

Chapitre Diapos: Etude des Virus -2026

Objectifs du cours

1) Connaitre les principaux élément structuraux des virus et leurs caractéristiques;

2) Savoir faire une classification des virus selon les éléments structuraux;

3) Acquérir des connaissances approfondies sur la biologie virale, y compris leur structure, leur réplication, leur cycle de vie, et leurs interactions avec les cellules hôtes;

4) Exploration de la diversité virale, ce qui est essentiel pour prévoir et répondre aux menaces émergentes.

Historique sur la découverte des virus

- ❑ Dimitri Ivanovski. Entre 1887 et 1892 (La mosaïque du tabac)

- ❑ Il montra que la sève des plants malades contenait un agent infectieux ultrafiltrable

6 ans plus tard / Martinus Beijerinck comprendra les conséquences de cette observation (« Contagium vivum fluidum »)

- ❑ 1ère observation des virus au ME a eu lieu en 1939

- ❑ A partir des années 60; les ont expliqués les mécanismes de réplication des virus/
diagnostic fiable et élaboration de vaccin

Introduction/ les Virus

- ❑ Forme très élaborée de parasitisme

- ❑ Ne peuvent se reproduire qu'au sein de cellules vivantes;

- ❑ Ne possédant aucun système d'énergie,
- ❑ La machinerie cellulaire est détournée à leur profit pour se répliquer et assurer leur pérennité;

- ❑ Chez l'homme, les virus peuvent être responsables de désordres complexes pouvant détruire les cellules;

- ❑ Induire des relations complexes avec le système immunitaire: conduire au sida et à la mort du sujet infecté;

- ❑ A l'aide de quelques gènes, les virus peuvent altérer et modifier les programmes de fonctions intracellulaires à leur profit.

Définition des virus

- ❑ Un virus est une entité qui nécessite une \varnothing hôte, dont il utilise les constituants pour se multiplier.

Selon André Lwoff 1953 : Les virus sont des agents infectieux possédant 1 seul type d'acide nucléique (ADN ou ARN), ne pouvant se reproduire qu'à l'intérieur d'une cellule, en la parasitant. Ce sont donc des parasites intracellulaires obligatoires

En dehors d'une \varnothing vivante, le virus existe sous la forme d'une particule virale appelée **virion** de taille (15 et 300 nm).

Le **virion** est la forme que prend le virus lorsqu'il est en dehors de la cellule hôte, prêt à infecter une nouvelle cellule (à ne pas confondre avec **prion**)

Mode de transmission des virus

Les virus sont transmis par :

Sécrétions biologiques

- ❖ sécrétions respiratoires (Virus de la grippe, rougeole)
- ❖ sécrétions intestinales (Virus de l'hépatite A, entérovirus)
- ❖ au niveau de la peau (virus de la varicelle et du zona VZV)
- ❖ tractus urogénital (virus du sida : V.I.H)
- ❖ salive (virus des oreillons : infectant les glandes salivaires)

D'autres voies

- ❖ Transmission mère enfant : (Trans-placentaire, durant l'accouchement, allaitement)
- ❖ Transmission iatrogènes : (transfusion, greffes, actes de soins : chirurgie, endoscopie)
- ❖ Par comportement sociaux : (toxicomanie, sexuellement, tatouage, piercing....)

Les coronavirus émergents

SARS: **S**evere **A**cute **R**espiratory **S**yndrome virus

MERS: **M**iddle **E**ast **R**espiratory **S**yndrome virus

2003 : **SARS-CoV**

2012 : **MERS-CoV**

2020 : **SARS-CoV-2**

3 coronavirus émergents
associés à des
épidémies mortelles

Quelques propriétés des virus

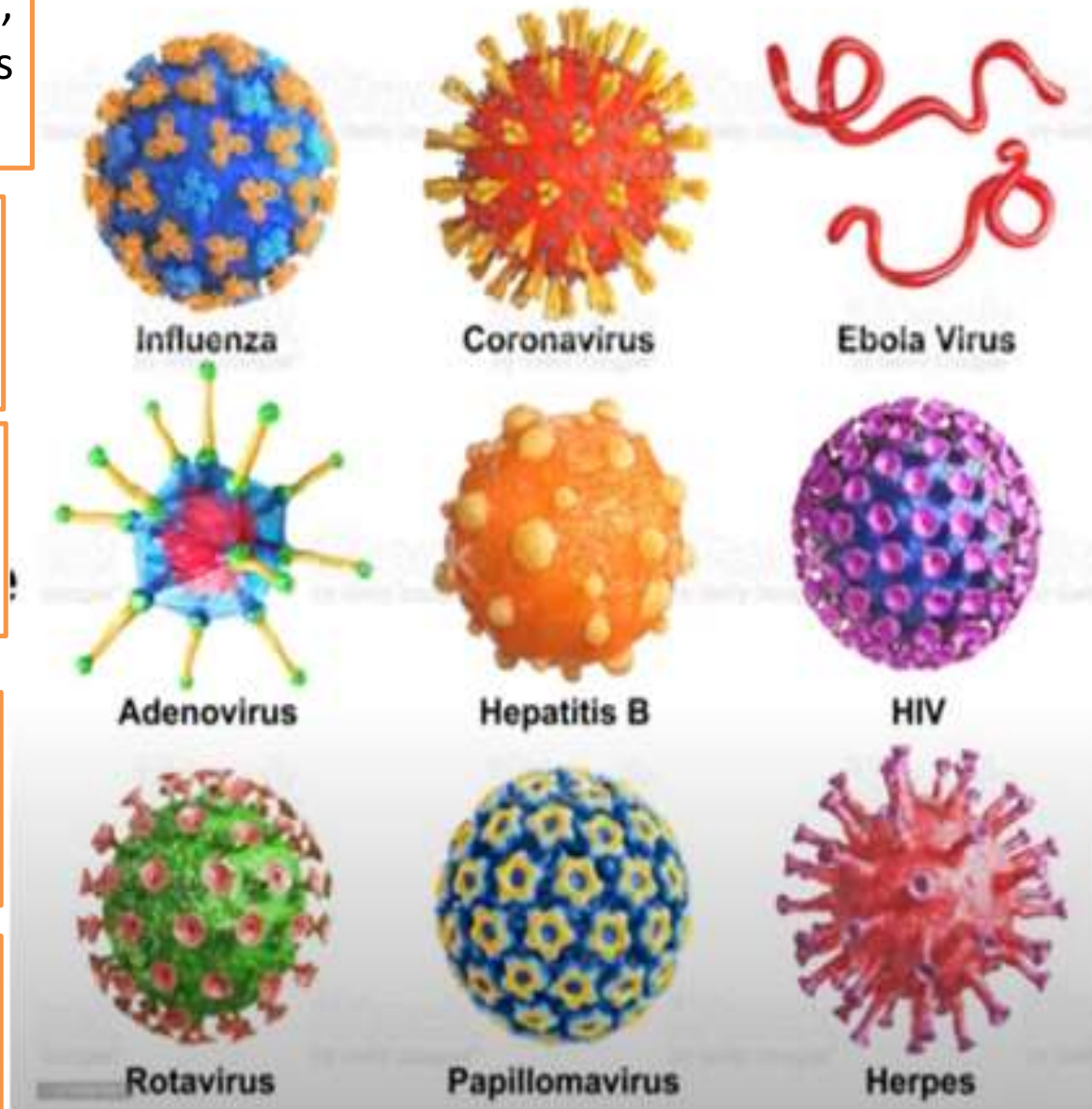
☐ Infectent les êtres animaux, végétaux, bactériens (phages)

☐ Pas d'aspect structurel de type cellulaire

☐ Ce sont des particules beaucoup plus petites que les bactéries

☐ Matériel génétique ADN ou ARN entouré par la capside

☐ Aucune fonction vitale en dehors d'une cellule



Composants moléculaires des virus

- ❑ Acide nucléique (génome viral) : ARN ou ADN (mono ou bicaténaire)

Ils codent les protéines virales essentielles comme les protéines structurales (capside, enveloppe) et les enzymes virales (ARN polymérase, transcriptase inverse, etc.).

Exemples :

- ✓ ADN double brin : Herpesvirus
- ✓ ARN simple brin à polarité positive : Coronavirus
- ✓ ARN simple brin rétrotranscrit : VIH

Forme du génome viral : Le génome peut prendre plusieurs configurations :

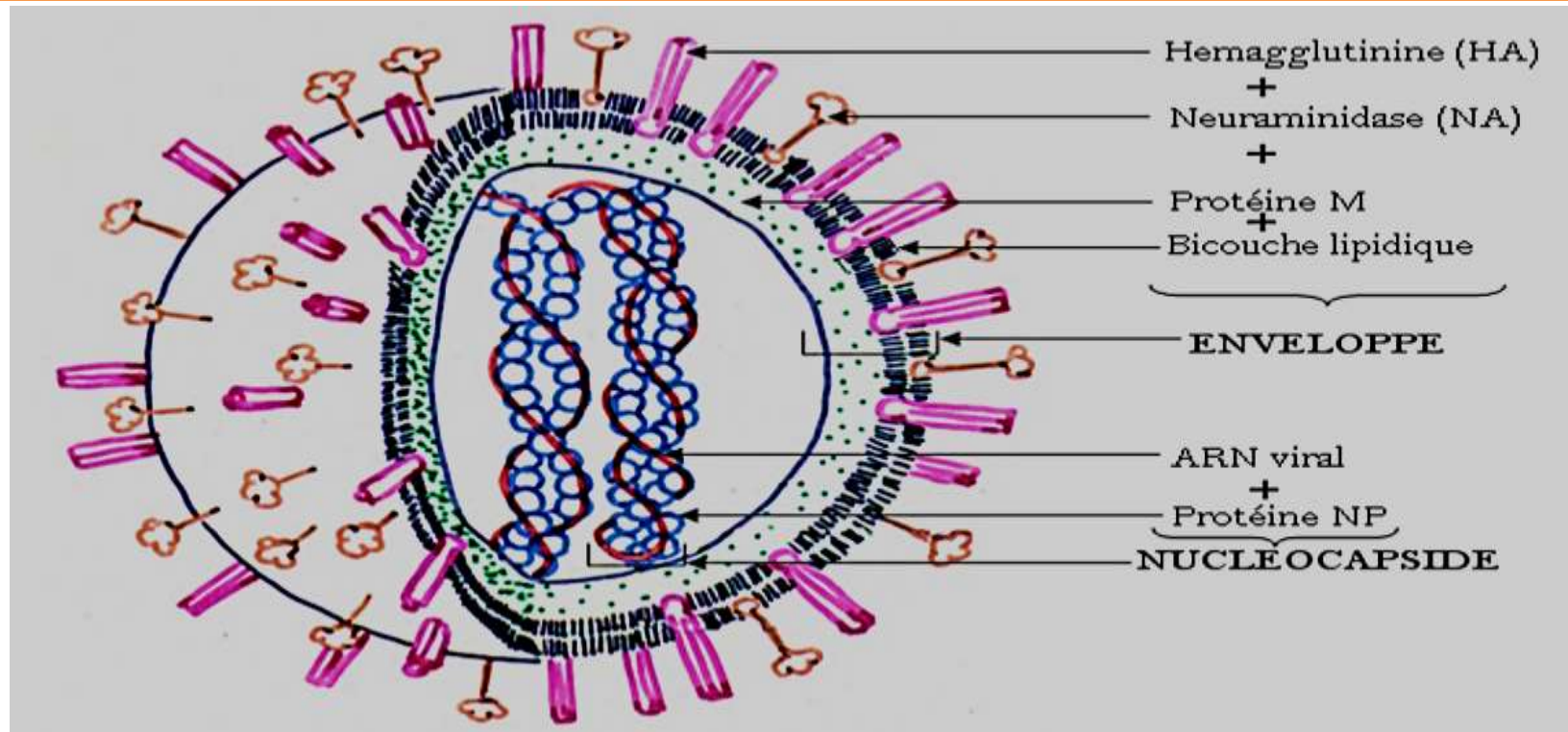
Linéaire : virus de la variole.

Circulaire : virus de l'hépatite B.

Segmenté : le génome est divisé en plusieurs fragments (exemple : virus de la grippe avec 8 segments d'ARN).

Capside

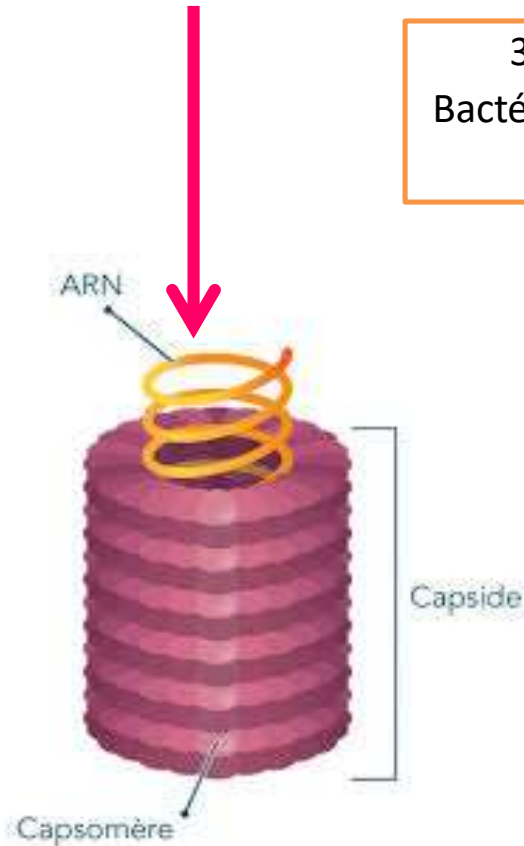
- ❑ Coque de **nature protéique** rigide qui entoure et protège l'acide nucléique viral,
- ❑ Constituée de sous-unités **protéiques** appelées **capsomères**,
- ❑ L'ensemble acide **nucléique** + **capside** est dit **nucléocapside**,
- ❑ On parle de **virus « nus »**, lorsque la **nucléocapside** constitue le **virus entier**,
- ❑ De **virus enveloppés**, pour lesquels la capside est entourée d'une **enveloppe lipidique**.



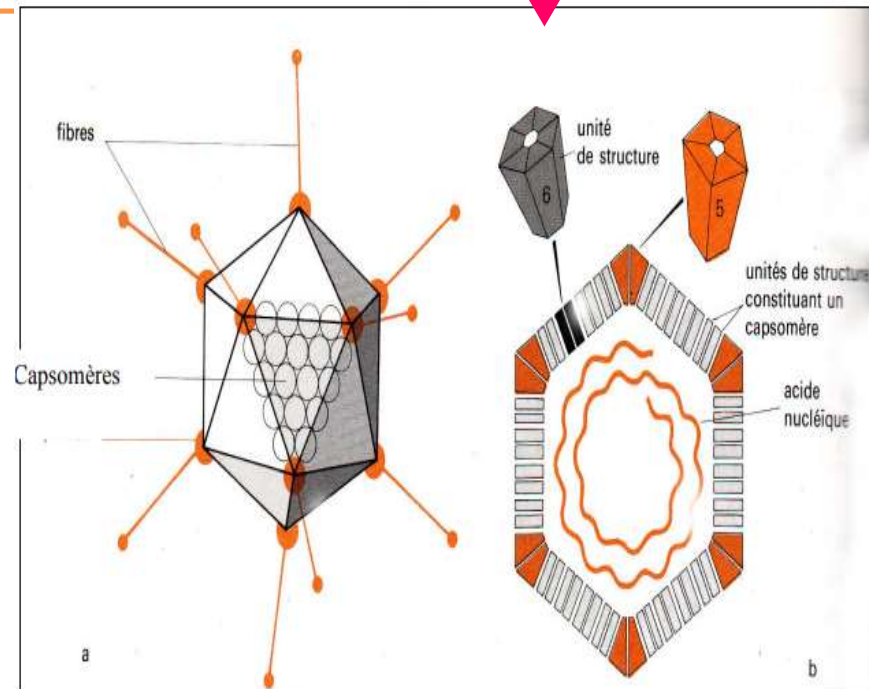
Différentes formes de la Capside

symétrie de la capside
(deux principaux groupes)

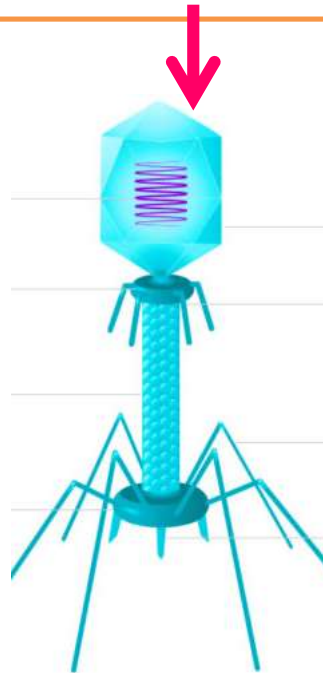
1) virus à symétrie hélicoïdale
(la mosaïque du tabac ou VMT, grippe)



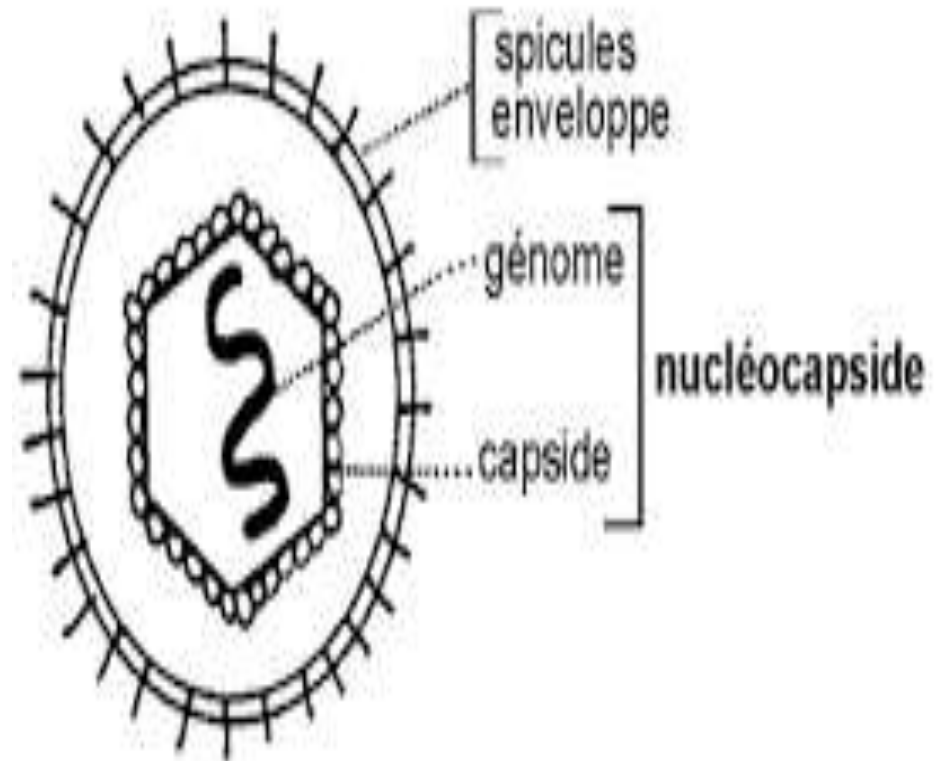
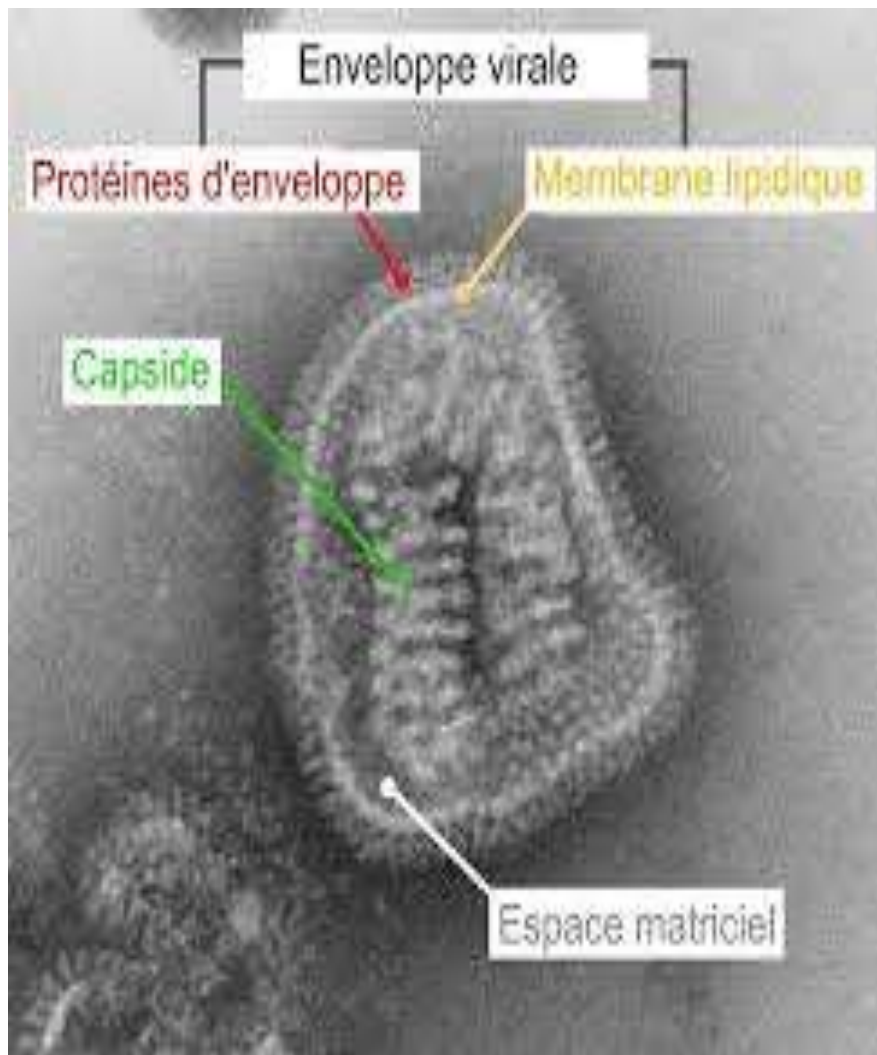
2) symétrie cubique ou icosaédrique
(exemple du poliovirus)
Hépatite A et B; Herpès, Fièvre jaune



3) Symétrie mixte, les 2 types existent
Bactériophage (ou phage)/tête Icosa. et queue hélicoïdale



Capside



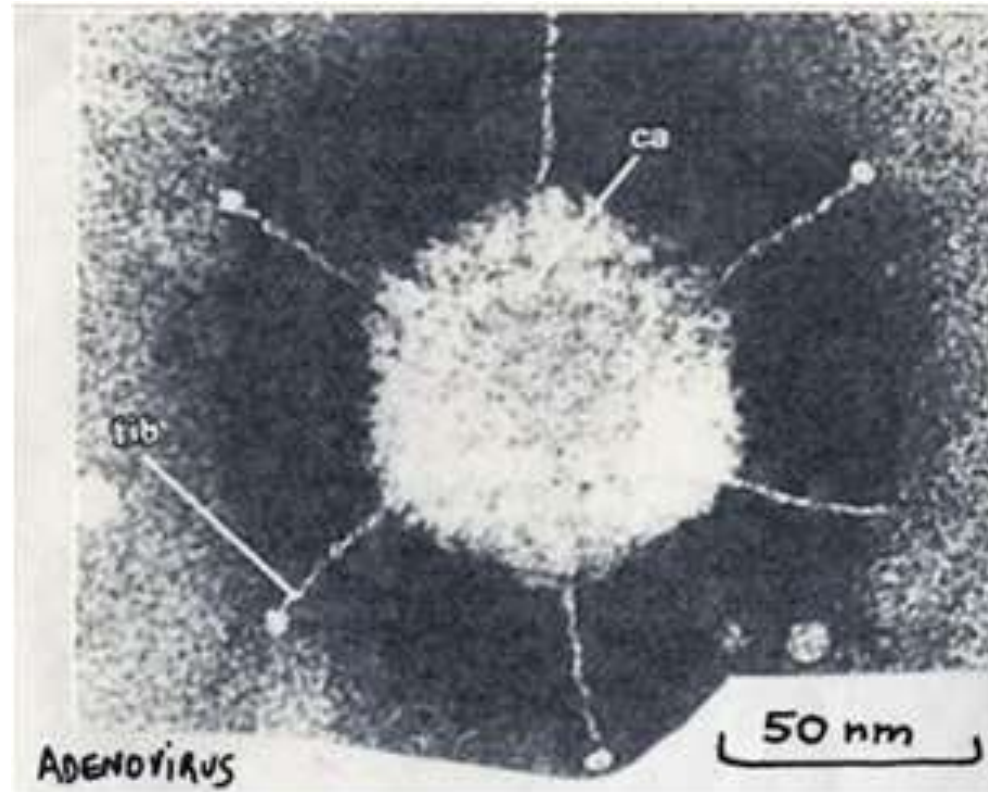
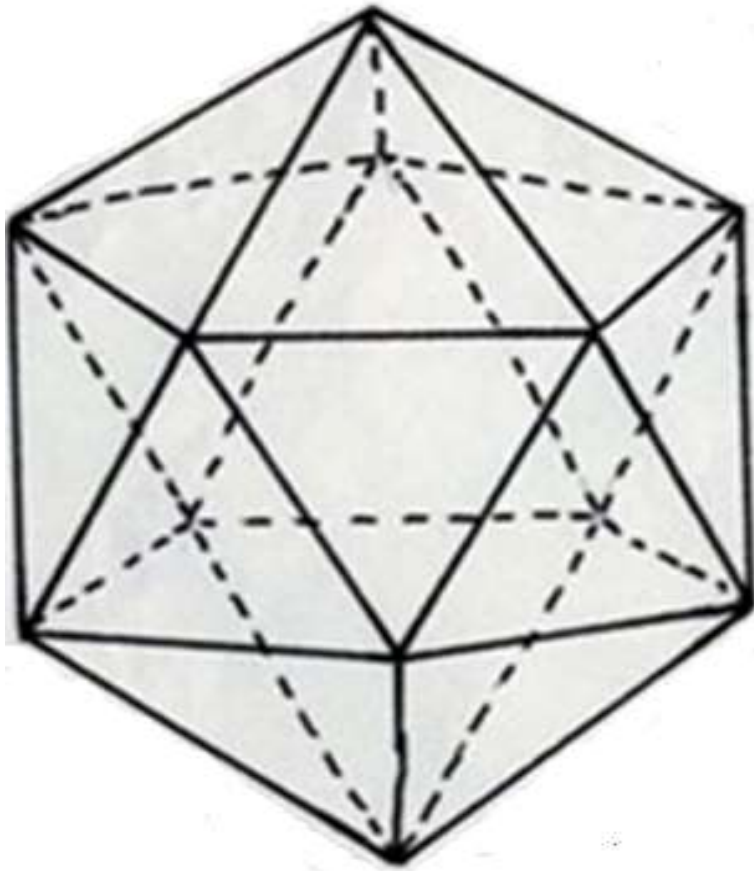
un virus enveloppé

Classification de quelques virus

Virus	Acide nucléique	Symétrie de la capside	Enveloppe	Famille
Influenza (Grippal)	ARN simple brin (-), segmenté	Hélicoïdale	Présente	Orthomyxoviridae
Herpès (HSV)	ADN double brin linéaire	Icosaédrique	Présente	Herpesviridae
Hépatite B (VHB)	ADN double brin partiellement circulaire	Icosaédrique	Présente	Hepadnaviridae
Hépatite C (VHC)	ARN simple brin (+)	Icosaédrique	Présente	Flaviviridae
Coronavirus	ARN simple brin (+)	Hélicoïdale	Présente	Coronaviridae
Poliovirus	ARN simple brin (+)	Icosaédrique	Absente	Picornaviridae

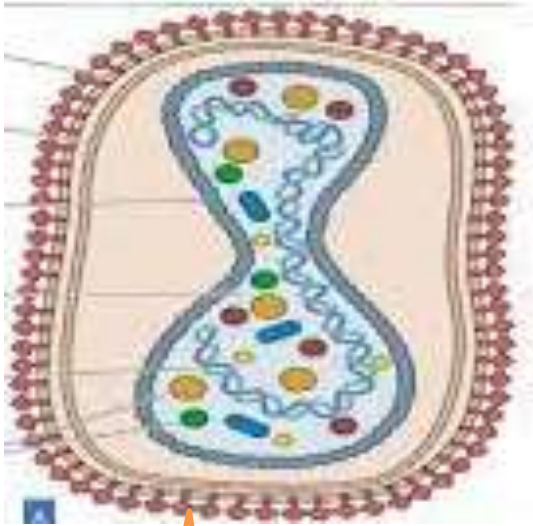
Cette classification met en lumière les différences en termes de nature **du génome, structure de la capside** et présence de l'enveloppe, qui sont des critères essentiels en virologie.

Structure cubique ou icosaèdre de la capside

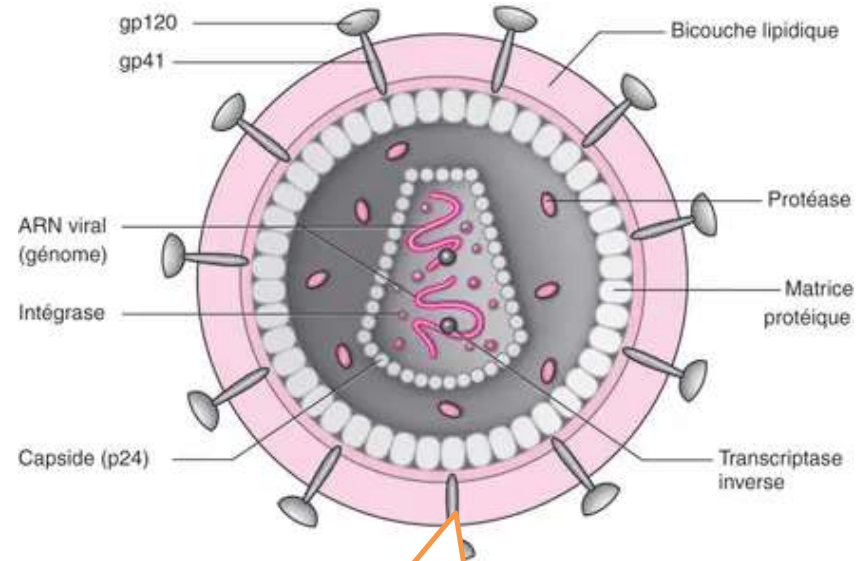


Icosaèdre de 20 faces identiques triangles équilatéraux 30 arrêtes et 12 sommets , ces virus ont une apparence sphérique, Comme les Adénovirus, pappillomavirus

Formes complexes de la capside



Poxvirus

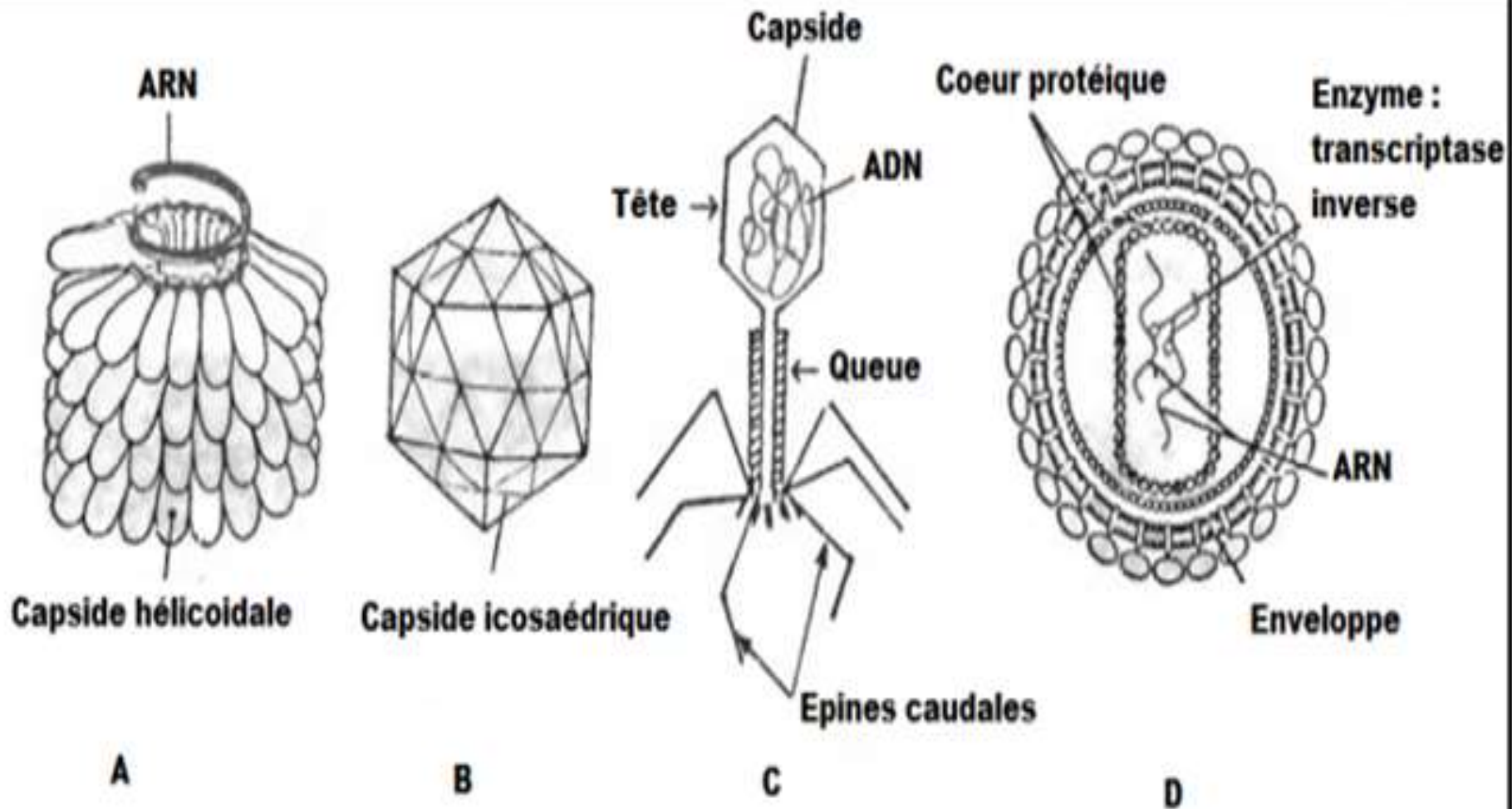


V.I.H



Bactériophage

Quelques types de virus



A) Virus à capside hélicoidale (Ex. Virus de la mosaïque du tabac)

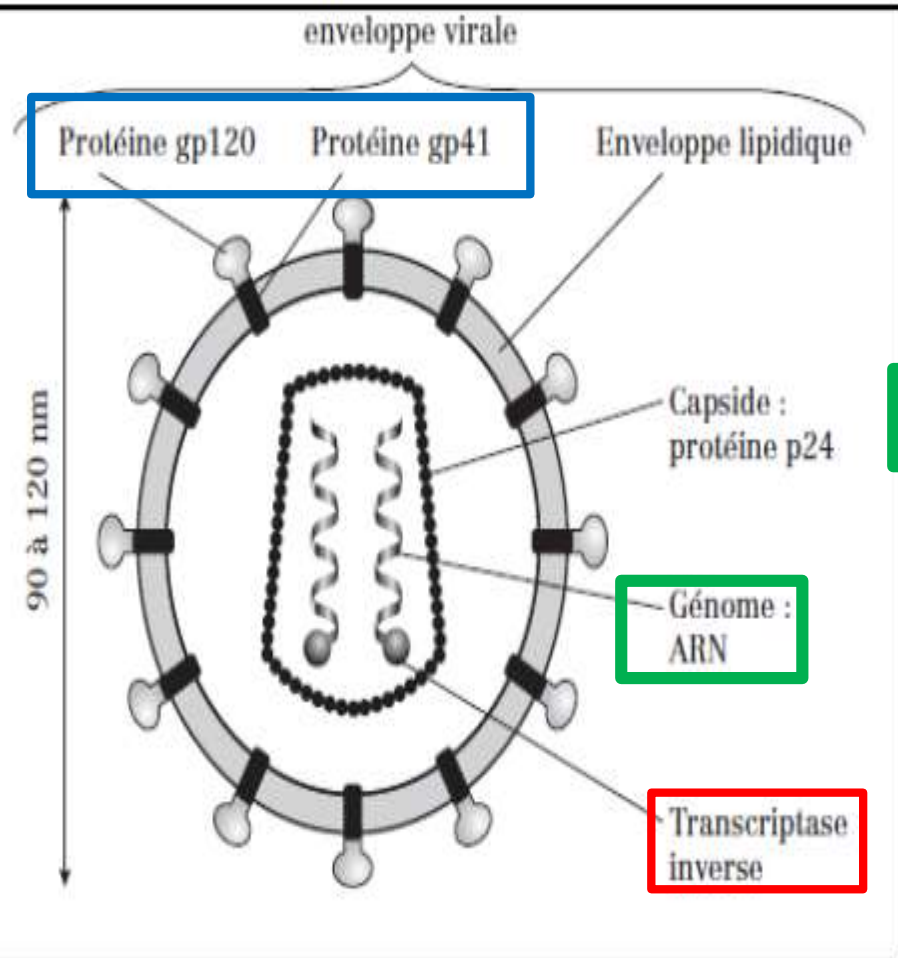
B) Virus à capside icosaédrique (Ex. de l'adénovirus)

C) Virus à structure complexe (Ex. Bactériophage)

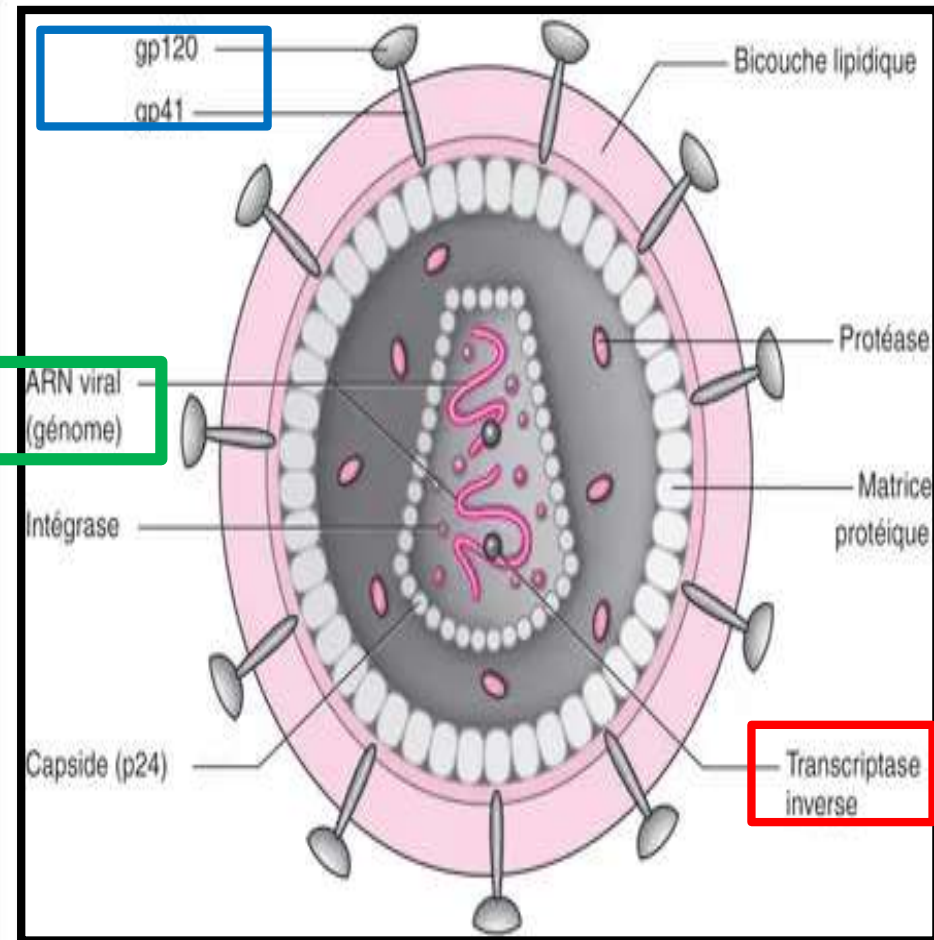
D) Virus à enveloppe (Ex. Virus du SIDA)

Exemples de virus enveloppés

- ❑ Virus de la grippe (Influenza virus) . Apporte transcriptase inverse,
- ❑ Virus de l'Immunodéficience Humaine (V.I.H) . Apporte transcriptase inverse.

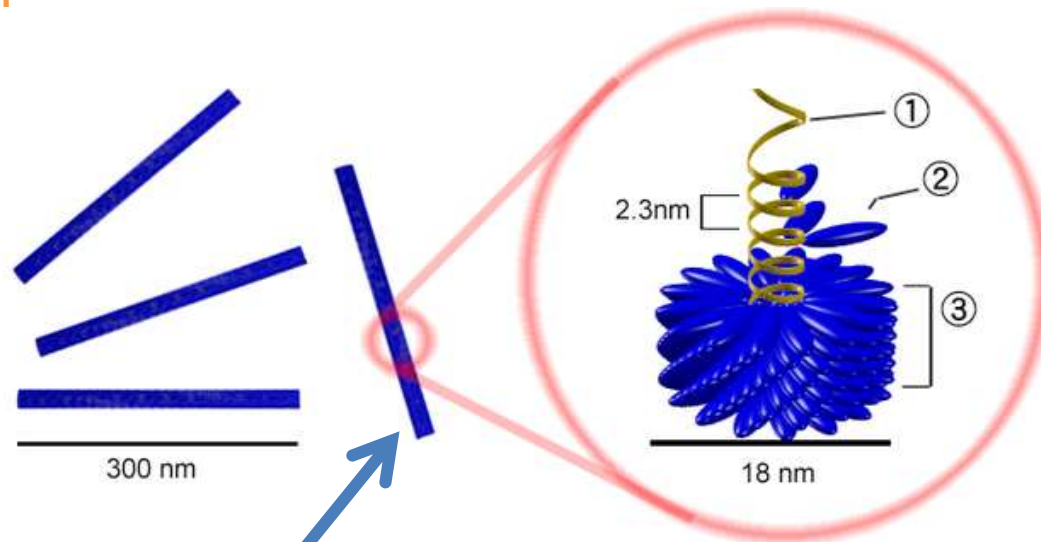


Structure du virus de la grippe

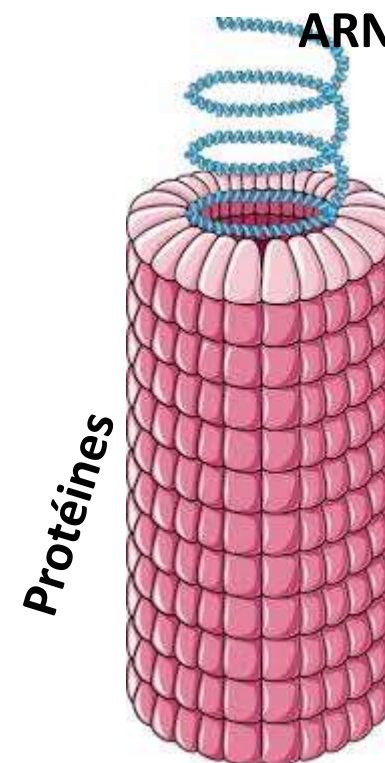
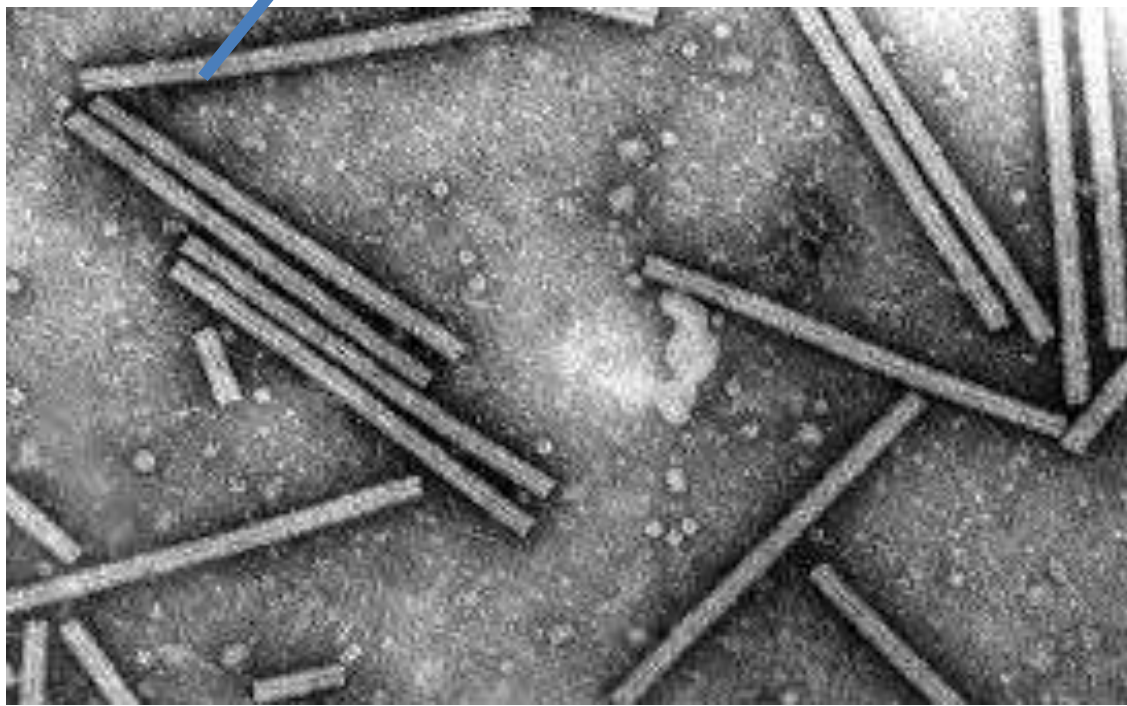


V.I.H

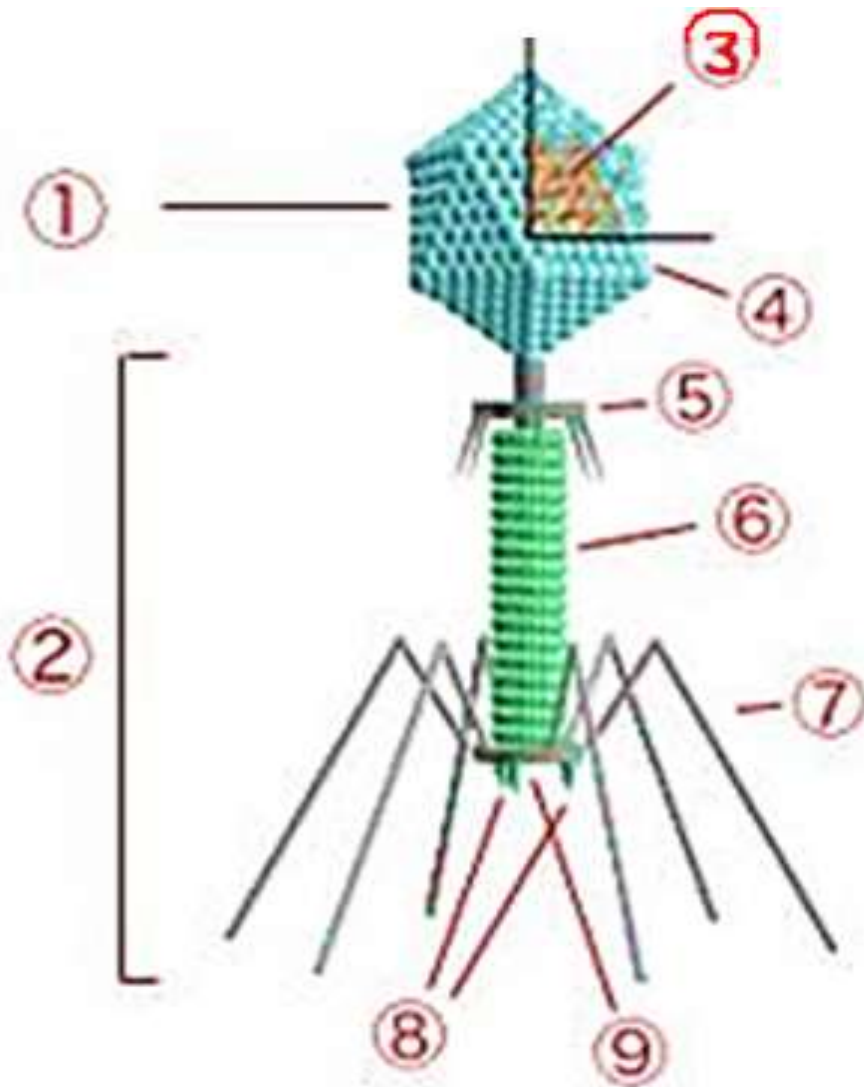
Virus de la Mosaïque du tabac (VMT)



- 1- ARN
- 2- Capsomère
- 3- Capside



Virus spécifiques des procaryotes ou **bactériophages**/
symétrie complexe (**icosaédrique en tête et hélicoïdale en queue**)



1. Tête

2. Queue

3. Acide nucléique

4. Capside

5. Col

6. Gaine contractile

7. Fibres caudales

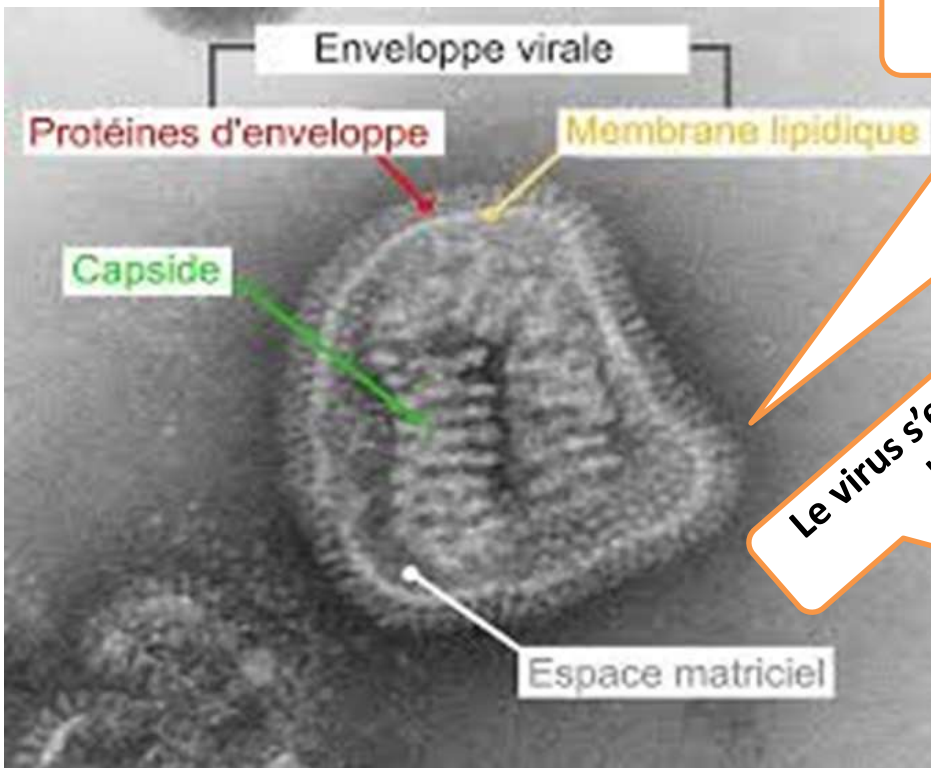
8. Spicules

9. Plaque terminale

Enveloppe virale

- ❑ prend naissance au cours de la traversée des **membranes cellulaires** de la cellule hôte; et de protéines virales qui y sont insérées
- ❑ On y trouve des **protéines**, des **glucides** et des **lipides** (mélange **d'éléments cellulaires** et **d'origine virale**);
- ❑ Cette enveloppe est de type **bicouche lipidique** où sont enchâssées des **protéines** ou **glycoprotéines**. Selon l'espèce de virus, l'enveloppe provient de la **membrane cellulaire**, ou de celles du **réticulum endoplasmique**, ou de **l'appareil de Golgi** au sein de la cellule.

Virus enveloppé au microscope électronique



Le virus s'enveloppe en quittant la cellule hôte (image animée)



Classification des virus

Les virus sont surtout classés selon les critères suivants :

- 1) **Nature de l'acide nucléique** : virus à ADN et à ARN ;
- 2) **Type de symétrie** : cubique, hélicoïdale ou combinée ;
- 3) **Existence d'une enveloppe** : virus nus ou enveloppés.

Il existe aussi une classification utilisée par les cliniciens (non officielle): qui tient compte de l'hôte, du mode de transmission, de la voie d'entrée du virus et de ses effets pathologiques on parle de: **virus entériques, respiratoires, oncogènes...**).

1. Classification selon la présence ou non d'enveloppe

- **A. Virus enveloppés:** Ont une enveloppe lipidique fragile Sensibles à la chaleur, détergents, sécheresse
 - **Exemples :**Coronavirus; Influenza (grippe); VIH; Herpes (HSV); Hépatite B et C (HBV, HCV) et Virus Ebola
-
- **B. Virus nus:** Pas d'enveloppe il est Très résistants dans l'environnement
 - Exemples :**Poliovirus; Adénovirus; Rotavirus, HPV (papillomavirus)Virus de la gastro (norovirus).

2. Classification selon la forme de la capside

- **Capside icosaédrique:** Poliovirus; Adenovirus; Herpesvirus
-
- **Capside hélicoïdale:** Virus de la grippe; Virus de la rage; Coronavirus (hélicoïdal à l'intérieur)
-
- **Capside complexe:** Bactériophages;

3. Classification selon l'hôte infecté

☐ **Virus humains** (grippe, VIH, HSV...)

☐ **Virus animaux** (rage, fièvre aphteuse...)

☐ **Virus végétaux** (TMV – Virus de la mosaïque du tabac)

☐ **Bactériophages** (virus qui infectent les bactéries)

4. Classification selon le type de génome (Classification de Baltimore 1971)

❑ **Classe I** : ADN double brin (ADNdb) , **Exemple** : Herpes, Adenovirus, Varicelle (VZV),

❑ **Classe II** : ADN simple brin (ADNsb) , **Exemple** : Parvovirus

❑ **Classe III**: ARN double brin; **Exemple** : Rotavirus

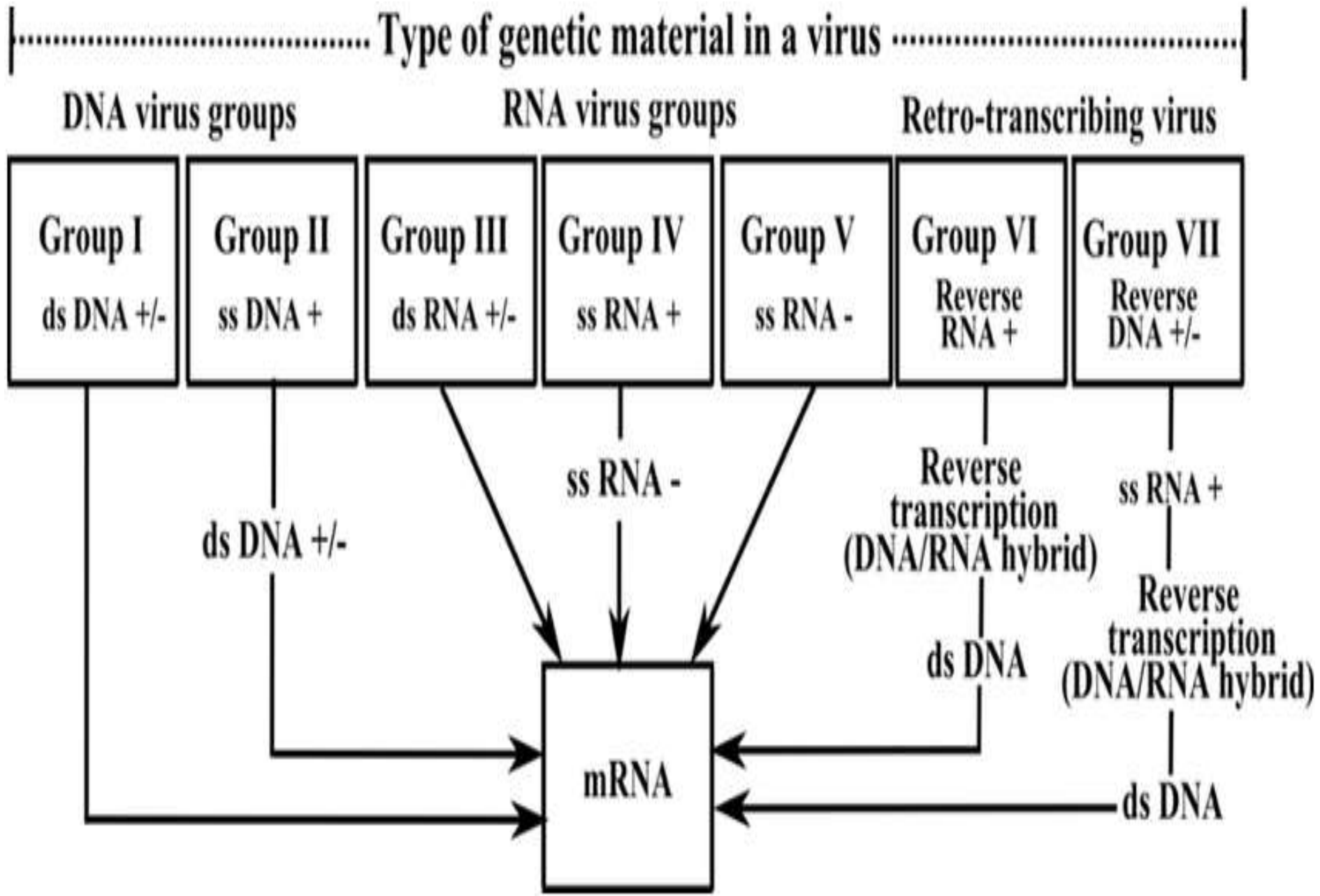
❑ **Classe IV**: ARN simple brin + (ARN+); **Exemple** : Coronavirus, Poliovirus, Dengue, Zika

❑ **Classe V**: ARN simple brin – (ARN–), **Exemple** : Virus Influenza, Rougeole, Rage, Ebola.

❑ **Classe VI**: ARN + à transcriptase inverse; **Exemple** : VIH (rétrovirus)

❑ **Classe VII**: ADN à transcriptase inverse; **Exemple** : Hépatite B (HBV)

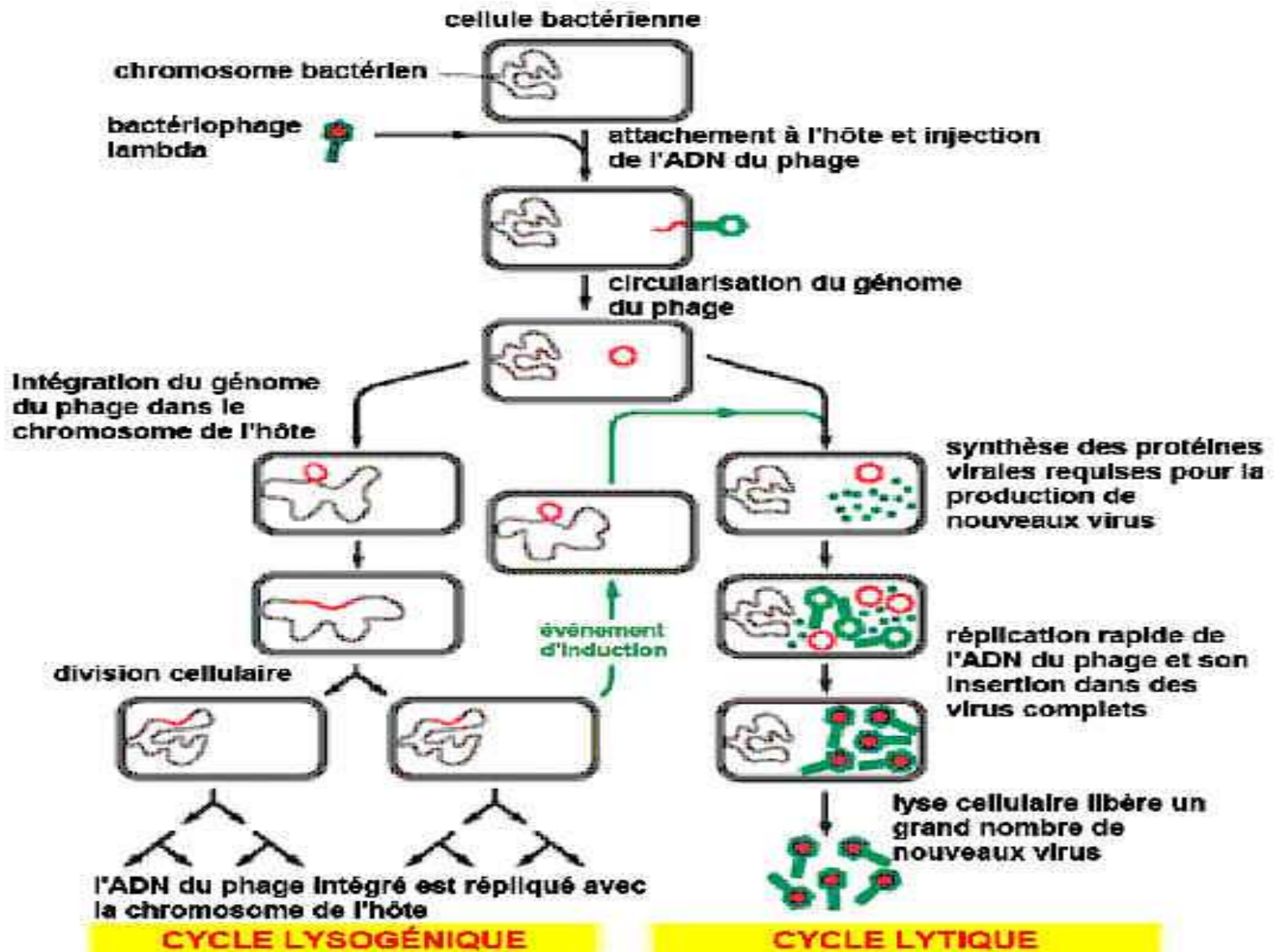
Résumé Classification de Baltimore en 1971



Classification de quelques virus (grippal, herpes, hépatite,) selon les critères constitutionnels (nature de l'acide nucléique, symétrie de la capside, présence ou absence de l'enveloppe)

Virus	ADN/ ARN	Capside	Enveloppe
Grippe (Influenza)	ARN– segmenté	Hélicoïdale	✓
Herpès (HSV)	ADNdb	Icosaédrique	✓
Hépatite B (HBV)	ADNdb partiel + TI	Icosaédrique	✓
Hépatite C (HCV)	ARN+	Icosaédrique	✓
Hépatite A (HAV)	ARN+	Icosaédrique	X
Poliovirus	ARN+	Icosaédrique	X

Schéma1: Cycle lytique et cycle lysogène des virus



- **Le lytic / lysogenic cycle** est défini classiquement pour les **bactériophages**.
- **✓ Les virus eucaryotes** ont des phénomènes équivalents : Latence / intégration = proche du lysogénique
- Réplication productive / cytolysse = proche du lytique
- Mais on ne parle pas officiellement de « cycle lysogénique » chez les virus humains.

Modes d'infection des cellules hôtes par les virus

☐ Leur mode d'infection repose sur leur capacité à pénétrer dans les cellules, exploiter leur machinerie cellulaire et produire de nouveaux virions

☐ 1. **Adsorption (Attachement)**: grâce à des récepteurs cellulaires présents sur la membrane

☐ VIH ... Glycoprotéine gp120 s'attache au récepteur CD4 des lymphocytes T

☐ Influenza Hémagglutinine (HA) interagit avec les résidus d'acide sialique à la surface des cellules

☐ Coronavirus Protéine Spike interagit avec ACE à la surface des cellules

☐ 2. **Pénétration dans la cellule hôte:**

- Endocytose → Influenza
- Fusion de l'enveloppe virale avec la membrane cellulaire (VIH) Herpès
- Injection direct: Bactériophage

❑ 3. **Décapsidation**: La capside virale est dégradée à l'intérieur de la cellule pour libérer l'acide nucléique viral (ADN ou ARN) dans le cytoplasme ou le noyau

❑ 4. **Réplication du génome viral** : En fonction de la nature du génome (ADN ou ARN)

❑ **Virus à ADN** (Herpès) → noyau (ADN polymérase) de l'hôte pour sa réplication)

❑ **Virus à ARN** : 2 cas se présentent

a) ARN Pola+ (Corona-virus): traduction directe en protéines virales dans le cytoplasme de la cellule .

b) ARN Pola- (Virus Influenza) : nécessite une ARN polymérase virale pour produire un ARN positif.

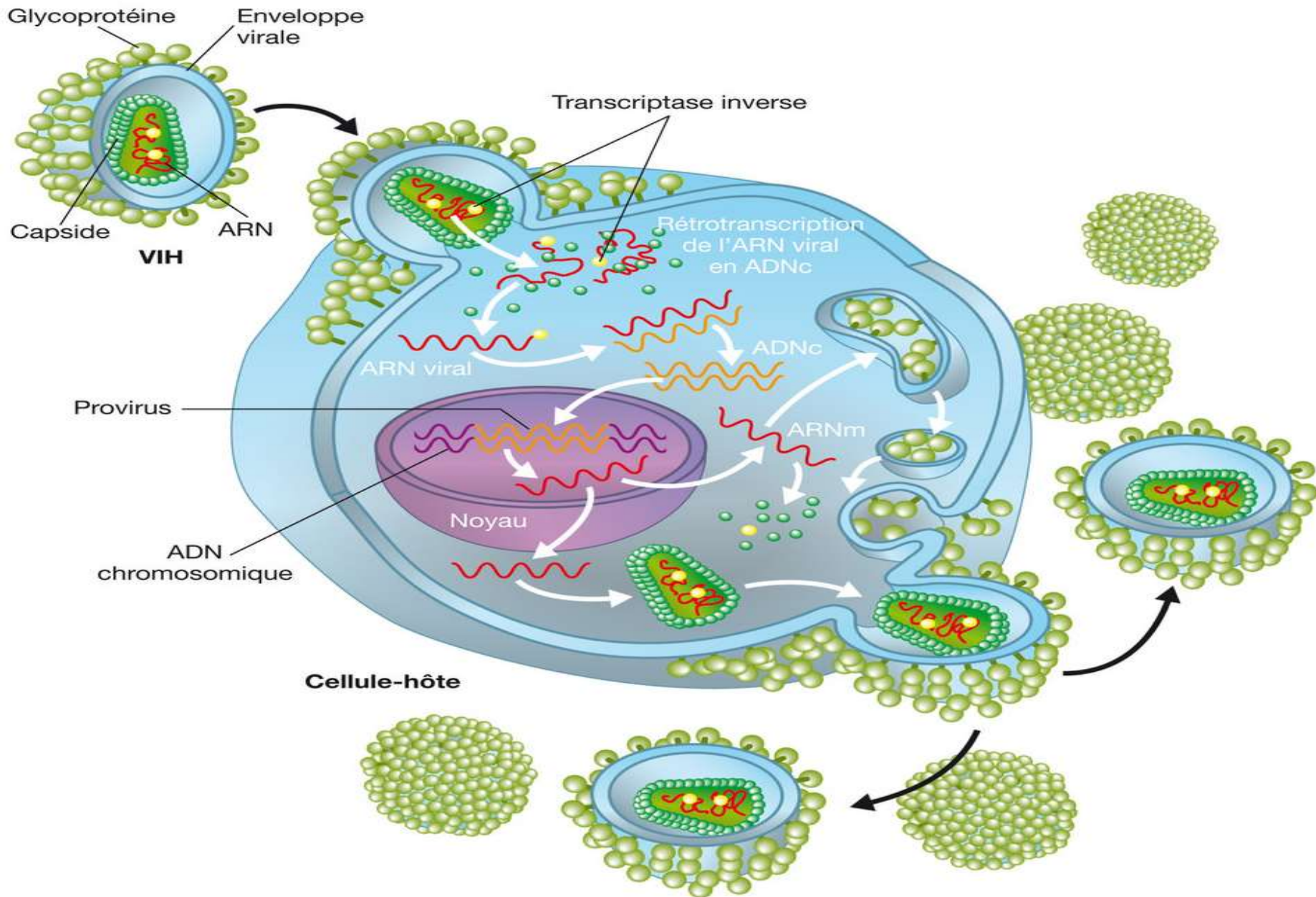
❑ **Rétrovirus**: Rétrovirus (VIH) utilise une transcriptase inverse pour convertir son ARN en ADN, qui s'intègre ensuite dans le génome de l'hôte.

- ☐ **5. Synthèse des protéines virales:** Le génome viral (ou ses ARNm) est traduit en protéines virales par les ribosomes de la cellule hôte:
- ☐ **Protéines de structure** (capside, enveloppe) et **Enzymes virales** (polymérase, transcriptase inverse)

- ☐ **6. Assemblage des virions:** (génome, capsid, enzyme) les virus à ADN s'assemblent dans le noyau, et à ARN dans le cytoplasme

- ☐ **7. Libération des virions:** Les nouveaux virions quittent la cellule hôte soit
 - ☐ par **bourgeonnement** (enveloppés) cas du **VIH** et **Influenza** ou
 - ☐ par **lyse cellulaire** (Poliovirus, bactériophage) ou
 - ☐ par **exocytose** (fièvre jaune), Coronavirus (membrane interne),

Exemple1: Cycle de vie du V.I.H (SIDA)



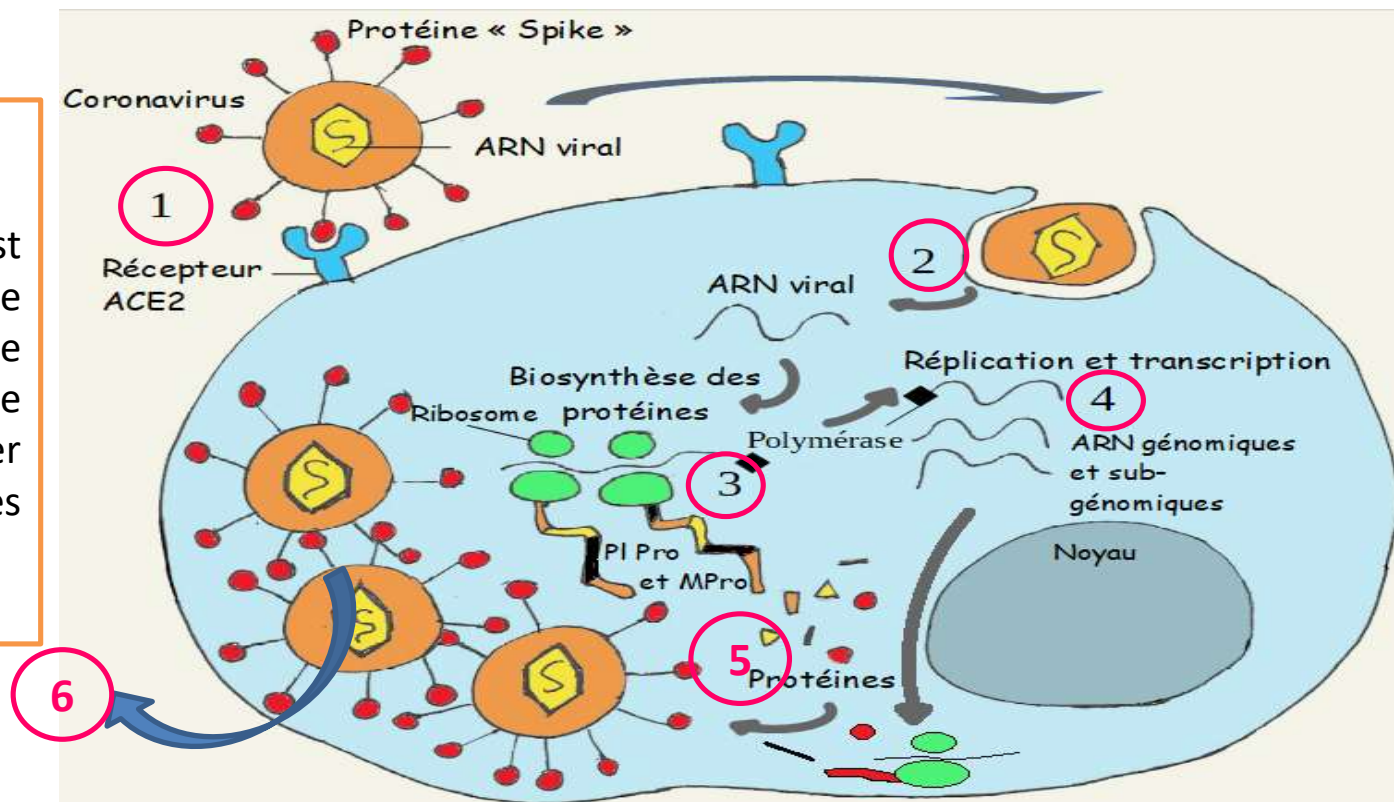
Exemple2: Cycle de vie du Coronavirus

Le cycle des coronavirus est bien différent de celui des rétrovirus. Il se déroule uniquement dans le cytoplasme de la cellule parasitée et jamais le génome n'est incorporé dans celui de la cellule hôte.

Le génome des coronavirus ne possède pas de gène codant pour une transcriptase inverse catalysant la transcription de l'ARN en ADN. En revanche il code pour une ARN polymérase ARN dépendante (RdRp) qui, au sein du cytoplasme de la cellule, va assurer sa réplication.

Remarque:

Comprendre le cycle est indispensable pour le développement de traitements antiviraux et de vaccins visant à contrôler les infections par les coronavirus.



Relation entre le cycle de développement viral et la notion de virus oncogène (Herpes virus et Hépatite virus)

- Les virus oncogènes sont capables d'induire une transformation maligne des cellules hôtes, souvent en perturbant le cycle cellulaire ou en favorisant une réplication incontrôlée des cellules infectées

1) inhibition de gènes suppresseurs de tumeurs comme p53 ou Rb (protéine du rétinoblastome)

2) L'intégration du génome viral dans l'ADN de la cellule hôte peut causer des mutations

3) une inflammation persistante et un stress cellulaire favorisant la transformation maligne

Herpès virus humain de type 8 (HHV-8)

Mécanisme: Production de protéines virales pro-oncogéniques qui stimulent l'angiogenèse et inhibent l'apoptose.

Herpès virus de type 4: Virus Epstein-Barr (EBV)

✓ L'antigène nucléaire EBNA-1 stabilise l'ADN viral dans le génome cellulaire.

✓ La protéine LMP-1 agit comme un oncogène en activant des voies de signalisation pro-survie et proliférative.

Virus de l'hépatite B (HBV)

- Production de la protéine HBx, qui interfère avec les mécanismes de réparation de l'ADN et régule négativement p53.
- A titre d'information : La p53, souvent surnommée le "**gardien du génome**", est une protéine clé dans la régulation du cycle cellulaire et la prévention des tumeurs. Elle est codée par le **gène TP53**, situé sur le chromosome 17 (17p13.1) chez l'humain.

Quelques références bibliographiques :

1. Biologie Cellulaire. Abrégés. Marc Maillet. 10ème édition, Masson 2006.
2. Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes, 2ème édition. J c Callen. DUNOD. 2005.
3. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Virus>.