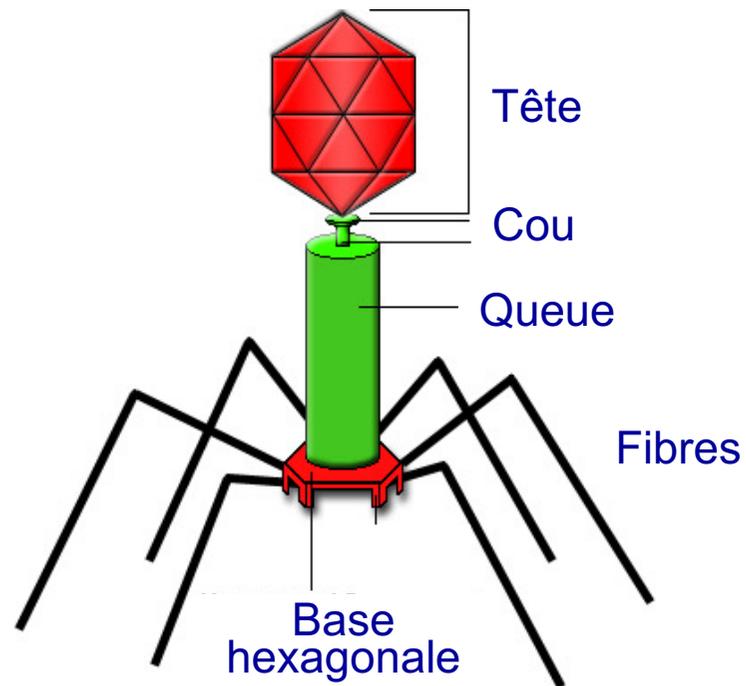
VIH-1

VIH-2

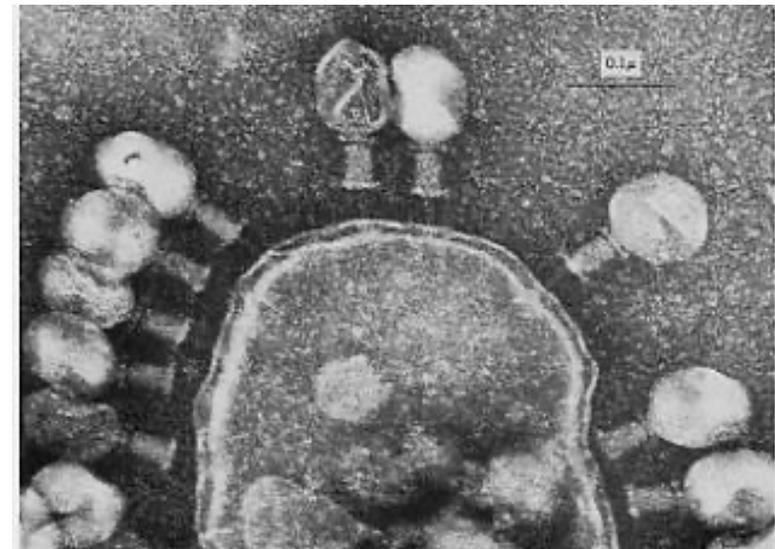
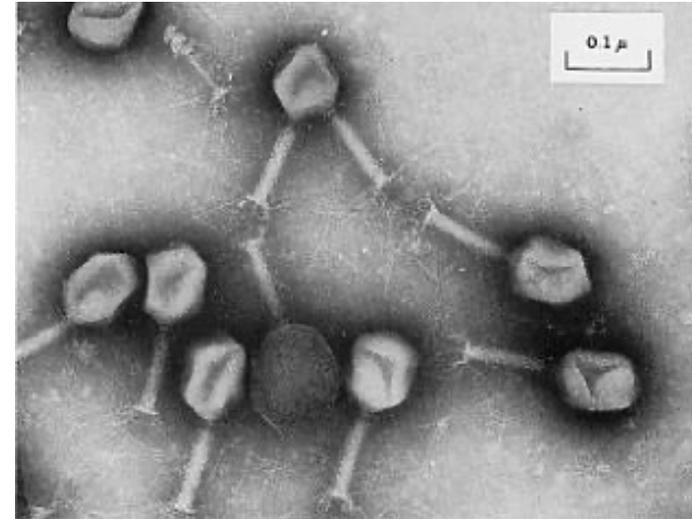


Bactériophages

- Virus des bactéries
- Génome ADN ou ARN



Phages T4



Principaux type d'infections phagiques

Cycle lytique : phage virulent \Rightarrow lyse de la bactérie infectée

- Adsorption sur la cellule bactérienne : extrémité caudale
- Pénétration de l'acide nucléique :
 - holines \rightarrow lyse de paroi
 - contraction de hélice externe

- Phase d'éclipse :

ARN polymérase bactérienne (transcriptase)

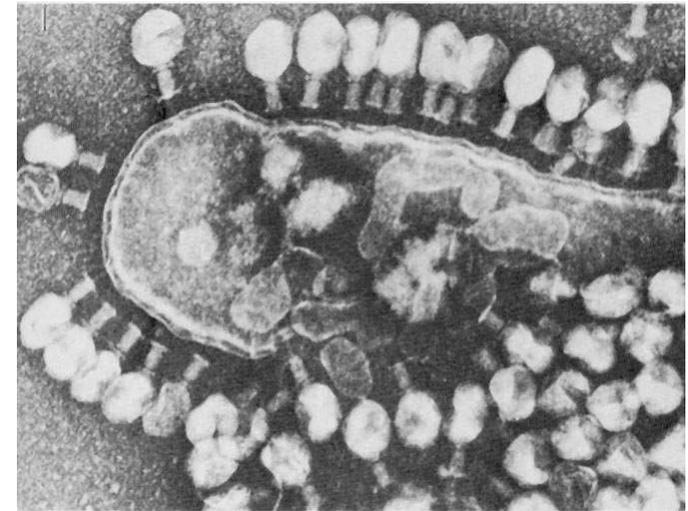
\Rightarrow ARNm phagiques \Rightarrow Enzymes phagiques

\Rightarrow Réplication de ADN phagique

\Rightarrow Protéines de capsid phagique

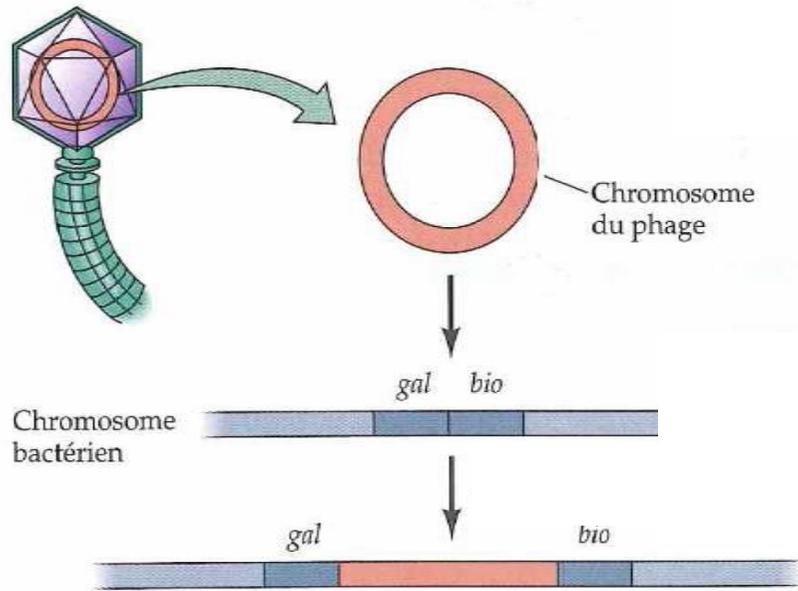
- Phase d'assemblage (ADN + protéines phagiques)

\Rightarrow lyse



Cycle réductif : lysogénéisation

- Phage tempéré (phage λ d'*Escherichia coli*) viral



- Intégration dans le chromosome bactérien = **Prophage**
- Bactérie **lysogène**

- **Induction** : le prophage est excisé et reprend sa multiplication **cycle lytique**

Conséquences de la lysogénéisation

- Conversion lysogénique : acquisition de nouveaux caractères codés par un/des gènes phagiques
 - *Corynebacterium diphtheriae* : toxine codée par gène phagique
 - *Streptococcus pyogenes*, groupe A : scarlatine -> toxine codée par gène phagique



angine



scarlatine



III - Classification des virus

III.1 - Bases de la classification

Nature de l'Acide Nucléique

- * ADN ou ARN
- * Mono ou bicaténaires
- * le Poids Moléculaire
- * la forme = linéaire ou circulaire
- * la séquence nucléotidique (construction d'arbres phylogénétiques)

Symétrie de la capside

- * hélicoïdale (diamètre)
- * icosaédrique (nombre de capsomères)

Présence ou non d'une enveloppe

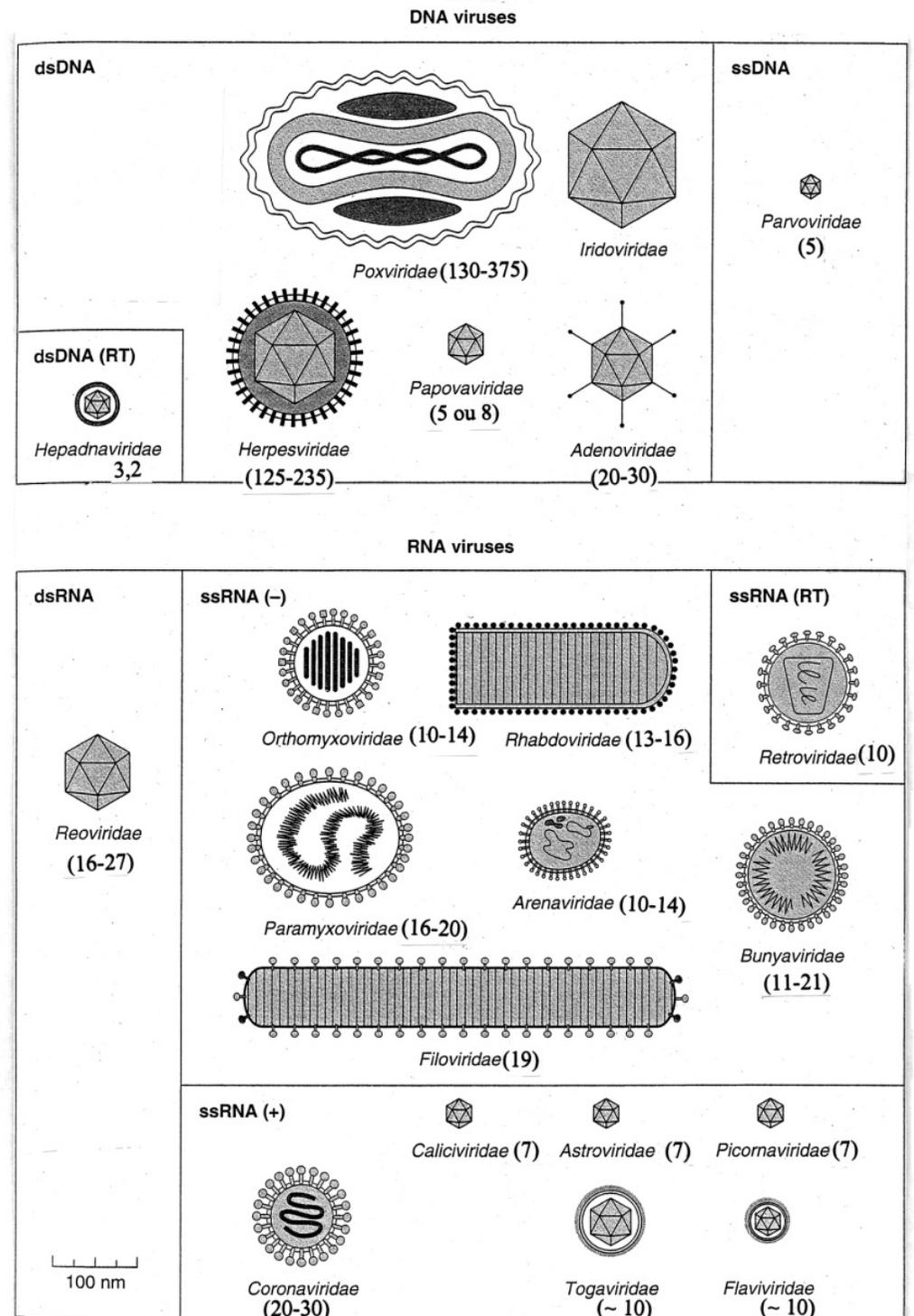
III.2 - Règles de taxonomie

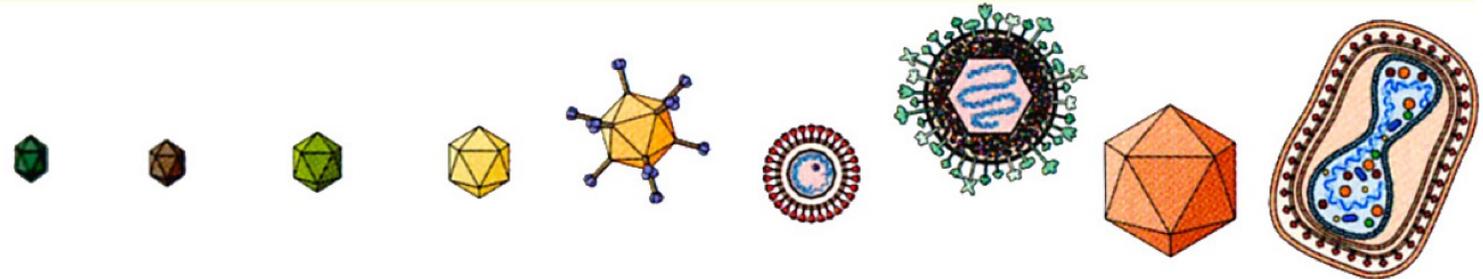
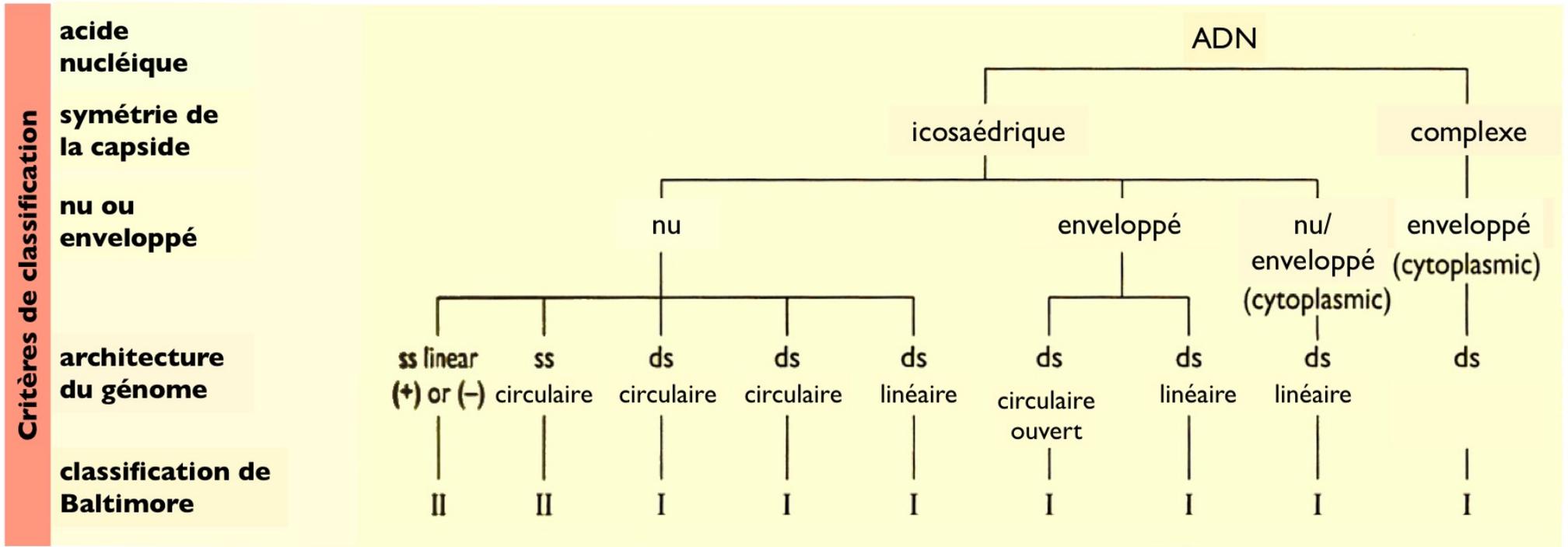
Taxonomie	Suffixe	Exemple
Ordre	<i>virales</i> (gpe de familles apparentées)	<i>Herpesvirales</i>
Famille	<i>viridae</i>	<i>Orthoherpesviridae</i>
Sous-famille	<i>virinae</i>	<i>Betaherpesvirinae</i>
Groupe	(ensemble de genres)	Groupe du <i>cytomegalovirus</i>
Genre	<i>virus</i>	<i>cytomegalovirus</i>
Espèce	(au sein d'un genre)	<i>Cytomegalovirus</i> <i>Humanbeta5</i> = Cytomégalovirus humain
Sérotype	Réactivité vis-à-vis d'anticorps	
Génotype	Selon séquence nucléotidique	Cytomégalovirus génotype 1

IV - Morphologie des virus

- Forme**
- Icosaédrique
 - Sphérique
 - Allongé
 - Complexe

- Taille**
- <20 - 300 nm





Propriétés	famille de virus								
	Parvo	Circo	Polyoma	Papilloma	Adeno	Hepadna	Herpes	Irido	Pox
polymérase virale	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)
diamètre du virion	18-26	12-26	40	55	70-90	42	150-200	125-300	170-200 x 300-450
taille du génome (Kpb)	5	1.8-2.3	5	7-8	36-38	3.2	120-200	150-350	130-280

Critères de classification

acide nucléique

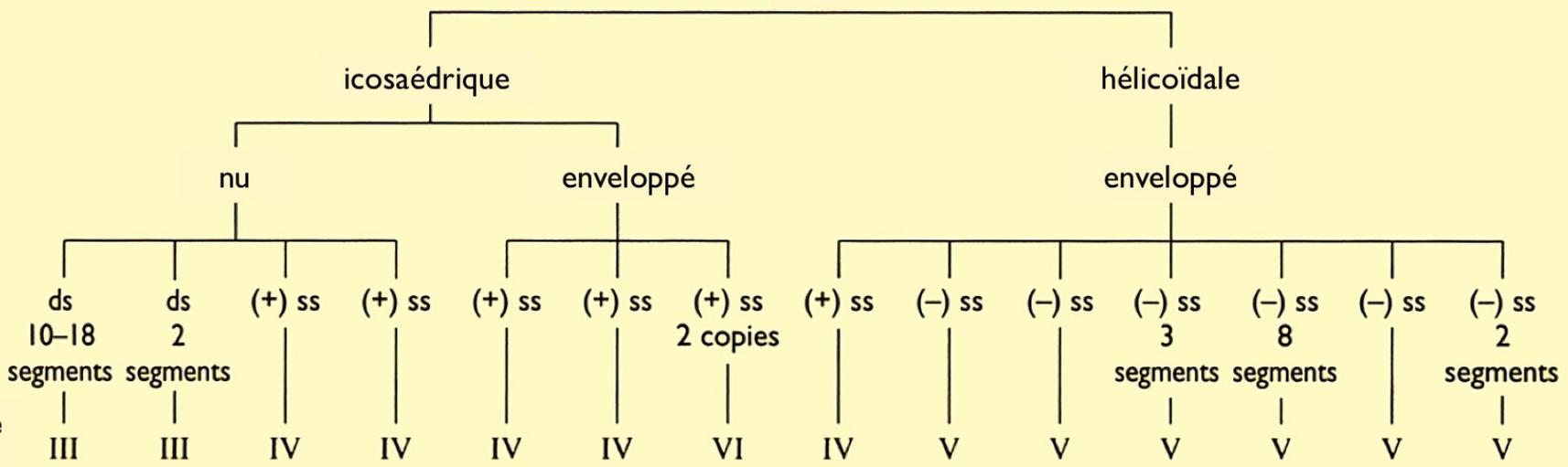
symétrie de la capside

nu ou enveloppé

architecture du génome

classification de Baltimore

ARN



Propriétés

famille de virus <i>- viridae</i>	Reo	Birna	Calici	Picorna	Flavi	Toga	Retro	Corona	Filo	Rhabdo	Bunya	Ortho- myxo	Para- myxo	Arena
polymérase virale	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
diamètre du virion	60-80	60	35-40	28-30	40-50	60-70	80-130	80-160	80 x 790-14,000	70- 85 x 130-380	90-120	90-120	150-300	50-300
taille du génome (Kpb)	22-27	7	8	7.2-8.4	10	12	3.5-9	16-21	12.7	13-16	13.5-21	13.6	16-20	10-14