

# Virus

**Virus**

*Animaux*

*Plantes*

*Insectes*

*Parasites*

*Bactéries*

# Bactériophage

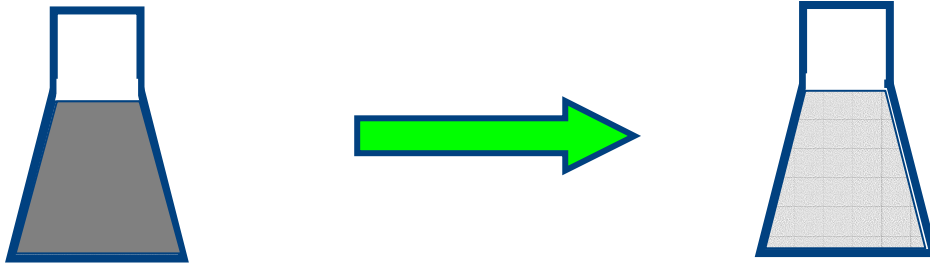
# Bactériophage

Les bactériophages ==> découverte

en 1915 par Frederick Twort

indépendamment

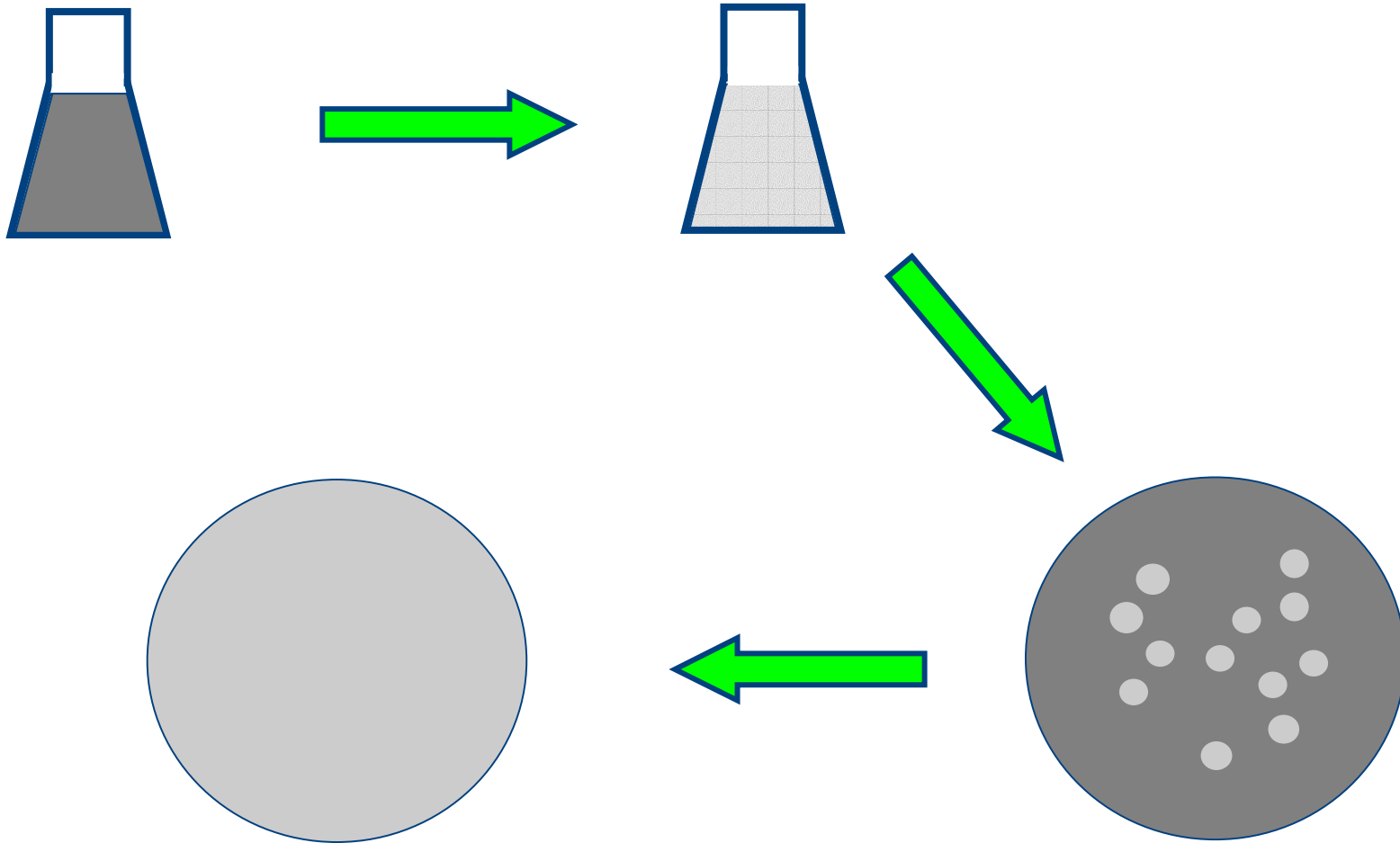
en 1917 par Félix D'Herelle



Félix D'Herelle :

Bactériophage ==> car lyse les bactéries

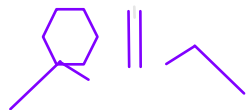
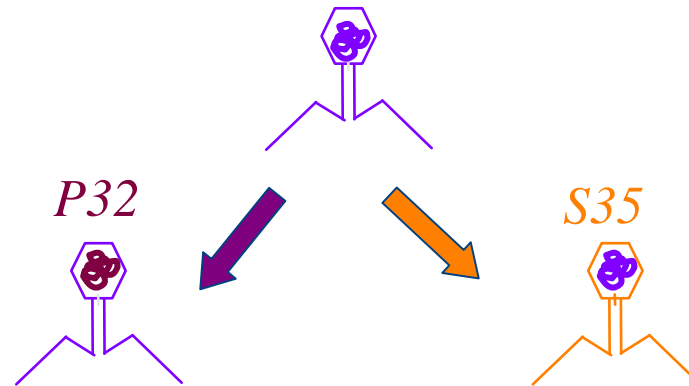
# Bactériophage



# Bactériophage

1952, Hershey et Chase → Seul le génome T2 entre dans la bactérie

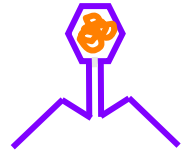
*Marquage*



*Radioactive*

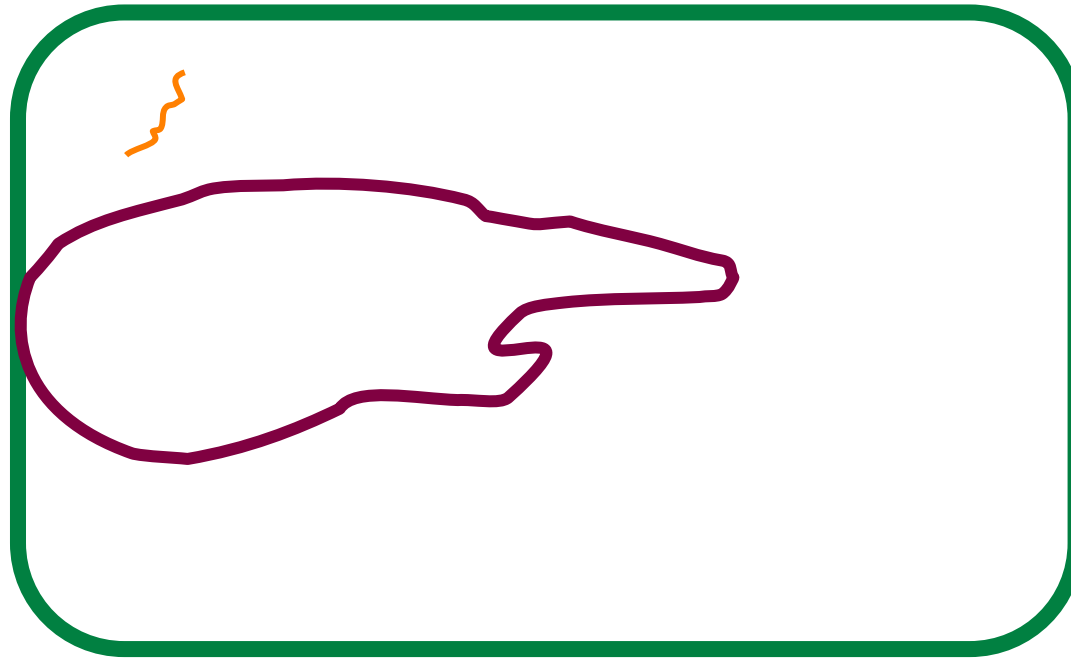


*Non Radioactive*



# Bactériophage

## *Adsorption*

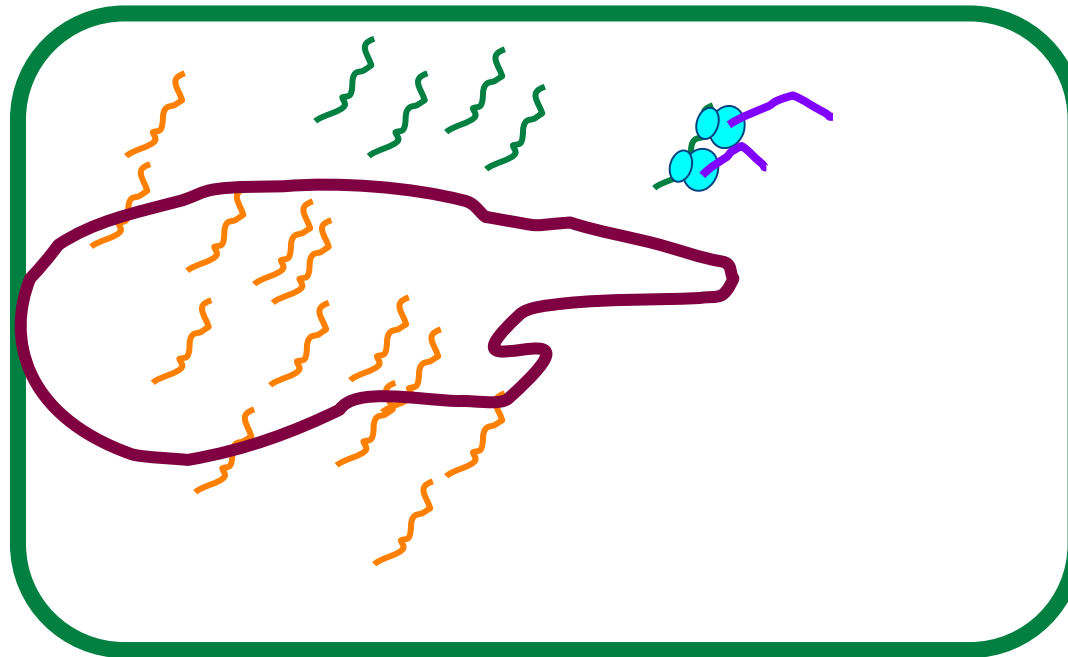


## *Latence*

*=> Blocage de la transcription bactérienne*

# Bactériophage

*Transcription et réplication du génome viral*

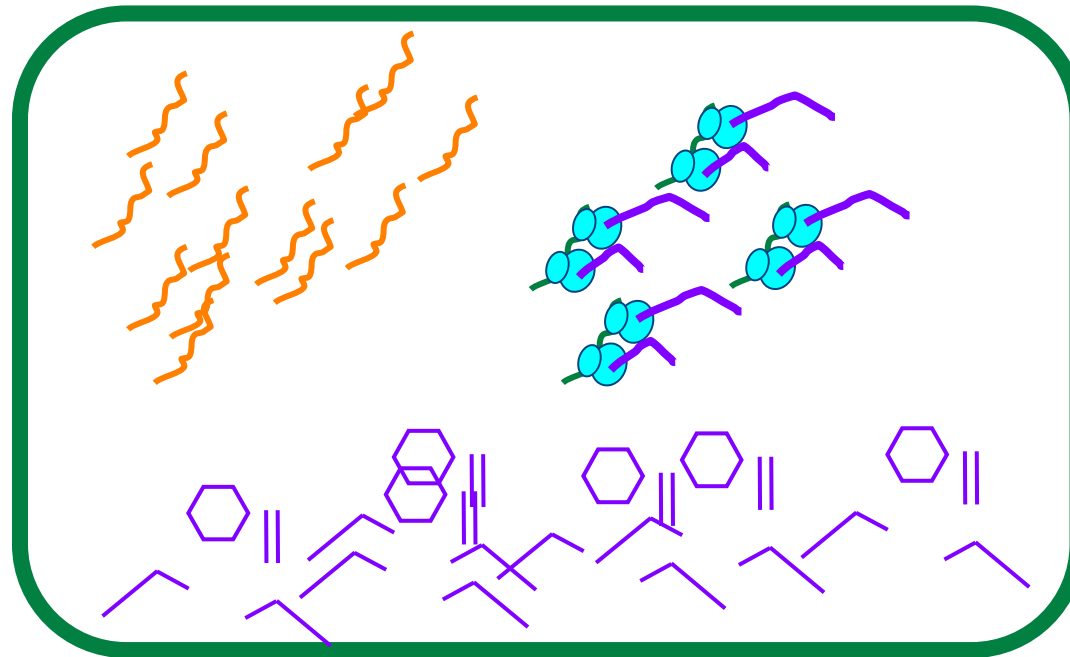


*Synthèse protéines virales*

*=> Lyse du génome bactérien*

# Bactériophage

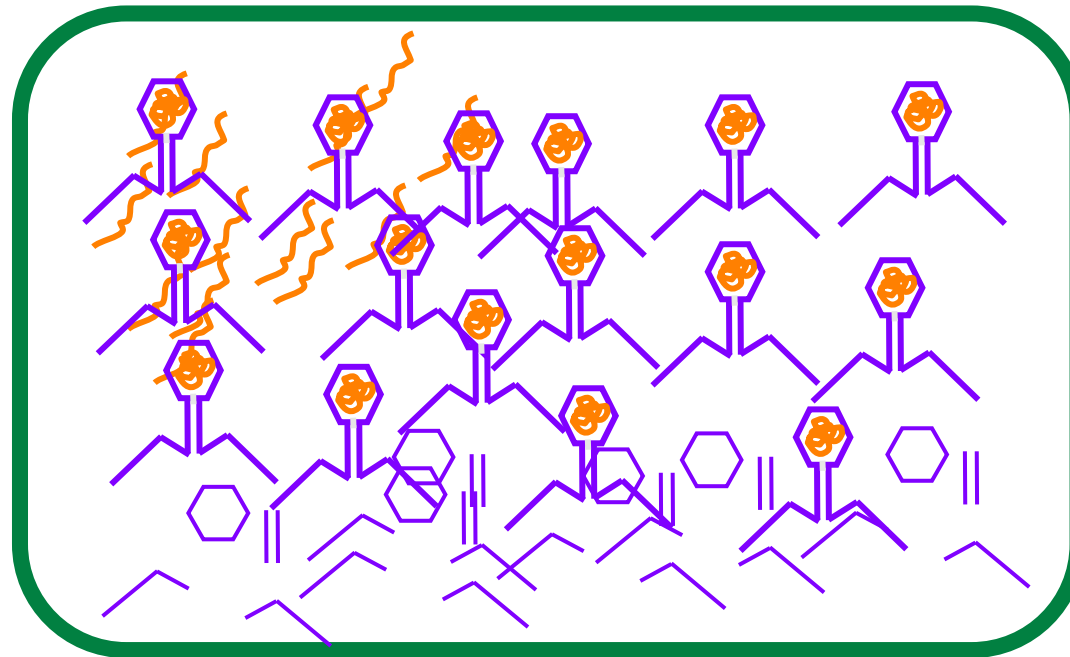
*Synthèse et assemblage des protéines virales*





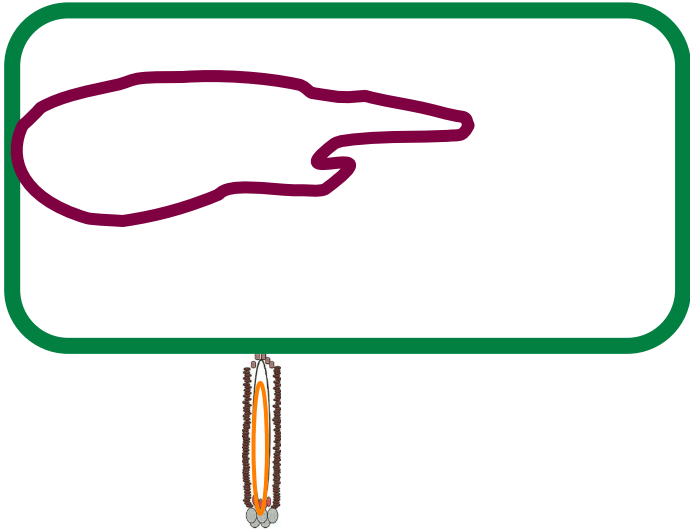
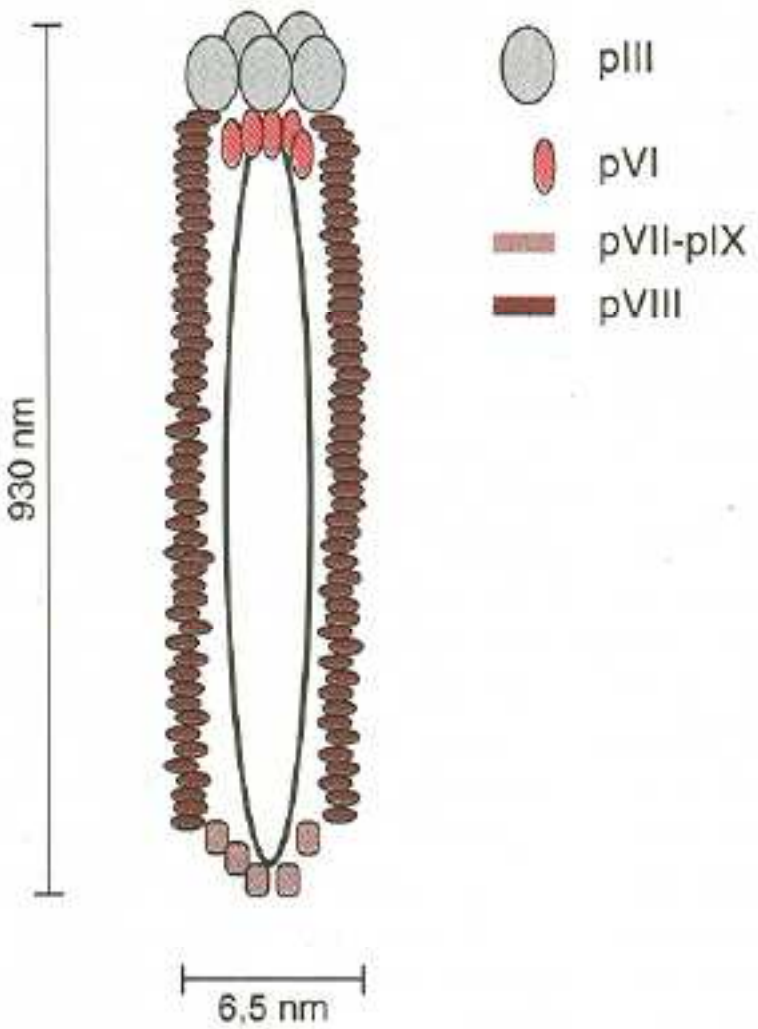
# Bactériophage

*Assemblage des virions*

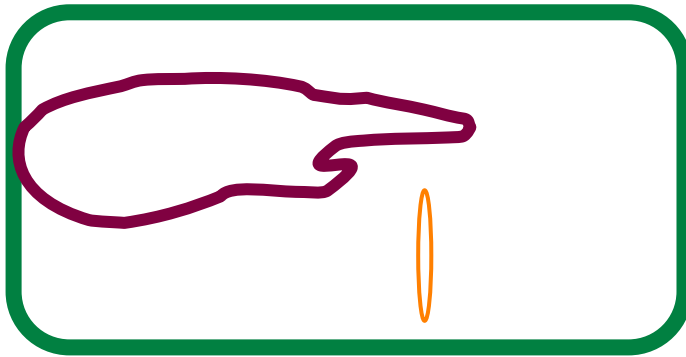
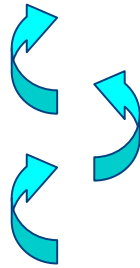
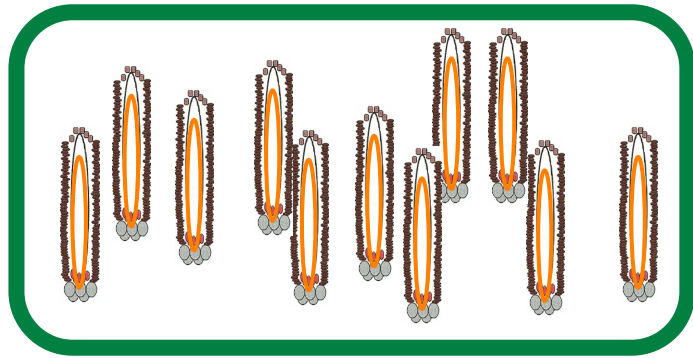


*Lyse de la bactérie*

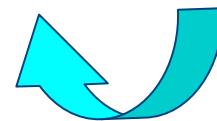
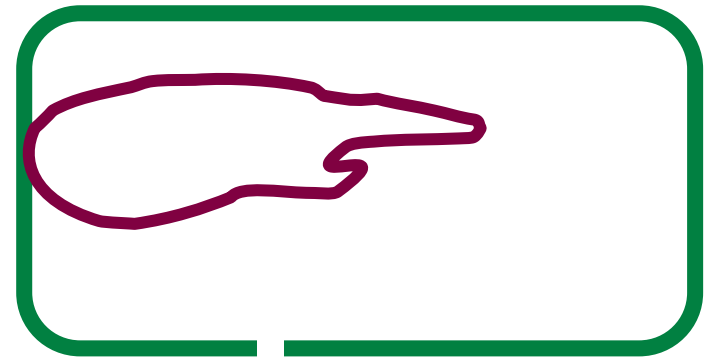
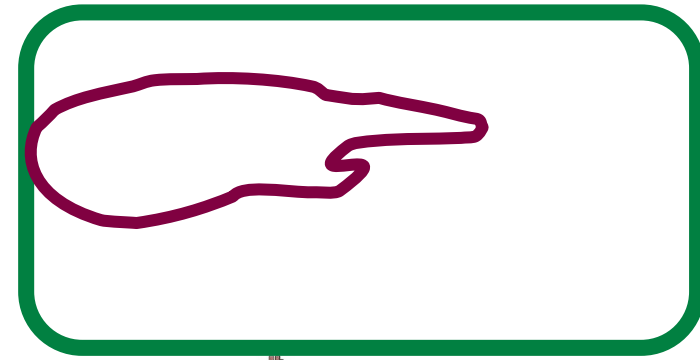
# Bactériophage filamenteux



# Bactériophage filamenteux



*Entrée du génome viral*

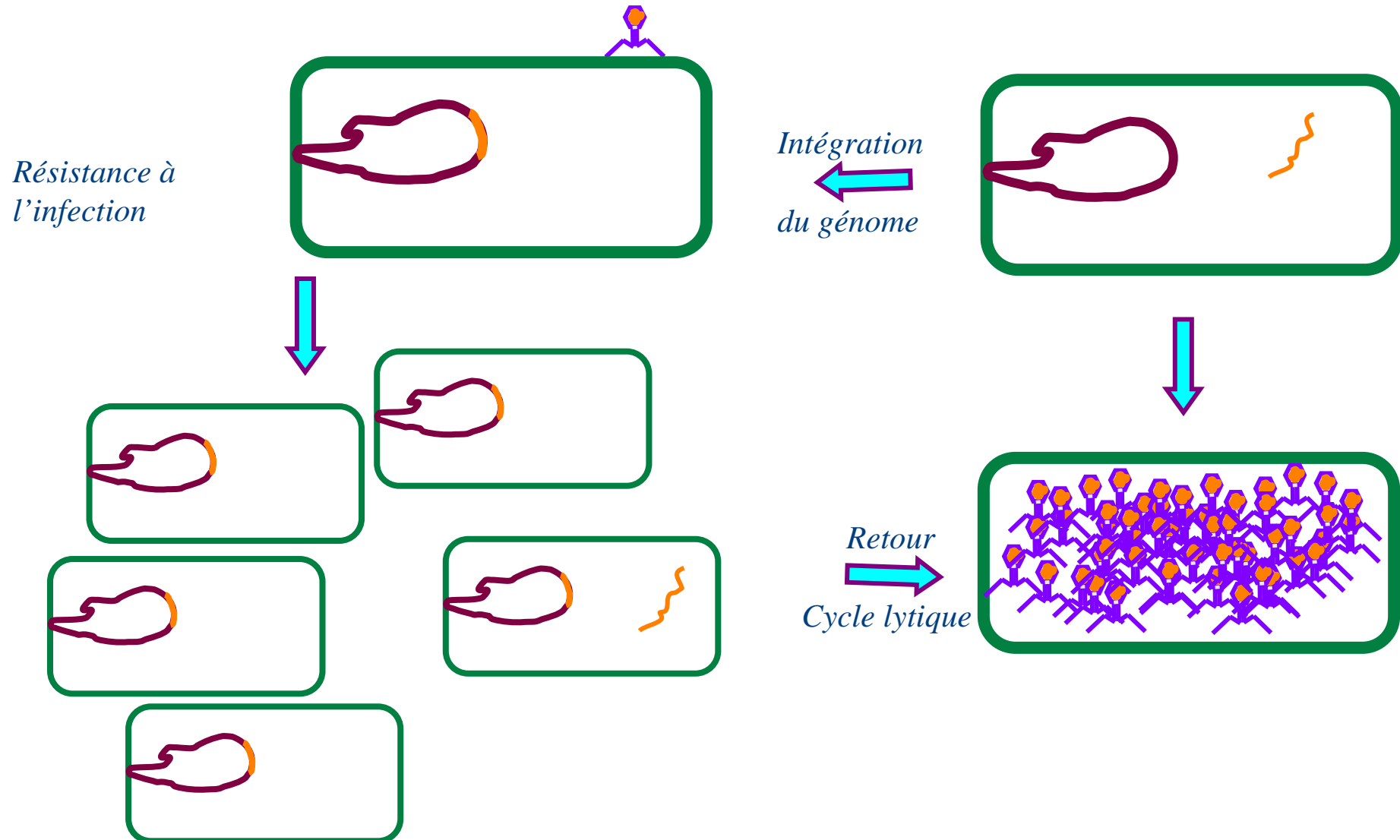


*Digestion de la paroi bactérienne*

# Bactériophage lysogénie



*Phage lambda*



# Virus et Plantes

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

# Virus et Plantes

<b>Virus à ARN monocaténaire linéaire</b>	92%
ARN- <i>Rhabdovirus Bunyavirus</i>	
ARN+ <i>Bromovirus Closteroviridae,</i> <i>Comoviridae, Luteoviridae,</i> <i>potyviridae, Sequiviridae, Tombusviridae</i>	
<b>Virus à ARN bicaténaire linéaire</b>	4%
<i>Réoviridae, partitiviridae</i>	
<b>Virus à ADN bicaténaire circulaire</b>	2%
<i>Géminiviridae</i>	
<b>Virus à ADN bicaténaire circulaire</b>	2%
<i>Caulimoviridae</i>	

# Virus et Plantes

ss RNA positif, Monopartite, non-enveloped -

**Potyvirus** - Potato virus Y x300,000

**Potexvirus** - Potato virus X x300,000

**Closterovirus** - Beet yellows virus x150,000

**Carlavirus** - Red clover vein mosaic virus x150,000

**Tobamovirus** - Tobacco mosaic virus x300,000

**Carmovirus** - Carnation mottle virus x300,000

**Polerovirus** - Beet western yellows virus x300,000

**Waikavirus** - Maize chlorotic dwarf virus x280,000

**Necrovirus** - Tobacco necrosis virus x300,000

**Sequivirus** - Parsnip yellow fleck virus x300,000

**Sobemovirus** - Cocksfoot mottle virus x300,000

**Tombusvirus** - Tomato bushy stunt virus x300,000

**Tymovirus** - Turnip yellow mosaic virus x300,000



# Virus et Plantes

**ss RNA positif, Bipartite, non-enveloped -**

***Bymovirus*** - Barley yellow mosaic virus x150,000

***Furovirus*** - Oat golden stripe virus x300,000

***Tobravirus*** - Tobacco rattle virus x300,000

***Dianthovirus*** - Red clover necrotic mosaic virus x280,000

***Comovirus*** - Cowpea mosaic virus x300,000

***Nepovirus*** - Arabis mosaic virus x300,000

***Fabavirus*** - Broad bean wilt virus x280,000



# Virus et Plantes

ss RNA positif, Tripartite, non-enveloped -

*Hordeivirus* - Barley stripe virus x300,000

*Cucumovirus* - Cucumber mosaic virus x300,000

*Bromovirus* - Brome mosaic virus x300,000

*Ilarvirus* - Prunus necrotic ringspot virus x300,000

*Alfamovirus* - Alfalfa mosaic virus x300,000

# Virus et Plantes

ss RNA positif, Tetrapartite, Pentapartite, non-enveloped -  
*Tenuivirus* - *Maize stripe virus* x280,000 (5 ARN)

ds RNA,, non-enveloped -  
*Partitiviridae*

<i>Partivirus</i>	<i>Atkinsonella hypoxylon virus</i>
<i>Alphacryptovirus</i>	<i>White clover cryptic virus 1,</i> <b><i>Beet cryptic virus x300,000</i></b>
<i>Betacryptovirus</i>	<i>White clover cryptic virus 2</i>

ss RNA négatif, monocathénaire, enveloped -

*Nucleorhabdovirus* - *Maize mosaic virus* x150,000

**==> Famille des *Rhabdoviridae***

# Virus et Plantes

ds DNA, non-enveloped -  
**Caulimoviridae**

<i>Caulimovirus</i>	<b><i>Cauliflower mosaic virus x300,000</i></b>
<i>Soymovirus</i>	<i>Soybean chlorotic mottle virus</i>
<i>Cavemovirus</i>	<i>Cassava vein mosaic virus</i>
<i>Tungrovirus</i>	<i>Rice tungro bacilliform virus</i>
<i>Badnavirus</i>	<i>Commelina yellow mottle virus</i> <b><i>Cocoa swollen shoot virus x150,000</i></b>

ss DNA, non-enveloped -

***Mastrevirus*** - *Maize streak virus x300,000*

# Virus et Plantes

*Bipartite, tripartite, tétrapartite*



*Multipartite ≠ segmenté*

*Nepovirus*

Bean pod mottle virus (BPMV) ==> 2 ARN ss +



*RNA1*

*2/3 génome 5800b*

*Large particules*



*RNA2*

*1/3 génome 3500b*

*Médium particules*



*Small particules*



**Nécessité d'un coinfection par L et M Particules**

# Virus et Plantes

*Bipartite, tripartite, tétrapartite, etc*

➡ *Multipartite ≠ segmenté*

*Tenuivirus* ==> rice grassy stunt virus 6 ARN  
Maize stripe virus 4 ARN

*ARN simple brin ambisens*



# Virus et Plantes

Transmission des virus

**Verticale**

**Horizontale**

# Virus et Plantes

## *Transmission verticale*

==> **A la descendance**

*Par le pollen :*

Peu de cas hôte-virus :

 **l'inoculation d'une plante saine par du pollen infecté**

# Virus et Plantes

## *Transmission verticale*

==> **A la descendance**

*Par le pollen :*

Peu de cas hôte-virus :


 **l'inoculation d'une plante saine par du pollen infecté**

Prunus Necrotic RingSpot Virus (PNRSV)

Apple mosaic virus (ApMV)

Prune dwarf virus (PDV)

*Ilarvirus* => virus ARN segmenté

 **Conduit à la présence de  
graines virosées sur un pied  
mère sain**



# Virus et Plantes

## *Transmission verticale*

==>A la descendance

→ l'inoculation d'une plante saine par du pollen infecté

→ Conduit à la présence de graines virosées sur un pied mère sain

→ *Pathologie descendance*

*Arbre issu de la graine*

# Virus et Plantes

## *Transmission verticale*

==> **A la descendance**

*Par la graine ==> assez rare*



**graine infectée**

# Virus et Plantes

## *Transmission verticale*

**==>A la descendance**

*Par la la cuticule et infection lors de la germination*

 le virus de la mosaïque de la tomate

# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Transmission mécanique**

*Outils, blessures*

*feuilles sur feuilles par contact.*

# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

<i>Homoptères</i>	<i>Espèces vectrices</i>	<i>nombre virus</i>
<i>Stenorrhyncha</i>		
<i>Pucerons</i>	<b>200</b>	<b>200</b>
<i>Aleurodes</i>	<b>3</b>	<b>10</b>
<i>Cochenilles</i>	<b>19</b>	<b>4</b>
<i>Auchenorrhyncha</i>		
<i>Cicadelles</i>	<b>151</b>	<b>38</b>
<i>Autres</i>	<b>32</b>	<b>20</b>

# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Les insectes piqueurs**

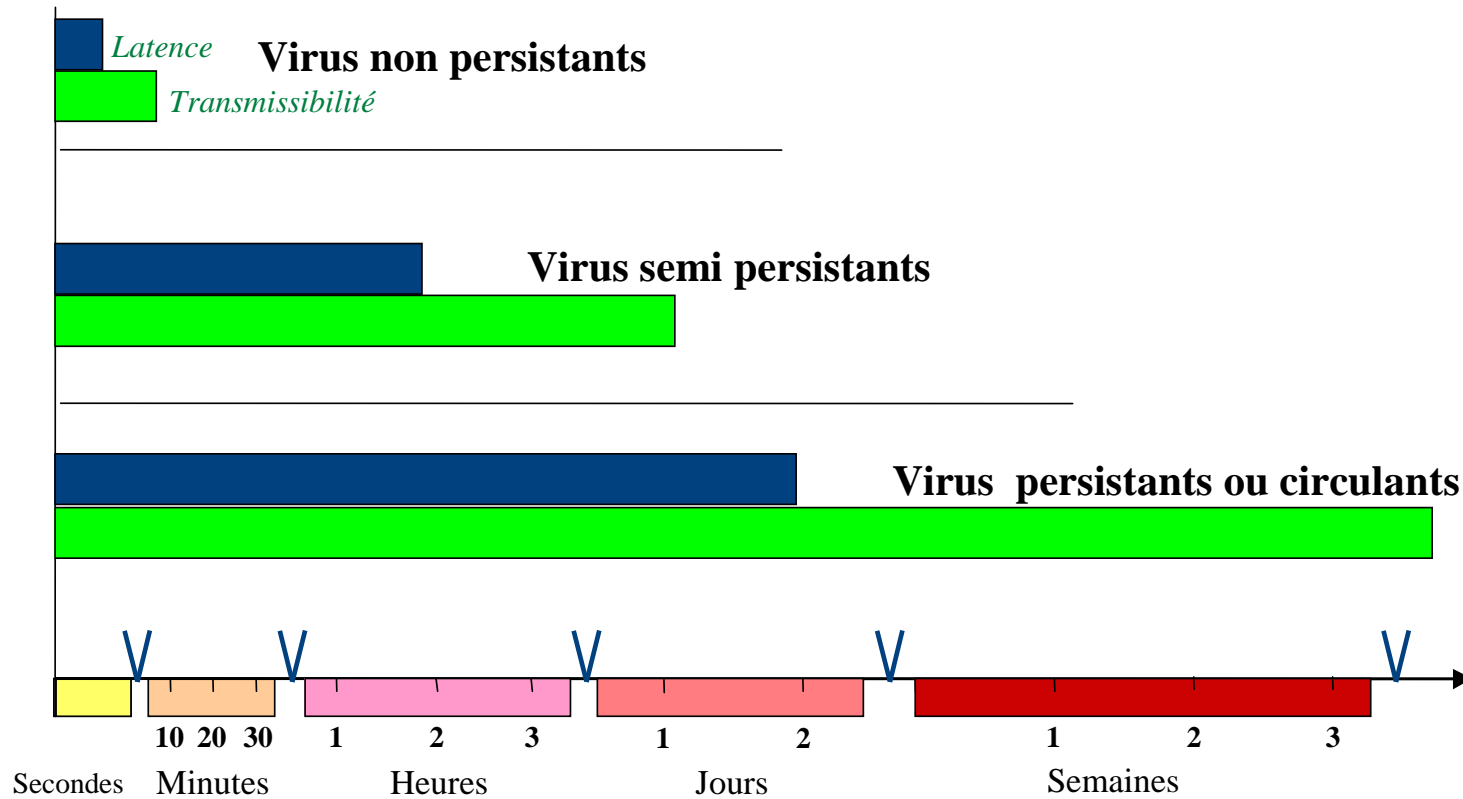
*Persistence :*

*=> Temps de survie d'un virus dans son vecteur*

# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Persistance**



# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

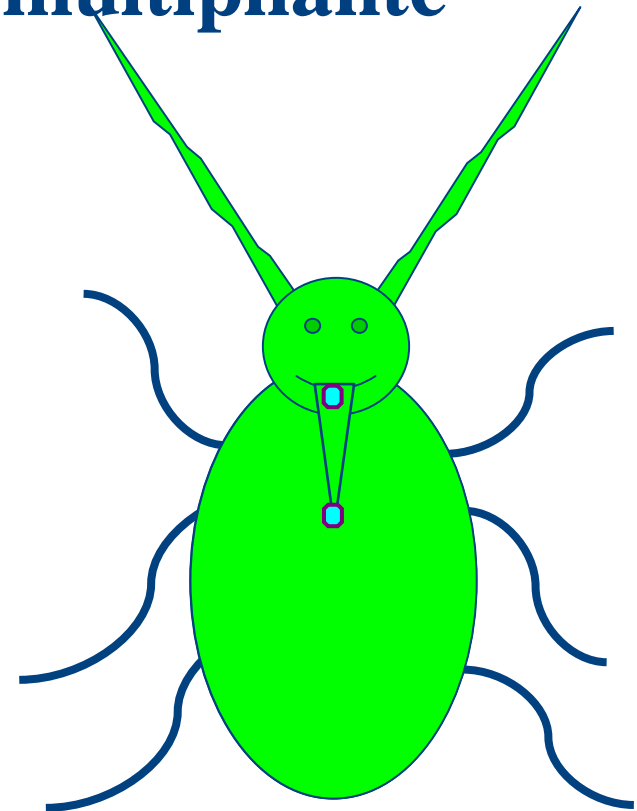
- **Transmission circulante non-multipliante**

*Virus absorbés par le vecteur  
lors d'un repas*

*Migration => tube digestif*

*Traverse la paroi intestinale  
=> Passage par l'hémolymphe  
=> Glandes salivaires*

*Inoculation à la plante  
avec la salive*





# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Transmission circulante non-multipliante**

### **Latence**

=> *le temps de migration du virus vers les glandes salivaires*

### **Transmissibilité**

=> *Aussitôt le retour dans les glandes salivaires*

=> *Tant qu'il reste du virus dans les glandes*

- *Uniquement chez les virus de plantes*

- ***Luteovirus***



Barley yellow dwarf virus *jaunisse de l'orge*  
Pea enation mosaic virus *jaunisse du pois*

- ***Geminivirus***



Maize streak virus *Virus maïs*

- ***Begomovirus***



African Cassava Mosaic *Virus mozaique du manioc*

# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Transmission circulante multipliante**

### *Réplication du virus dans le vecteur*



lettuce necrotic yellows virus (LNYV)

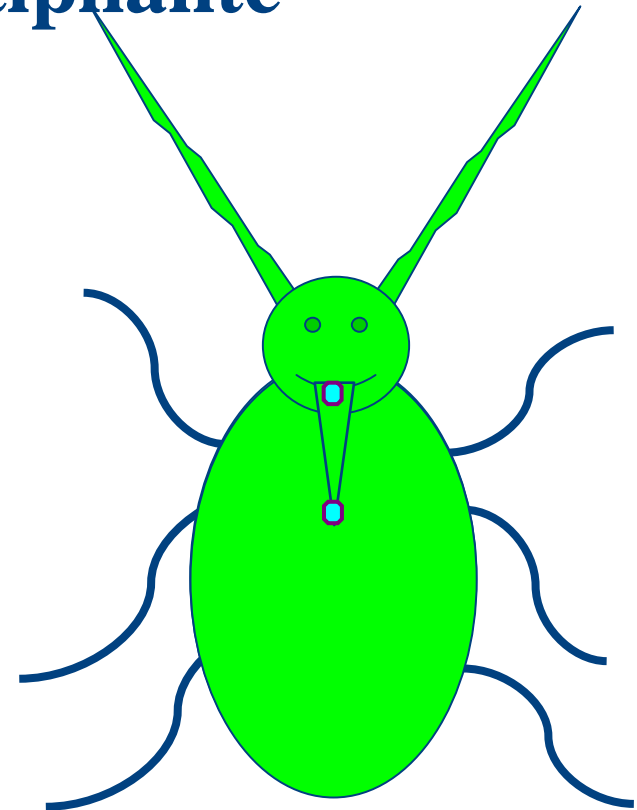


potato yellow dwarf virus (PYDV)

*Maize stripe virus (MStV, Tenuivirus)*

**Latence** *temps nécessaire pour que le virus se réplique dans le vecteur*

**Transmissibilité** *le temps de la vie du vecteur*



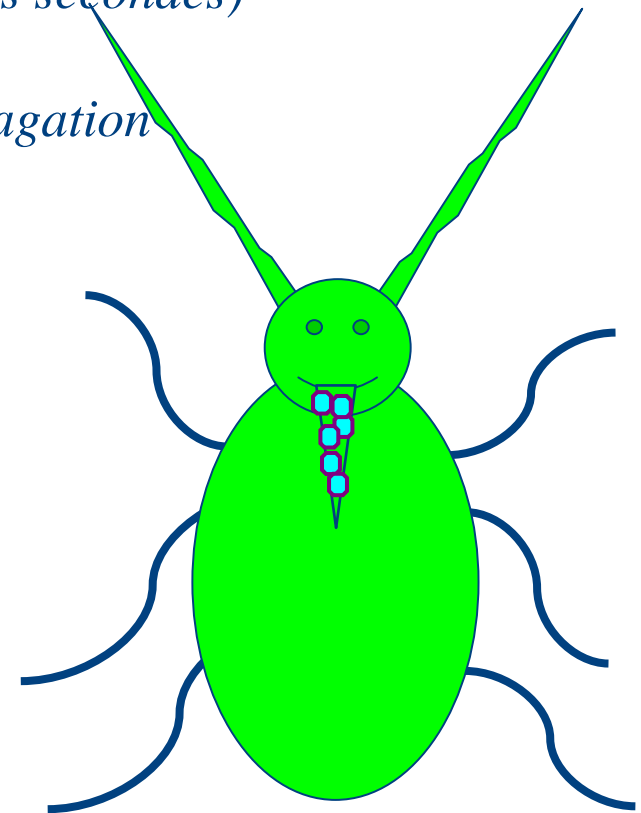
# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Virus non-persistant**

- ➔ *Durée de vie du virus très brève en dehors de la plante*
- ➔ *Repas d'acquisition est de très courte durée (quelques secondes)*
- ➔ *Réinoculation très rapidement => nécessaire à propagation*

*Virus se fixent au niveau  
des pièces buccales  
ou du stylet du vecteur*



# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Virus non-persistant**

*Plus grande majorité des virus de plantes et tous les vecteurs*

→ *aleurodes, cochenilles, cicadelles, pucerons*

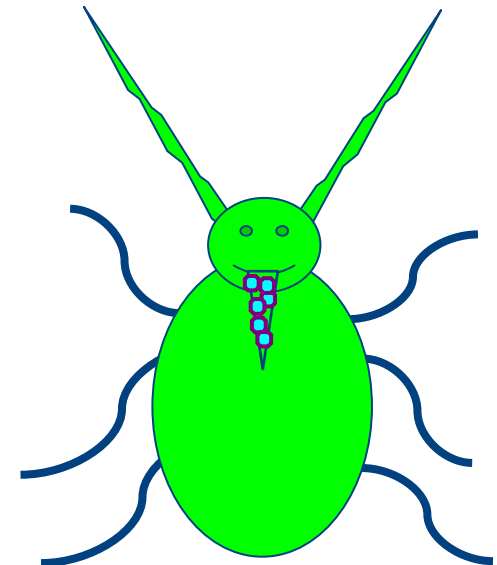
→ *sur 250 virus transmis par pucerons, 226 sont « non-circulants »*



*Cucumber mosaic virus CMV*

*Potato virus Y PVY*

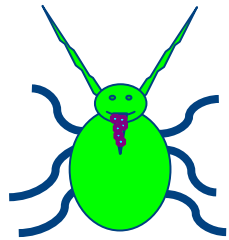
*Cauliflower mosaic virus CaMV*



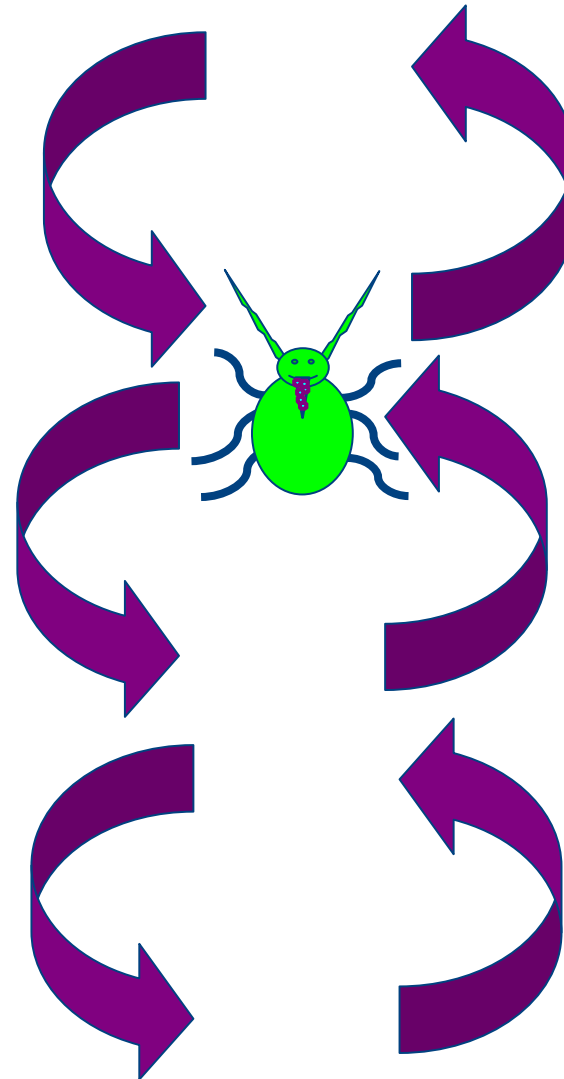
# Virus et Plantes

Cucumber mosaic virus (CMV)  
BROMOVIRIDAE, CUCUMOVIRUS

*Réservoir*



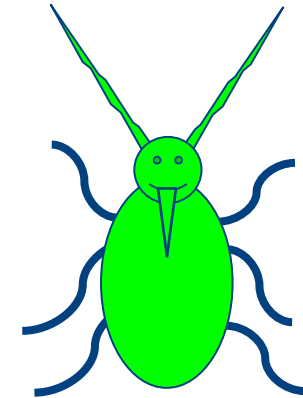
Solanum nigrum  
Stellaria media



# Virus et Plantes

## *Transmission horizontale*

- **Virus semi persistant**



*Durées de vie plus longue en dehors de la plante*

*==> quelques heures à qq jours*

*Le repas d'acquisition et le repas d'inoculation sont plus long*

*==> quelques heures*



*Beet yellows virus (BYV) jaunisse de la betterave*



*Maize chlorotic dwarf virus (MCDV) Maïs*

# Virus et Plantes

*BNYVV : Beet Necrotic Yellow Vein Virus*

=> *Virus des nervures jaunes et nécrosantes de la betterave*

*Vecteur Champignon du sol => Polyxyma betae*



Quand un terrain est **contaminé**, on ne peut plus se débarrasser **du virus**

# Virus et Plantes

*BNYVV : Beet Necrotic Yellow Vein Virus*

*Transmission persistante*

*=> le virus est à l'intérieur des spores du champignon  
et non adsorbé à l'extérieur*

**Spores dans les racines**

**=> infection persistante**

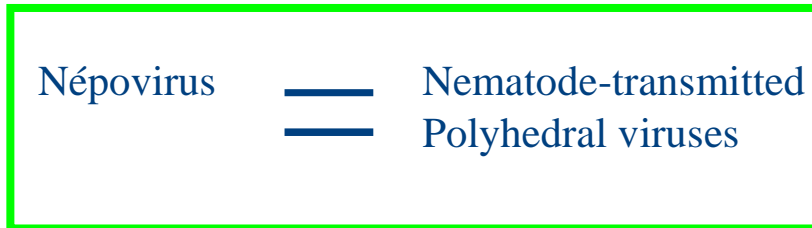
**=>le virus reste toujours associé aux spores**



# Virus et Plantes

## *Transmission par nématodes*

- Nématodes : vecteurs de 2 genres viraux
  - *Nepovirus* (petits virus isométrique dont les vecteurs sont des *Xiphinema* ou des *Longidoridae*)



*Arabidopsis mosaic virus*

- *Tobravirus* (TRV) transmis par les genres *Trichodorus* et *Paratrachodorus*.

*Tobacco rattle virus*

# Virus et Plantes

- Nématodes : vecteurs de 2 genres viraux

- *Nepovirus*

tomato ringspot virus strains *le virus des tâches annulaires de la tomate*  
peach rosette mosaic virus  
peach yellow bud mosaic virus  
cherry rasp leaf virus *le virus de l'enroulement de la cerise*  
grapevine yellowvein virus *le virus de l'enroulement de la vigne*  
...

*11 espèces de Xiphinema transmettent*

*13 Népovirus*

*virus de la tâche annulaire du framboisier  
le virus de l'anneau noir de la tomate.*

*11 espèces de Longidoridae ==>*

*10 Népovirus*

- *Tobravirus* (TRV) transmis par les genres *Trichodorus*

*14 espèces de Trichodorus ==>*

*2 Tobravirus*

**tobacco rattleVirus**

**pea early browning Virus**

# Virus et Plantes

## *Transmission par nématodes*

*Non répliquative semi-persistance*

*Fixation sur la cuticule des nématodes*

*=> Direct ou protéine virale de liaison*

*Longidorus - surface odontostyle*

*Xiphinema - surface odontophore et région  
oesophage*

*Trichodorus - surface onchiostyle et oesophage.*

*Virus jamais dans les œufs, pas de répliquation...*

# Virus et Plantes

## *Transmission par nématodes*

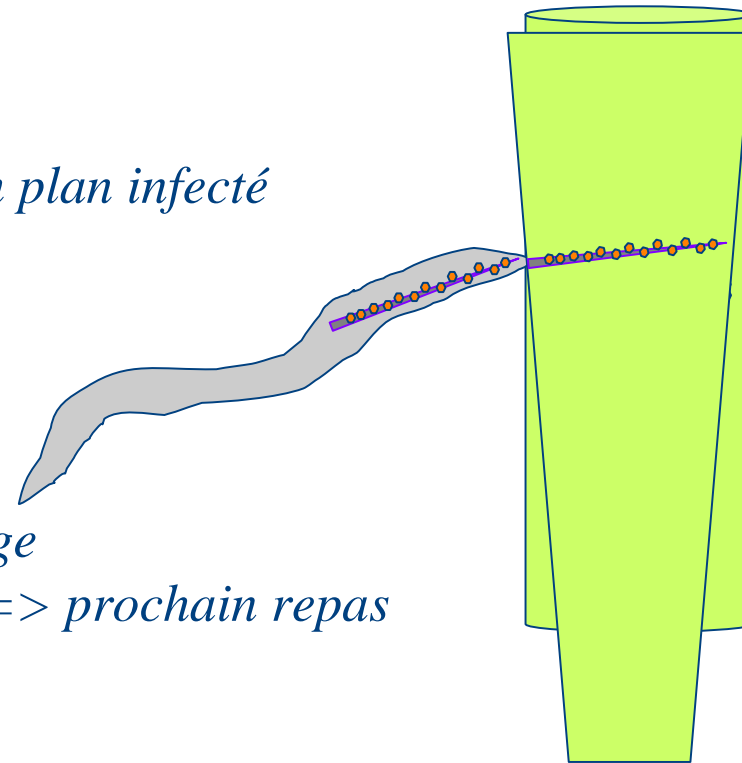
*Non répliquative semi-persistance*

*Lors d'un « repas » du nématode sur un plan infecté*

*Acquisition ==> moins d'une heure  
à plusieurs jours*

*Rétention ==> 1 an possible oesophage*

*==> prochain repas*



*Injection => repas suivant*

*=> Décrochage du virus de la cuticule*

*=> sécrétion oesophagienne nématode*

# Virus et Plantes

• Grapevine Fanleaf Virus GFLV = *Court-noué de la Vigne*

# Virus et Plantes

## .Grapevine Fanleaf Virus

## GFLV

**Familles => Hôtes sensibles** Amaranthaceae (2/2)• Chenopodiaceae (10/10)• Cucurbitaceae (2/2)• Leguminosae-Papilionoideae (4/4)• Solanaceae (9/9)• Vitidaceae (4/4)

### Espèces sensibles

- Amarante : Amaranthus caudatus
- Amarantine : Gomphrena globosa
- Betterave rouge, carottes : Beta vulgaris
- Chénopodes : Chenopodium album• Chenopodium amaranticolor• Chenopodium ambrosioides• Chenopodium capitatum• Chenopodium foetidum• Chenopodium foliosum• Chenopodium hybridum• Chenopodium murale• Chenopodium quinoa
- Concombres : Cucumis sativus• Cucurbita maxima• Glycine max
- Tabacs : Nicotiana benthamiana• Nicotiana bigelovii• Nicotiana clevelandii• Nicotiana debneyi• Nicotiana glutinosa• Nicotiana megalosiphon• Nicotiana rustica• Nicotiana tabacum
- Pétunias : Petunia xhybrida
- Haricots : Phaseolus vulgaris
- Fèves : Vicia faba
- Vignes : Vigna unguiculata• Vitis• Vitis labrusca• Vitis rupestris• Vitis vinifera

**Espèces résistantes** • Nicotiana clevelandii• Nicotiana glutinosa• Poncirus trifoliata• Prunus americana × P. salicina• Prunus armeniaca• Prunus cerasifera• Prunus domestica• Prunus mahaleb• Prunus persica• Prunus serrulata• Rubus idaeus• Rubus occidentalis

# Virus et Plantes

Transmission non persistante  
par plusieurs espèces de pucerons

*Cucumber Mosaic Virus*

plusieurs souches de CMV

==> infecter plus de 775 différentes  
espèces de plantes dans 85

familles

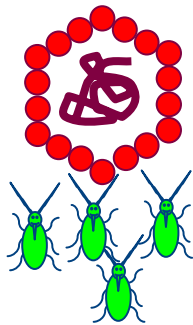
Melons, concombres, haricots, poivron, tomate,  
laitue, tabac, betterave à sucre, épinard...

# Virus et Plantes

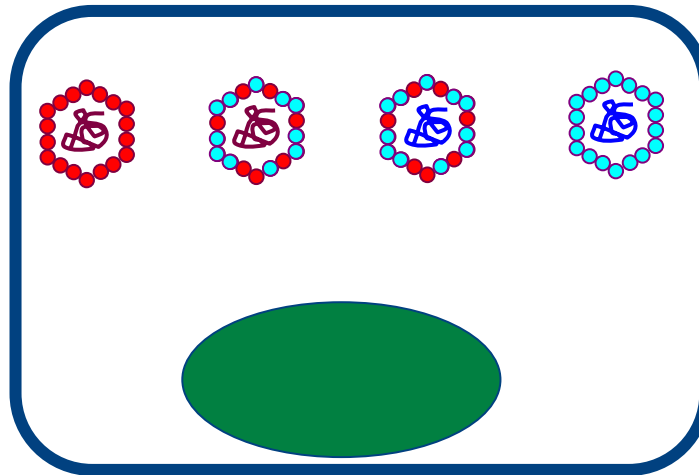
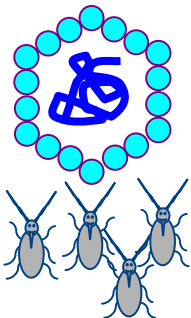
## *Trans-encapsulation*

Plante infectée par 2 virus proches transmis par des vecteurs  $\neq$

Virus A



Virus B



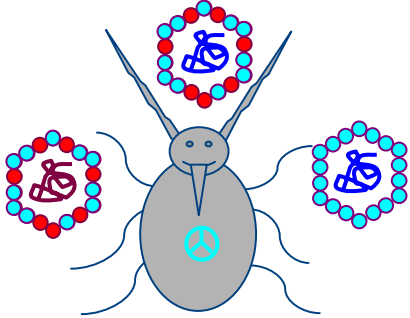
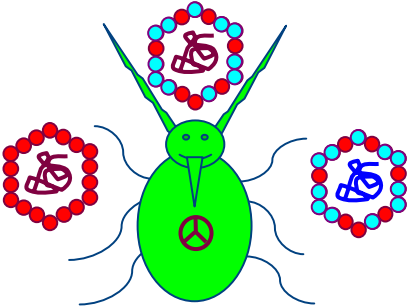
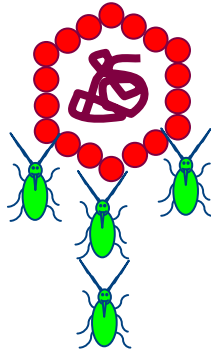


# Virus et Plantes

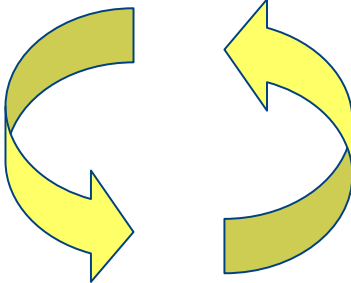
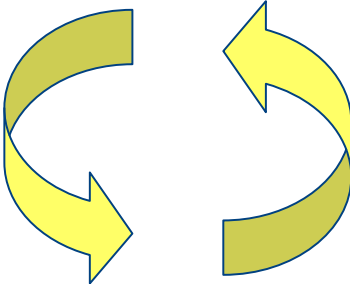
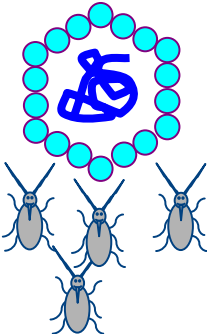
## *Trans-encapsulation*

Plante infectée par 2 virus proches transmis par des vecteurs ≠

Virus A



Virus B



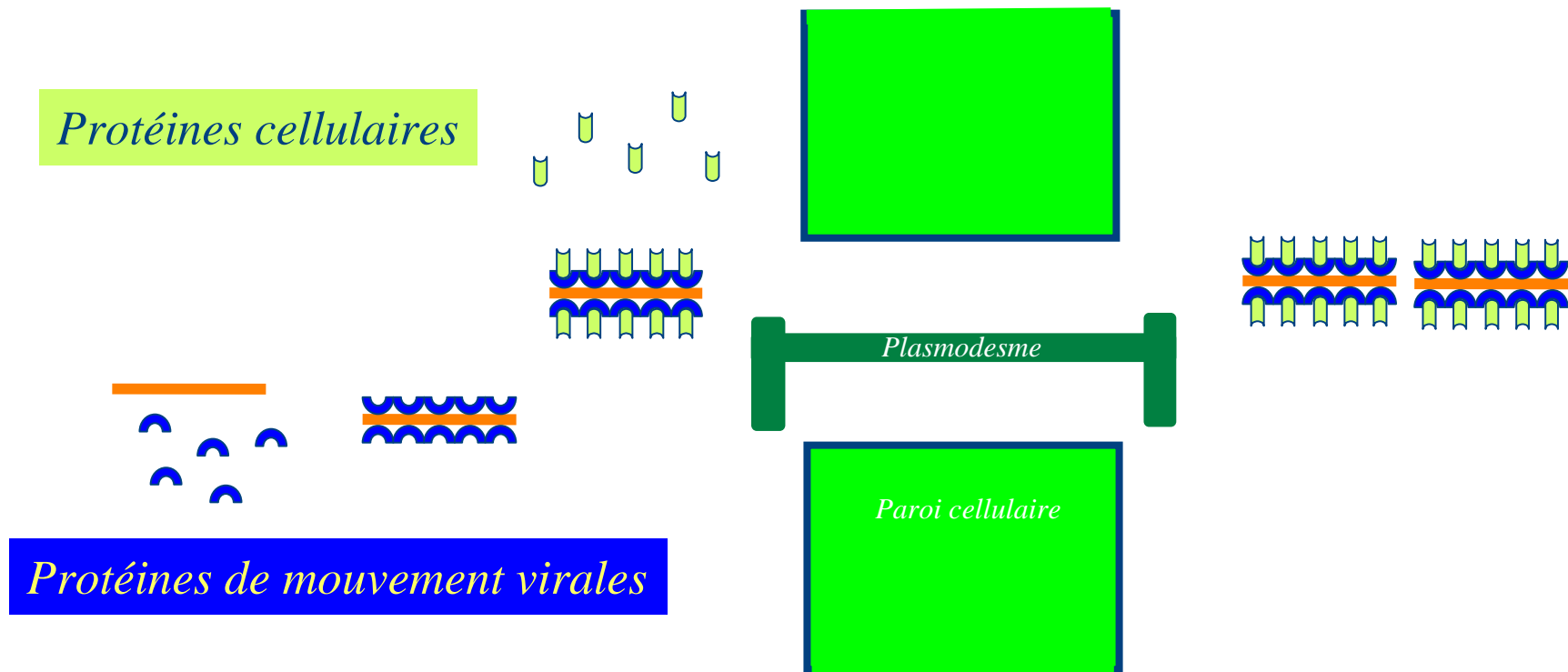
*Transmission comme Virus Bipartite/ Pluripartite*

# Virus et Plantes

## *Mouvement du virus dans la plante*

*TMV : Tobacco mosaic virus*

=> *mouvement de l'ARN*

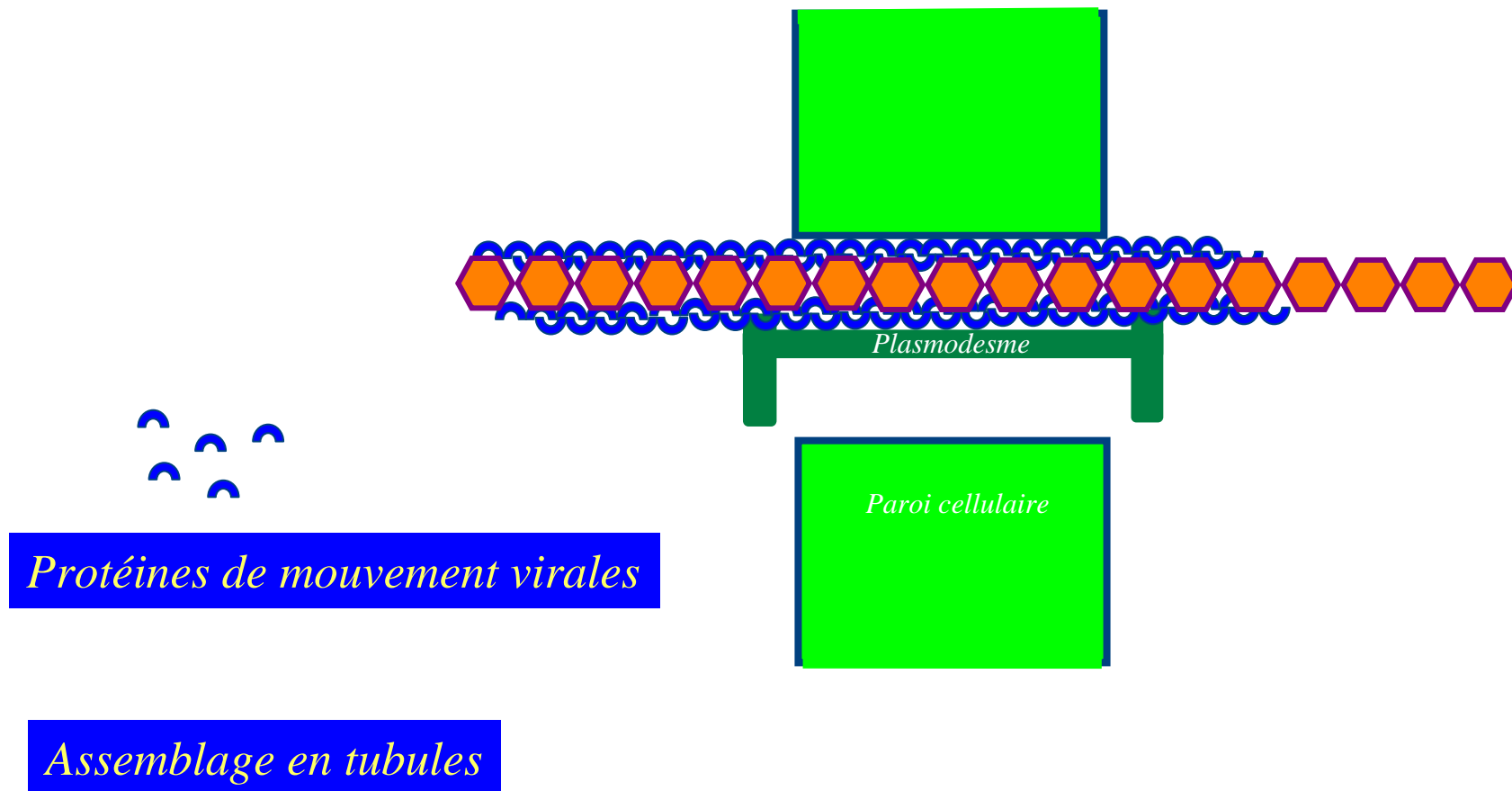


# Virus et Plantes

## *Mouvement du virus dans la plante*

*CPMV : Cowpea mosaic virus*

=> *mouvement de l'ARN*



# Virus et Plantes

*Pepper mild mottle virus : PPMV*

*Transmission par les graines et mécanique ensuite*

*Quel est le vecteur principal en Asie?*

# Virus et Plantes

PMMV	7,966	79.97%	5,911	75.71%	7,961	99.38%	21,838	84.71
Tobacco mosaic virus	91	0.91%	100	1.28%	36	0.45%	227	0.88
Picobirnavirus	27	0.27%	701	8.98%	5	0.06%	733	2.84
Tomato mosaic virus	12	0.12%	10	0.13%	1	0.01%	23	0.09
Oat blue dwarf virus	1,358	13.63%					1,358	5.27
Grapevine asteroid mosaic-associated virus	302	3.03%					302	1.17
Maize rayado fino virus	91	0.91%					91	0.35
Grapevine red globe virus	16	0.16%					16	0.06
Physalis mottle tymovirus	11	0.11%					11	0.04
Poinsettia mosaic virus	11	0.11%					11	0.04
Grapevine rupestris vein feathering virus	10	0.10%					10	0.04
Prunus necrotic ringspot	9	0.09%					9	0.03
Nigerian tobacco latent virus	7	0.07%					7	0.03
Eggplant mosaic virus	5	0.05%					5	0.02
Grapevine fleck virus	5	0.05%					5	0.02
Ononis yellow mosaic virus	3	0.03%					3	0.01
Obuda pepper virus	2	0.02%					2	0.01
Chayote mosaic tymovirus	1	0.01%					1	0.00
Haemophilus influenzae phage HP2	1	0.01%					1	0.00
Kennedya yellow mosaic virus	1	0.01%					1	0.00
Lycopersicon esculentum TVM viroid	1	0.01%					1	0.00
Ribgrass mosaic virus	1	0.01%					1	0.00
Turnip vein-clearing virus	1	0.01%					1	0.00
Tobacco mild green mosaic virus	15	0.15%	9	0.12%			24	0.09
Odontoglossum ringspot virus	11	0.11%	1	0.01%			12	0.05
Paprika mild mottle virus	2	0.02%	5	0.06%			7	0.03
Cocksfoot mottle virus	1	0.01%	1	0.01%			2	0.01
Oat chlorotic stunt virus			226	2.90%			226	0.88
Panicum mosaic virus			141	1.81%			141	0.55
Melon necrotic spot virus			39	0.50%			39	0.15
Tobacco necrosis virus			23	0.30%			23	0.09
Galinsoga mosaic virus			13	0.17%			13	0.05
Carnation mottle virus			8	0.10%			8	0.03
Roseophage SIO1			4	0.05%			4	0.02
Johnsongrass chlorotic stripe mosaic virus			1	0.01%			1	0.00
Saccharomyces cerevisiae virus La			1	0.01%			1	0.00
Maize chlorotic mottle virus			599	7.67%	2	0.03%	601	2.33
Pothos latent virus			14	0.18%	1	0.01%	15	0.06
Moloney murine leukemia virus					2	0.03%	2	0.01
Bacteriophage L cro					1	0.01%	1	0.00
Olive latent virus 1					1	0.01%	1	0.00
Shigella flexneri bacteriophage V					1	0.01%	1	0.00
Total	9,961		7,807		8,011		25,779	100.00

*Étude sur qq sujets en Asie*

PLoS Biol. 2006 Jan; Zhang et al

*Sur 36769 séquences virales obtenues*

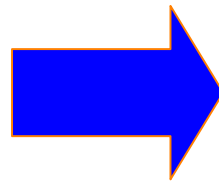
*=> la grande majorité*

*=> virus de plante*

# Virus et Plantes

*PMMV également retrouvé dans 18 sujets Américains et Asiatiques*

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (LZW)  
sont requis pour visionner cette image.



*PMMV toujours pathogène pour  
les plantes, après passage dans  
tube digestif humain*

PLoS Biol. 2006 Jan; Zhang et al

**Homme => vecteur principal ???**

==> *les eaux usées et déchets de station d'épuration  
comme fertilisants*

# Virus et Insectes

## *Entomovirus*

*Retrouvés dans 13 ordres d'insectes et probablement dans tous les insectes*

### **Virus ADN ds**

#### Baculovirus

Nuclear polyhedrosis virus (NPV)

Granulovirus (GV)

#### Ascovirus

#### **Iridovirus**

Polydnavirus

#### **Poxvirus**

### **Virus ADN ss**

#### **Parvovirus**

### **Virus ARN ds**

#### **Reovirus**

Cytoplasmic polyhedrosis virus

### **Virus ARN ss**

Nodavirus

#### **Picorna-like virus**

Tetravirus

# Virus et Insectes

## *Entomovirus*

### Transmission Orale

*polyhédrique Baculovirus Reovirus*

*Spheroides (matrice) entomopoxvirus*

Grossissement ↘ →

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

*Forme résistante dans la nature*

*==> Polyhédrique se dissout dans les sucs « gastriques »*

*Cannibalisme (iridovirus)*



# Virus et Insectes

## *Entomovirus*

### **Transmission**

#### *Parasitoides*

*Ascovirus, Polydnavirus*

*Injection avec les œufs de la guêpe*

#### *Transovarienne*

*=> à la descendance directement dans les embryons*

#### *Transovum*

*=> à la surface des œufs => rien dans l'embryon*

# Comparaison virus

## Reoviridae:

Orthoreovirus	reovirus 3	Vertebrates
Orbivirus	bluetongue virus 1	Vertebrates
Rotavirus	simian rotavirus SA11	Vertebrates
Coltivirus	Colorado tick fever virus	Vertebrates
Aquareovirus	golden shiner virus	Vertebrates
Cypovirus	Bombyx mori cypovirus 1	Invertebrates
Fijivirus	Fiji disease virus	Plants
Phytoreovirus	wound tumor virus	Plants
Oryzavirus	rice ragged stunt virus	Plants

## Rhabdoviridae:

Vesiculovirus	vesicular stomatitis Indiana virus	Vertebrates
Lyssavirus	rabies virus	Vertebrates
Ephemerovirus	bovine ephemeral fever virus	Vertebrates
Cytorhabdovirus	lettuce necrotic yellows virus	Plants
Nucleorhabdovirus	potato yellow dwarf virus	Plants

