

# 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 plans malades contenait un agent infectieux ultrafiltrable
- 6 ans plus tard / Martinus Beijerinck comprendra les conséquences de cette observation (« *Contagium vivum fluidum* »)
- ❑ 1ere 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  $\emptyset$  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  $\emptyset$  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 :

Secrétions biologiques



D'autres voies



- ❖ 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)

- ❖ 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: Severe Acute Respiratory Syndrome virus

MERS: Middle East Respiratory Syndrome virus

2003 : **SARS-CoV**

2012 : **MERS-CoV**

2020 : **SARS-CoV-2**

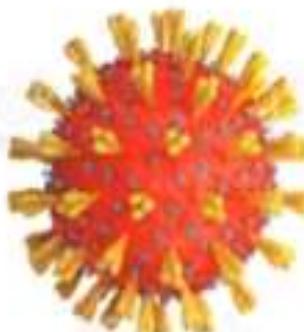
3 coronavirus émergents  
associés à des  
épidémies mortelles

## Quelques propriétés des virus

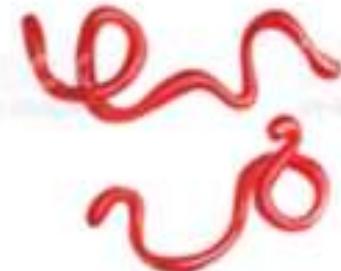
- Infectent les Œs animales, végétales, bactériennes (phages)



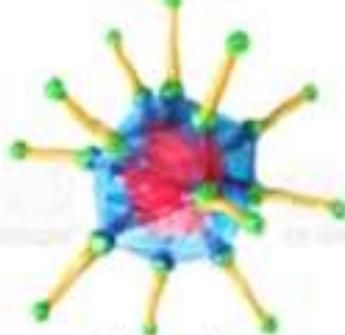
Influenza



Coronavirus



Ebola Virus



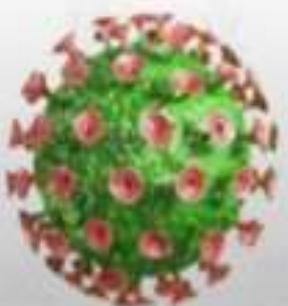
Adenovirus



Hepatitis B



HIV



Rotavirus



Papillomavirus



Herpes

- 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 :

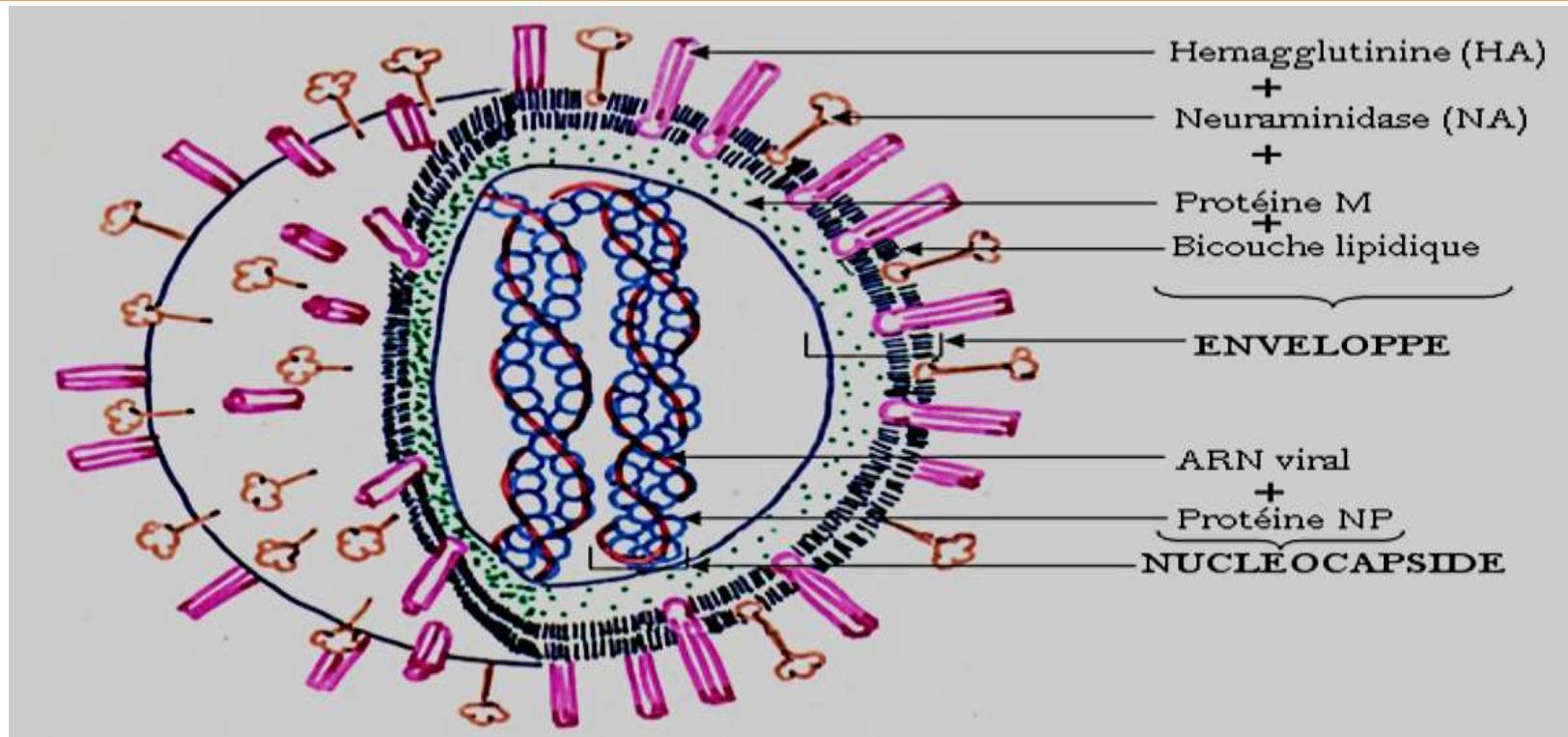
Linéaire : virus de la variole.

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**.



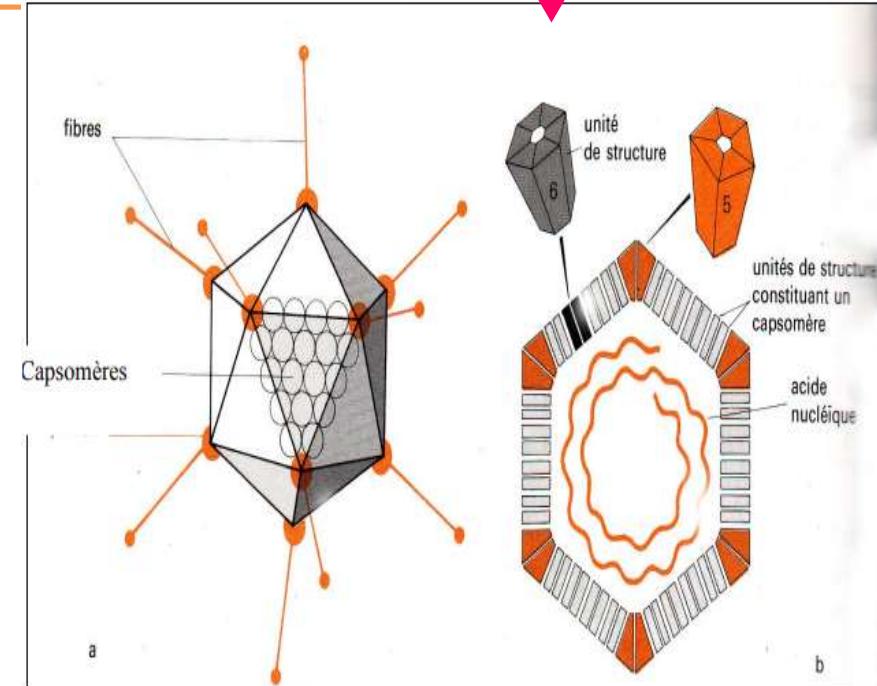
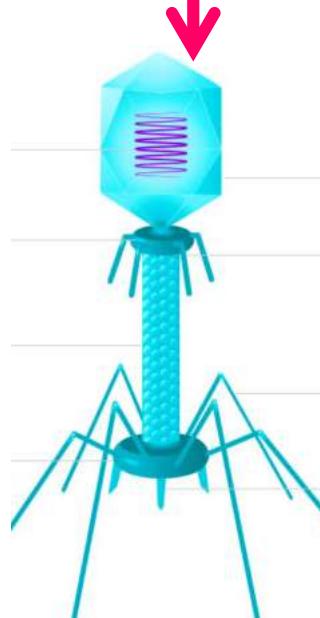
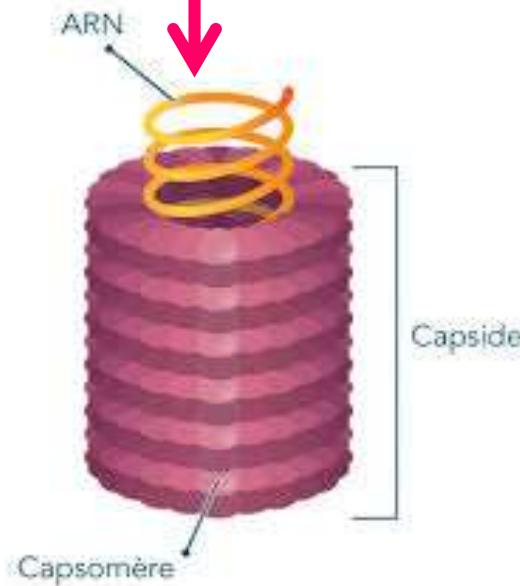
# Différentes formes de la Capside

symétrie de la capside  
(deux principaux groupes)

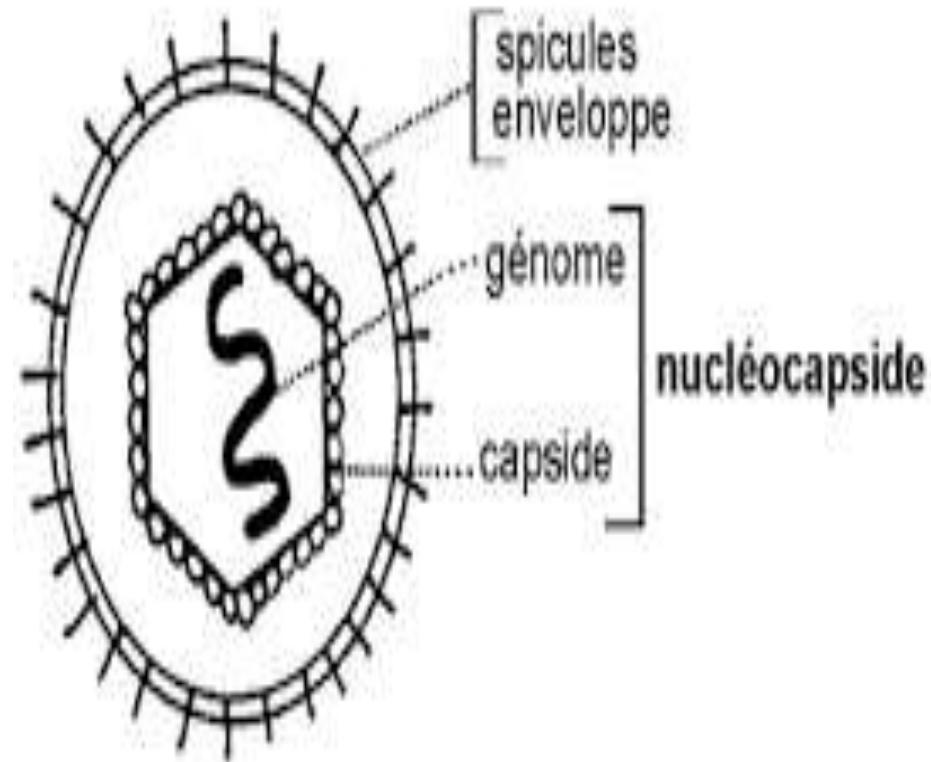
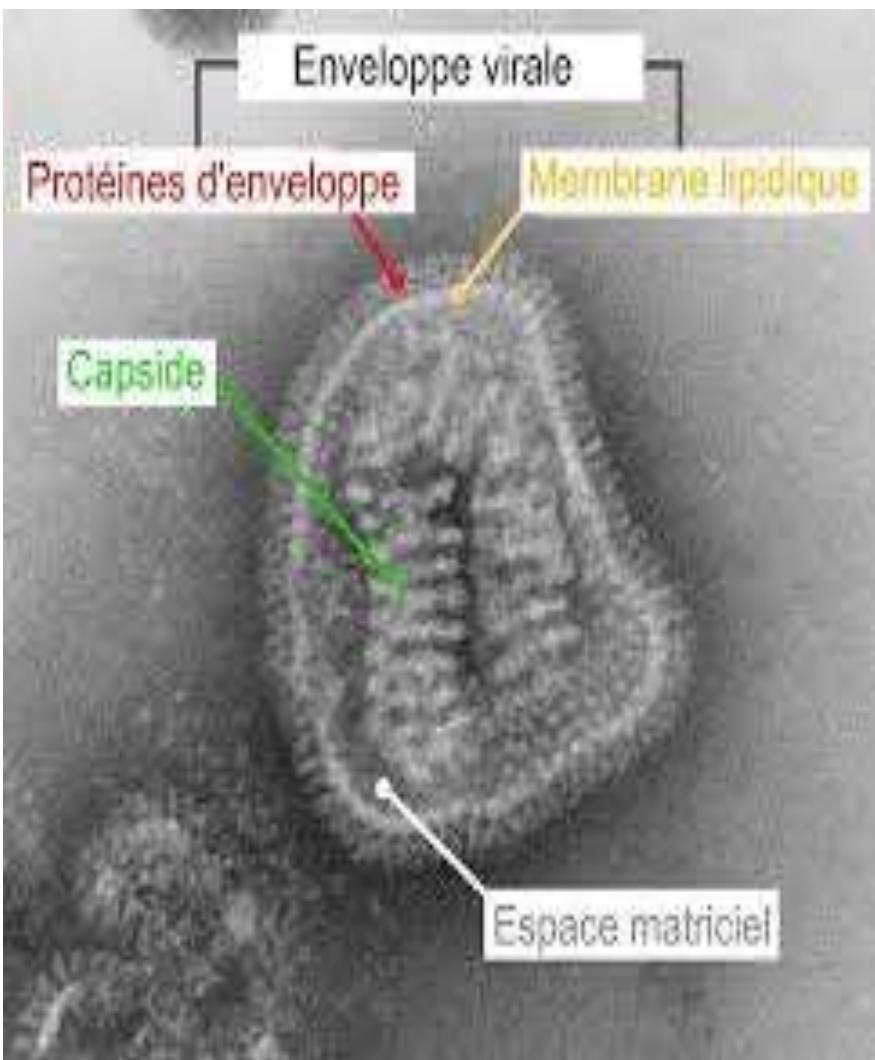
1) virus à symétrie hélicoïdale  
(la mosaïque du tabac ou VMT, grippe)

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

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



# Capside



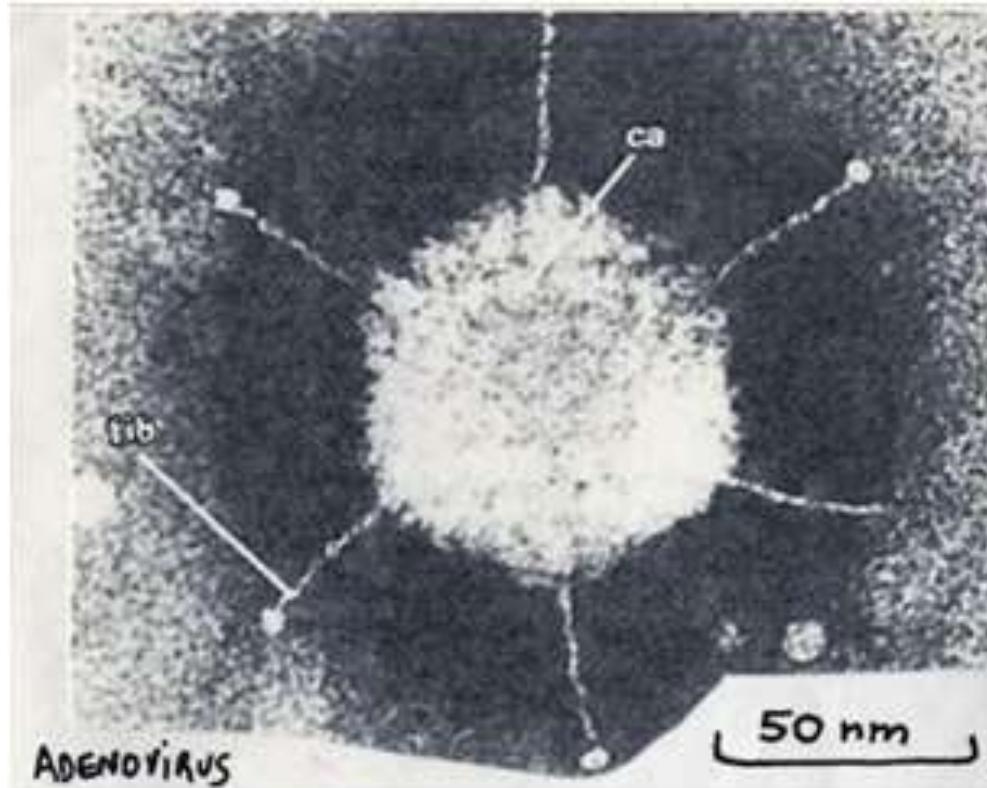
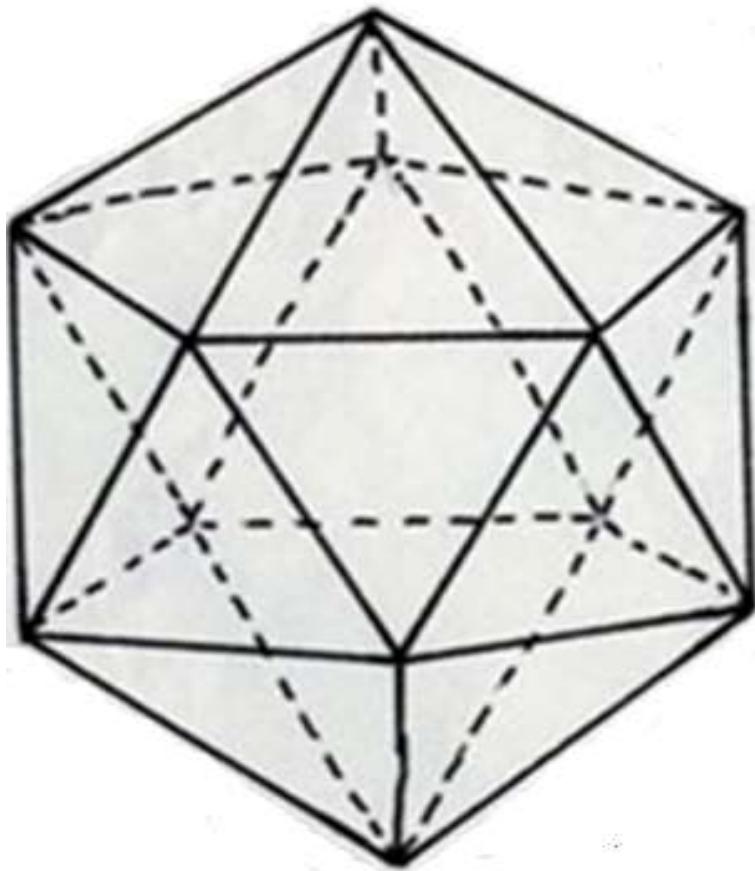
un virus enveloppé

## Classification de quelques virus

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

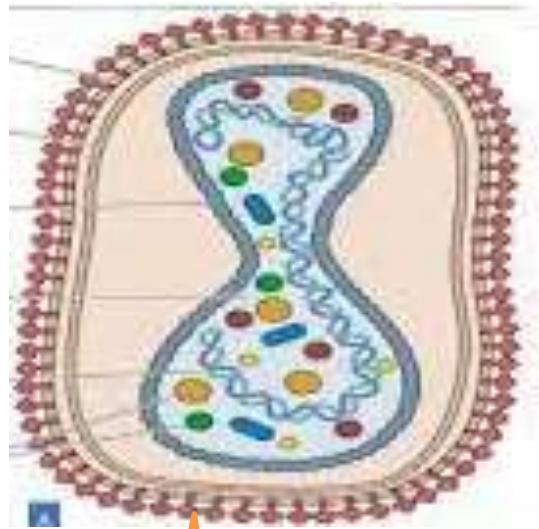
Cette classification met en lumière les différences en termes de nature **du génome, structure de la capsidé** et présence de l'enveloppe, qui sont des critères essentiels en virologie.

## Structure cubique ou icosaèdre de la capside

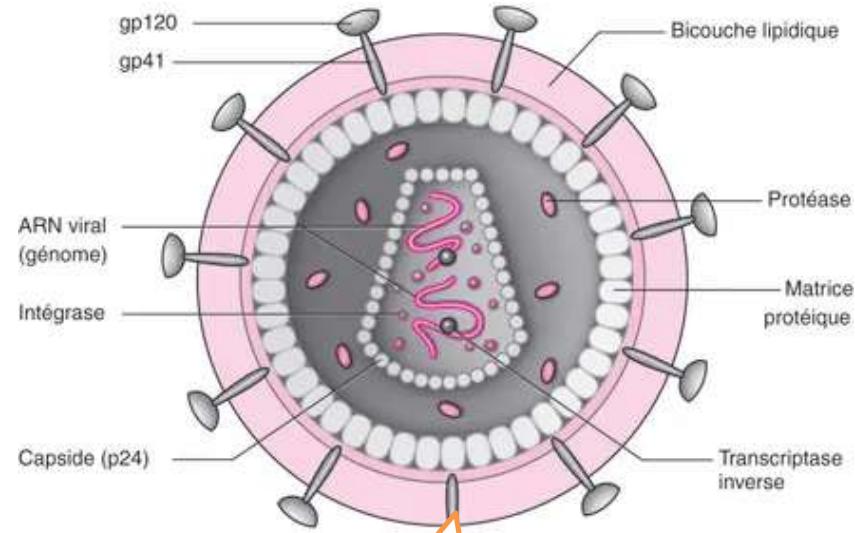


Icosaèdre de 20 faces identiques triangles équilatéraux 30 arêtes et 12 sommets , ces virus ont une apparence sphérique, Comme les Adénovirus, pappillomavirus

# Formes complexes de la capsid



Poxvirus

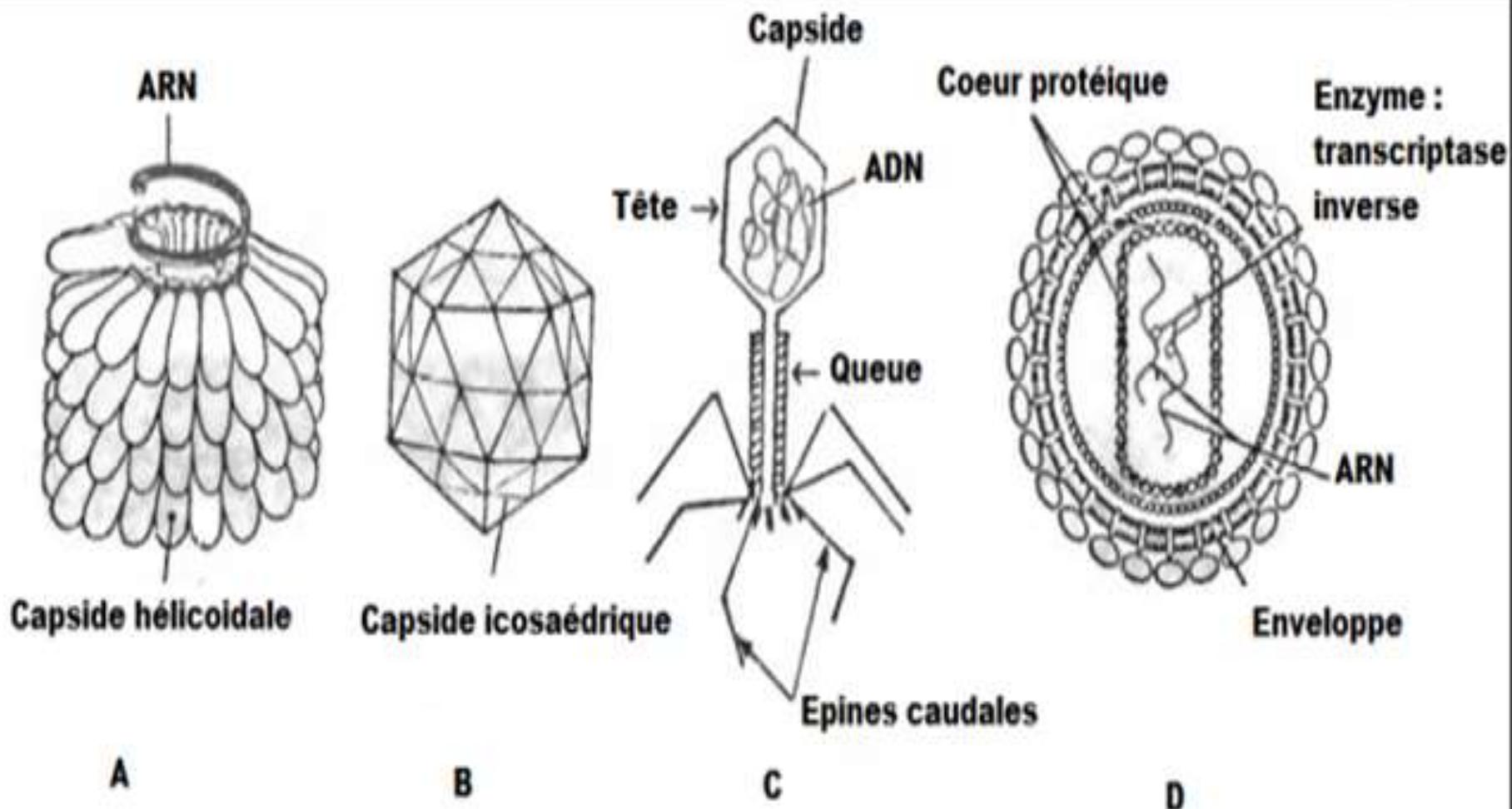


V.I.H



Bactériophage

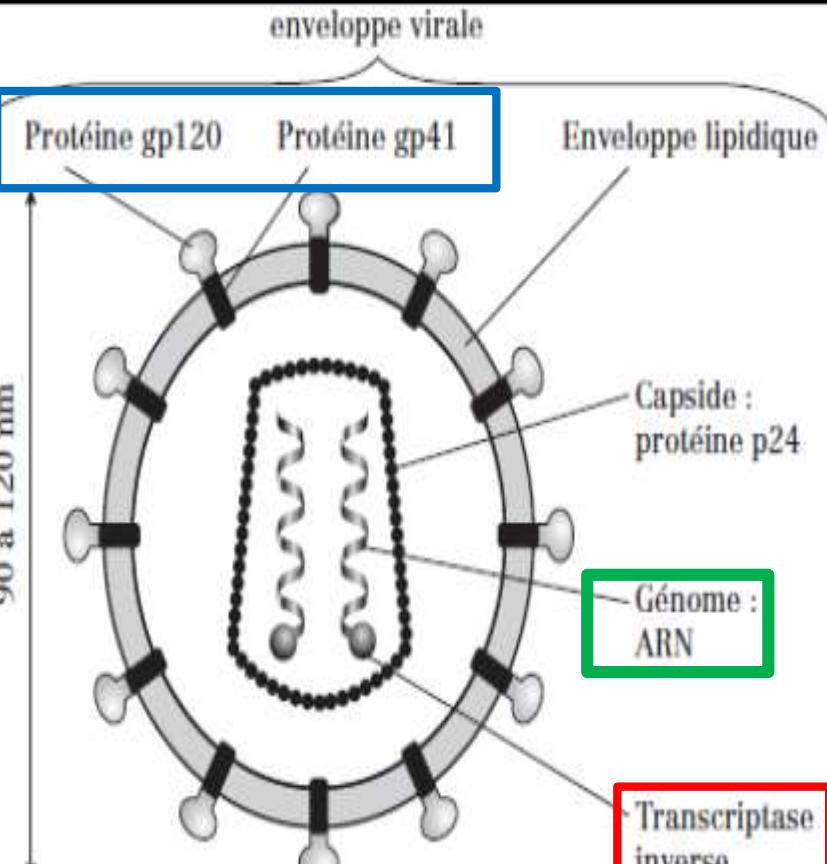
# Quelques types de virus



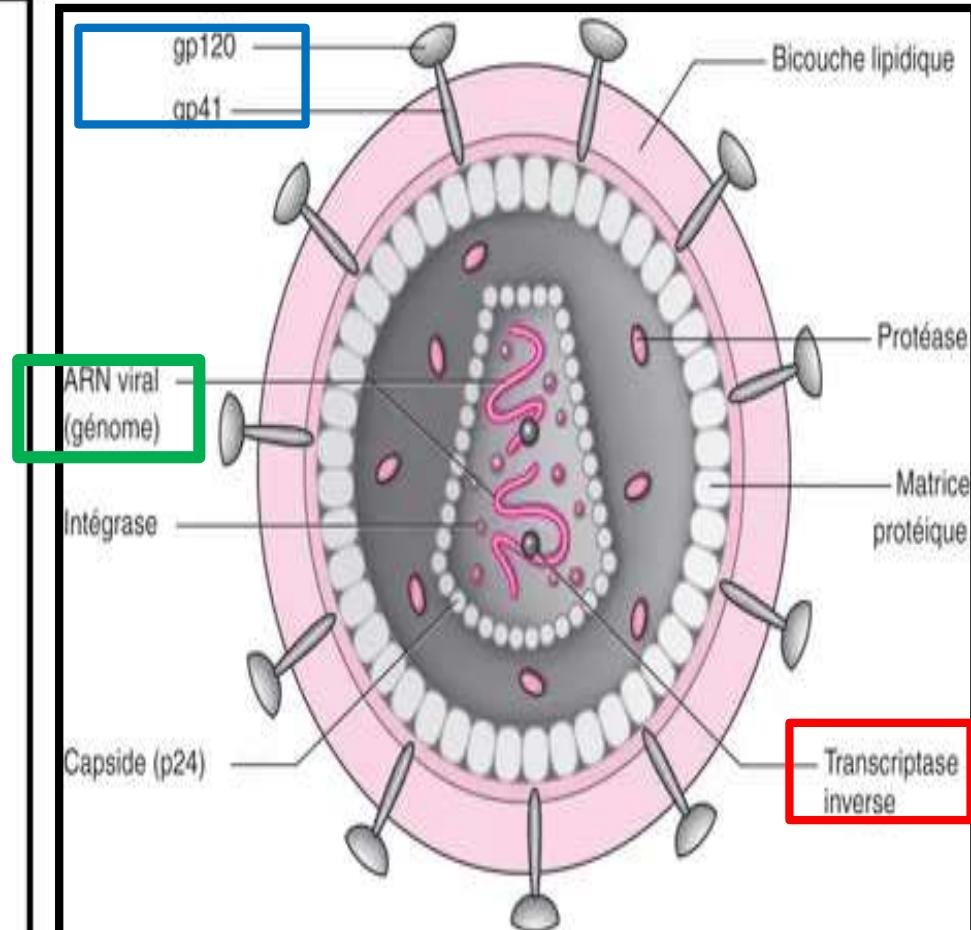
- A) Virus à capside hélicoidale (Ex. Virus de la mosaique du tabac)
- B) Virus à capside icosaédrique (Ex. de l'adénovirus)
- C) Virus à structure complexe (Ex. Bactériophage)
- D) Virus à enveloppe (Ex. Virus du SIDA)

## Exemples de virus enveloppés

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

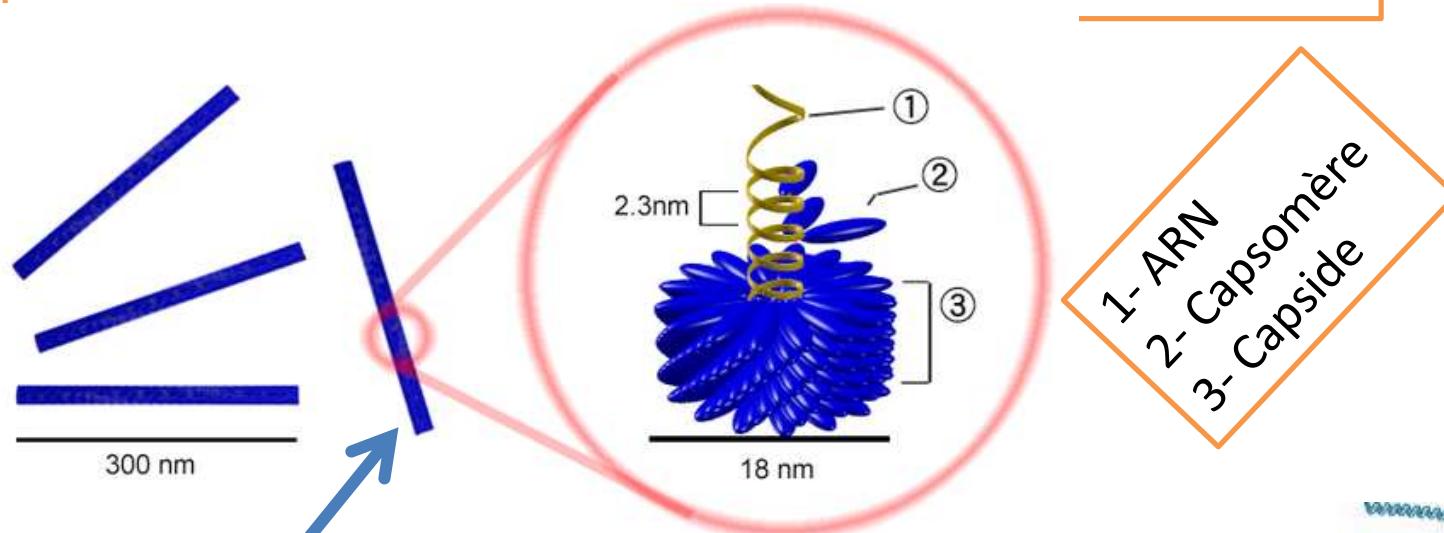


Structure du virus de la grippe

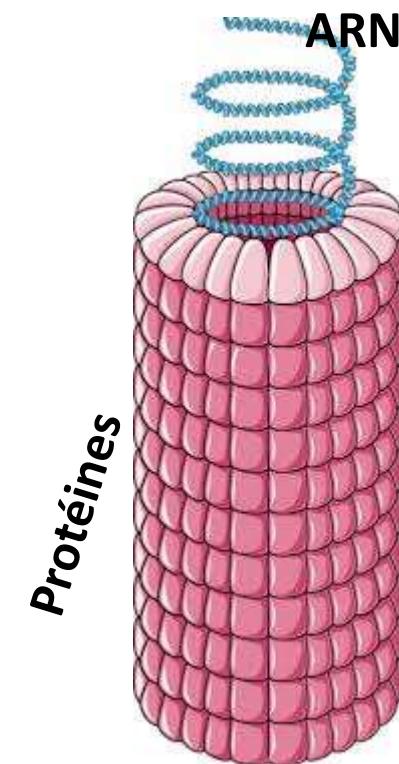
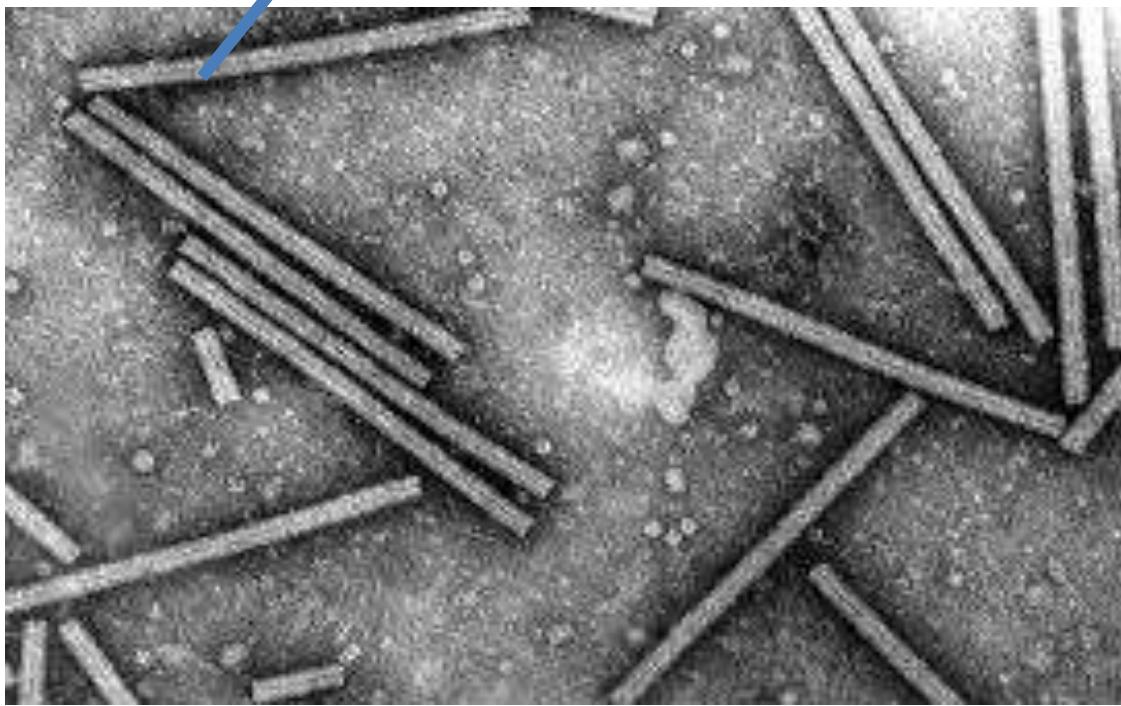


V.I.H

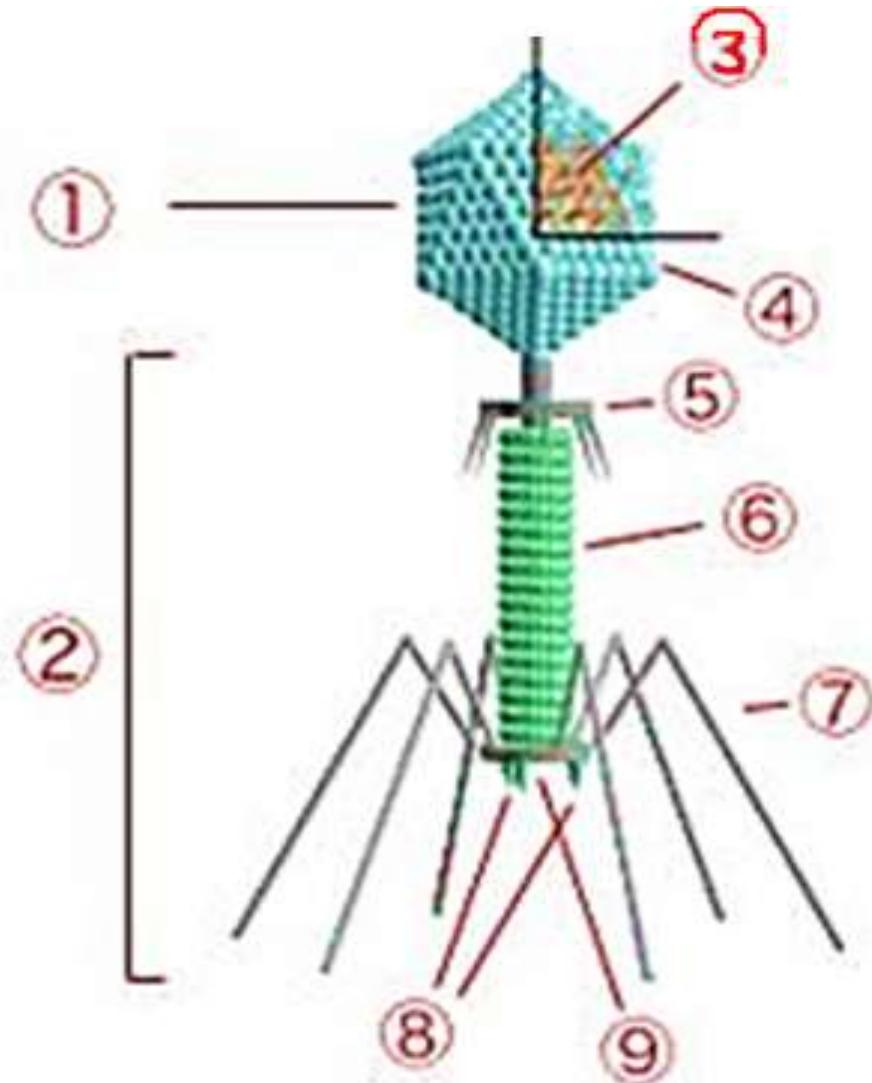
## Virus de la Mosaïque du tabac (VMT)



- 1- ARN
- 2- Capsomère
- 3- Capside



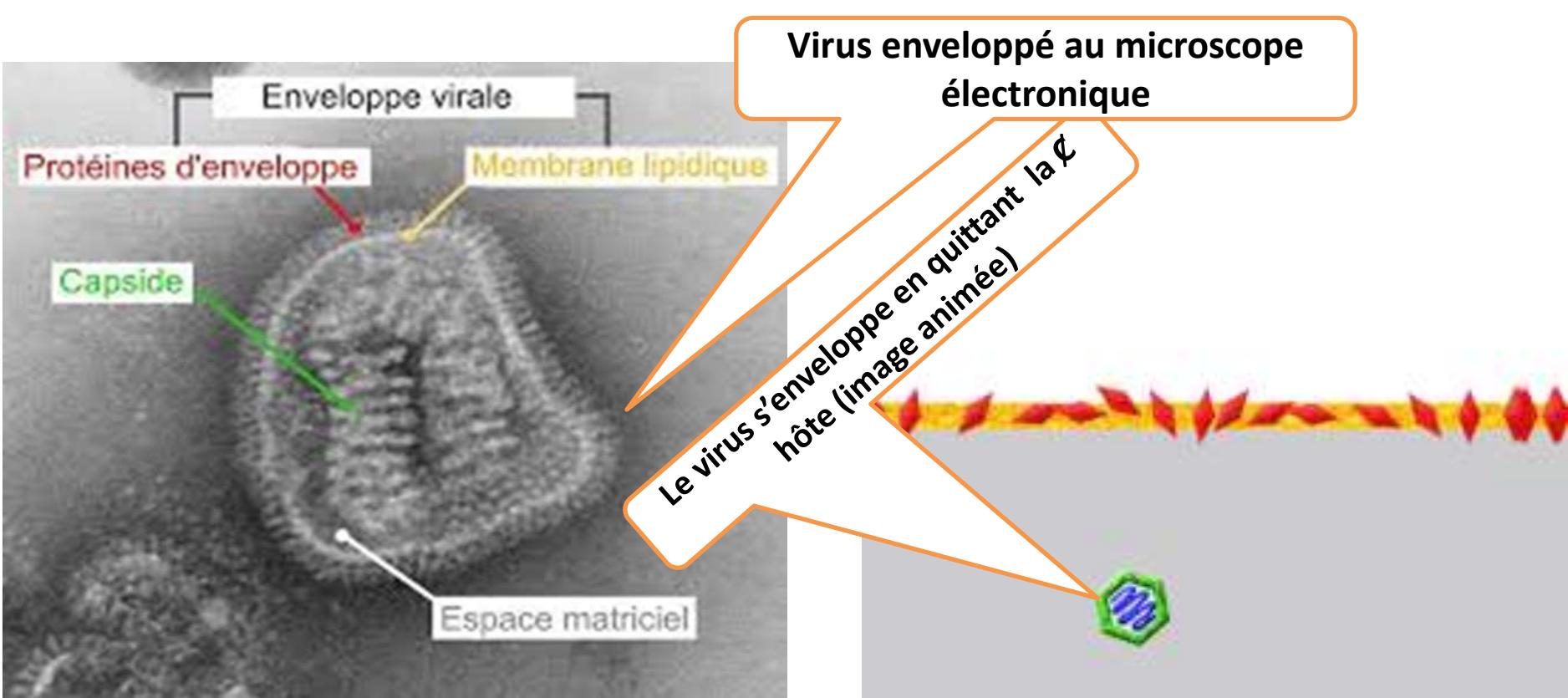
Virus spécifiques des procaryotes ou **bactériophages/**  
**symétrie complexe (icosédrique en tête et hélicoïdale en queue)**



- 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 encastrées 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.



## 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 capsidé

- **Capsidé icosaédrique:** Poliovirus; Adenovirus; Herpesvirus
- **Capsidé hélicoïdale:** Virus de la grippe; Virus de la rage; Coronavirus (hélicoïdal à l'intérieur)
- **Capsidé 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 (rérovirus)
- Classe VII**: ADN à transcriptase inverse; **Exemple** : Hépatite B (HBV)

# Résumé Classification de Baltimore en 1971

## Type of genetic material in a virus

### DNA virus groups

### RNA virus groups

### Retro-transcribing virus

Group I

ds DNA +/-

Group II

ss DNA +

Group III

ds RNA +/-

Group IV

ss RNA +

Group V

ss RNA -

Group VI

Reverse RNA +

Group VII

Reverse DNA +/-

ds DNA +/-

ss RNA -

Reverse transcription  
(DNA/RNA hybrid)

ss RNA +

Reverse transcription  
(DNA/RNA hybrid)

ds DNA

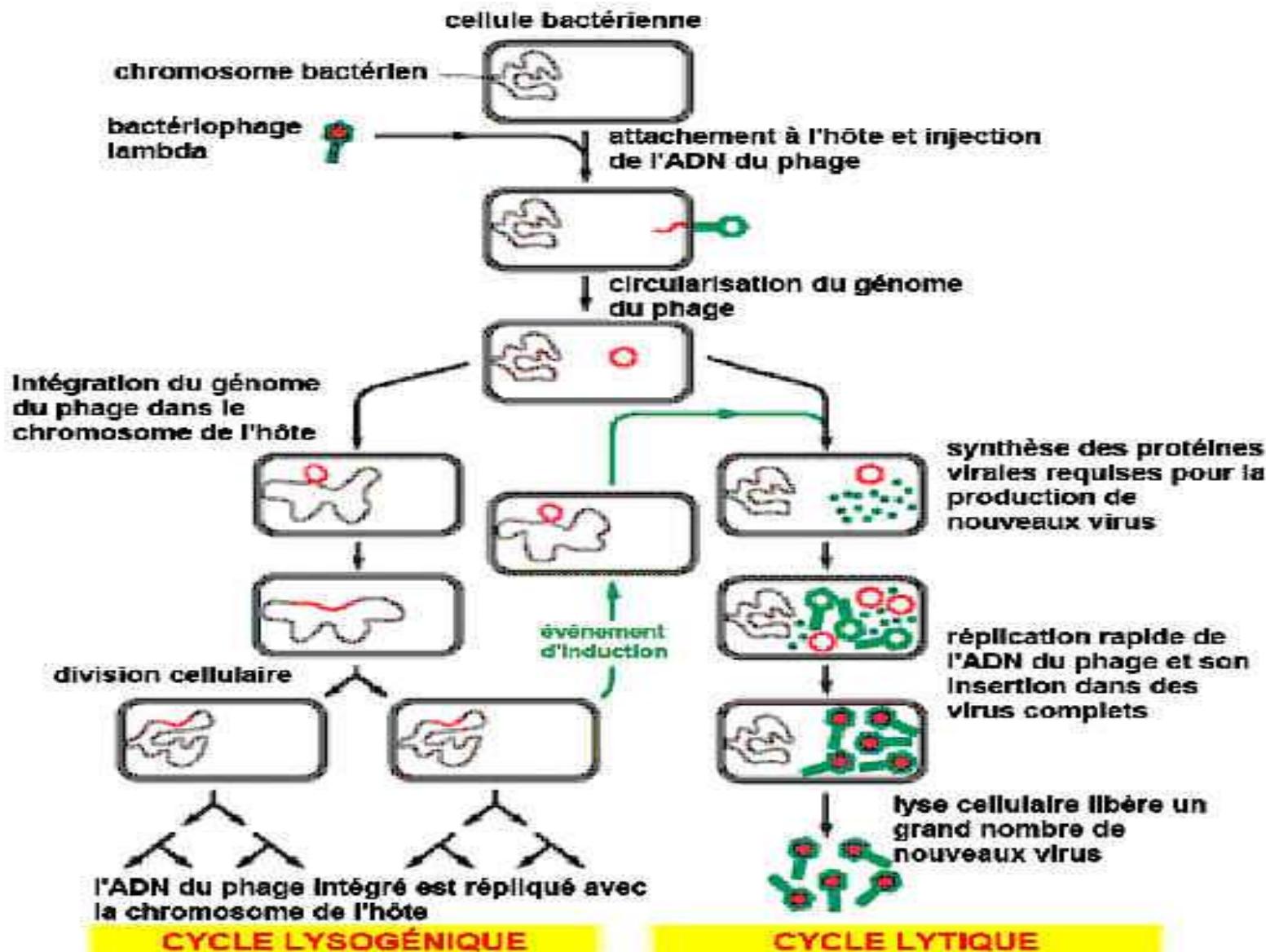
ds DNA

mRNA

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

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

## Schéma 1: Cycle lytique et cycle lysogénique 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 / cytolysé = 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.

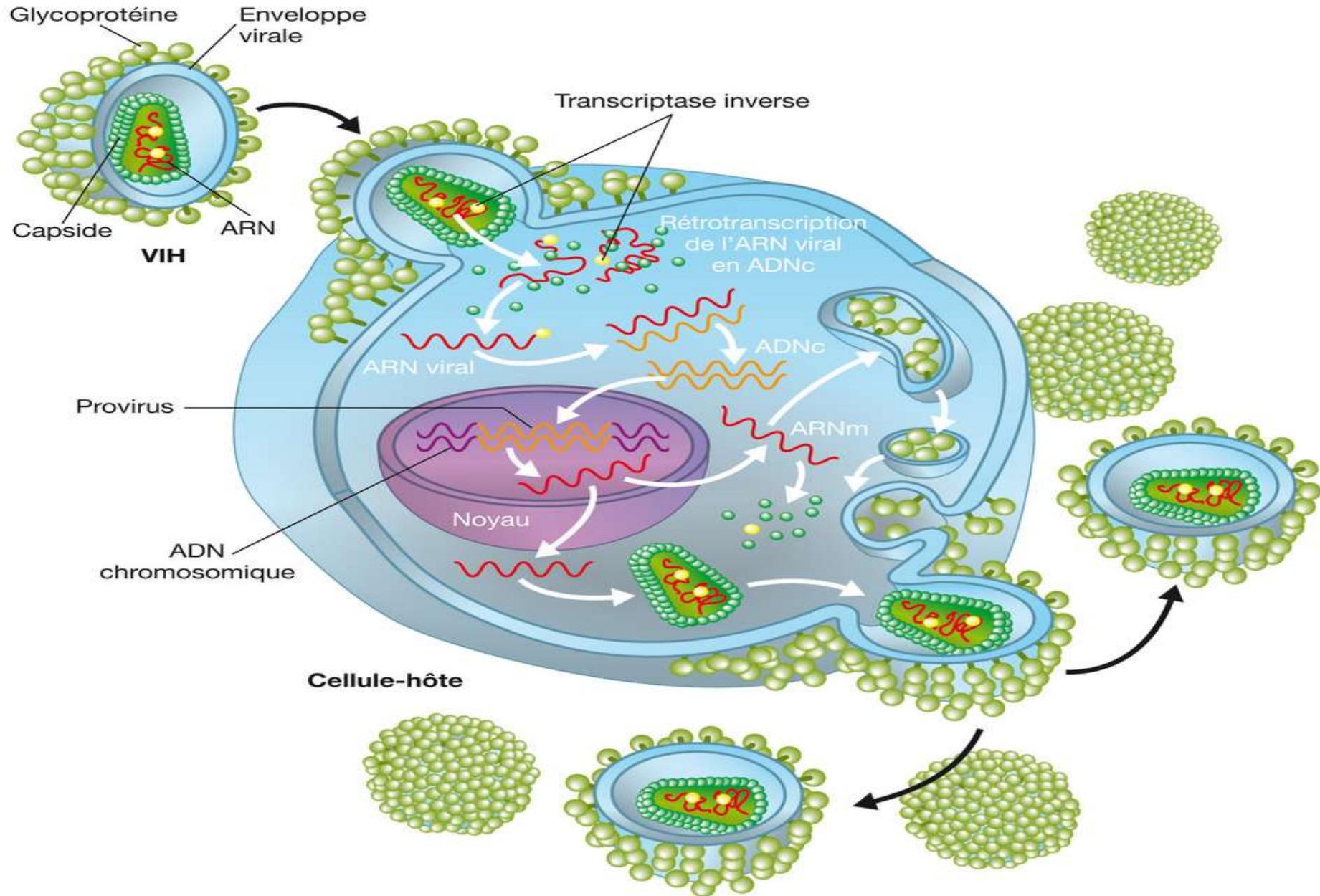
❑ Rétrovirus: Rétrovirus (VIH) utilise une transcriptase inverse pour convertir son ARN en ADN, qui s'intègre ensuite dans le génome de l'hôte.

- **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)



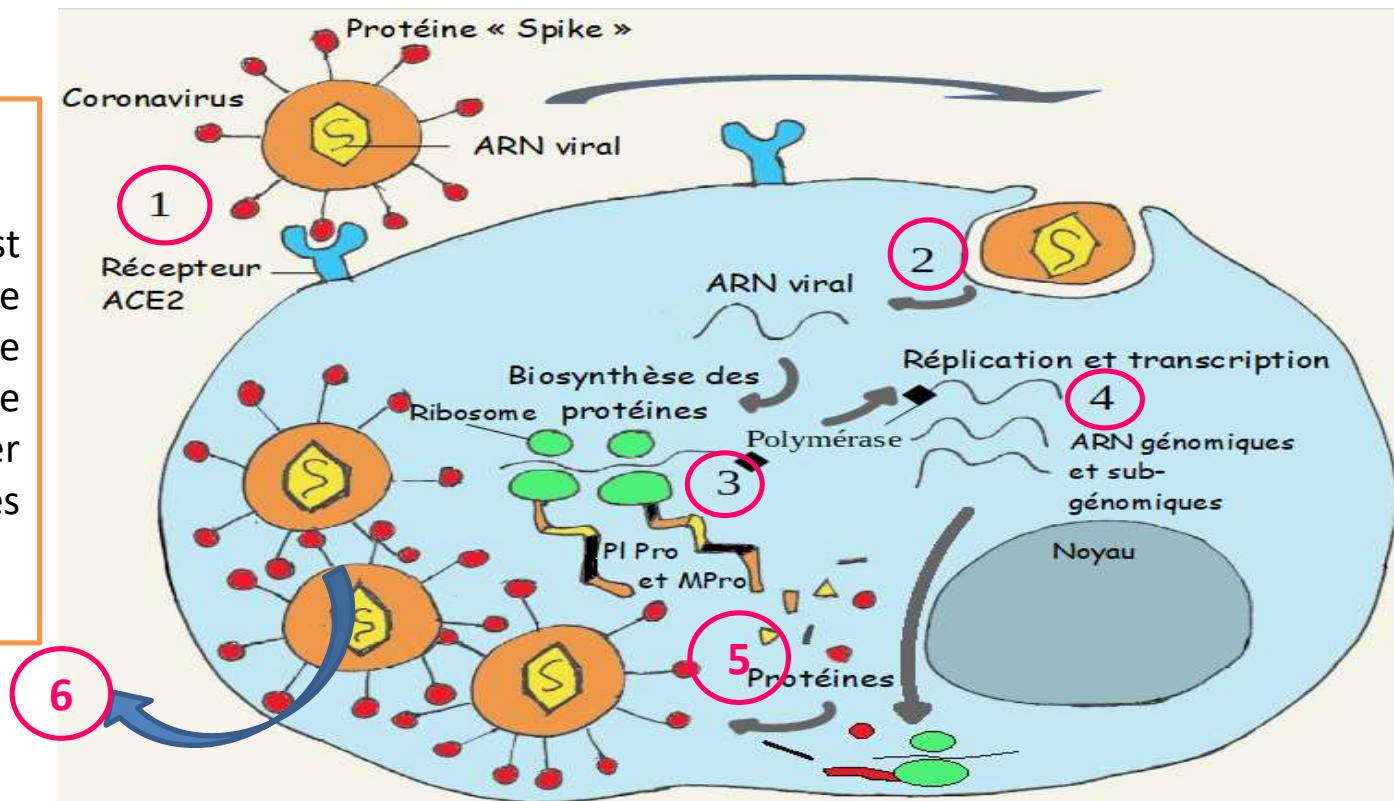
## Exemple2: Cycle de vie du Coronavirus

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, Masson2006.
2. Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes, 2 ème édition. J c Callen. DUNOD.2005.
3. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Virus>.