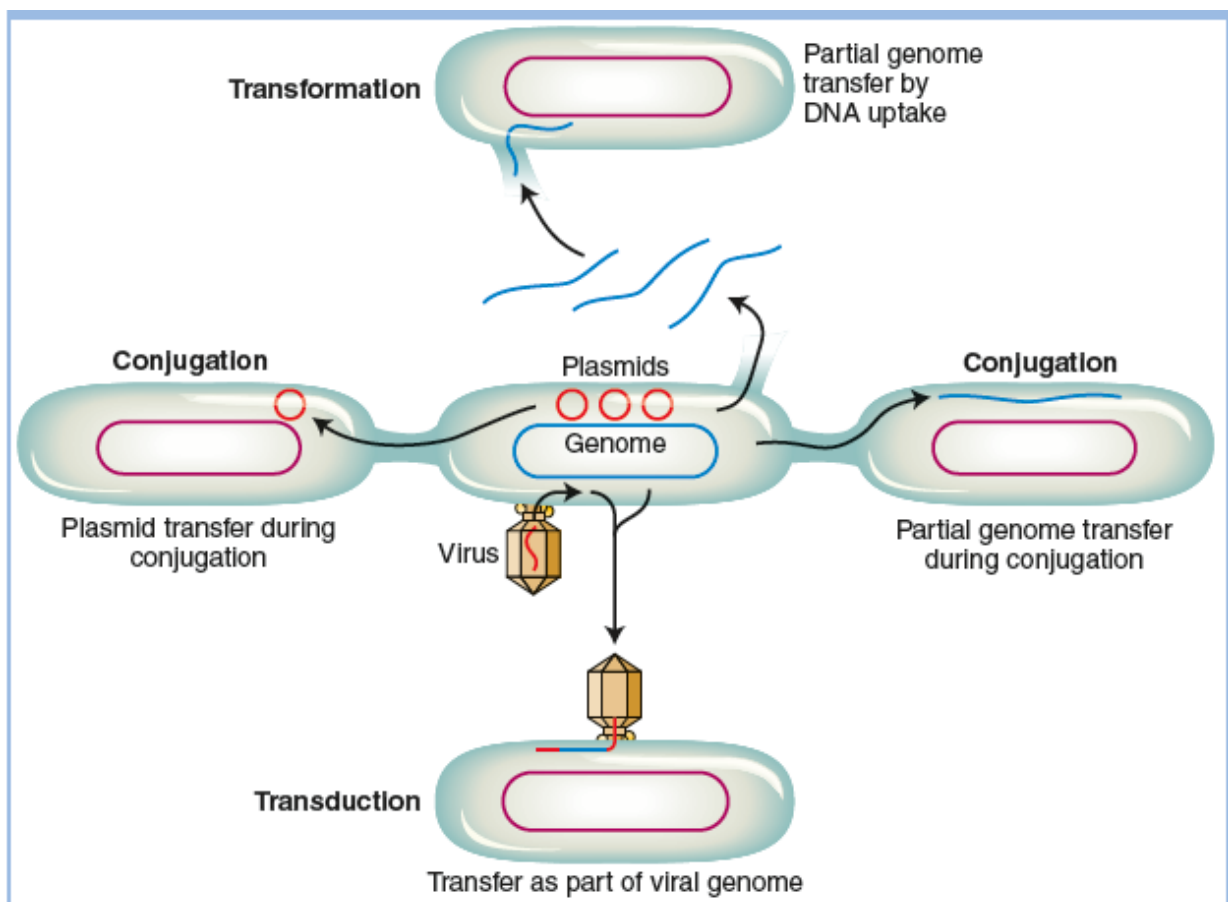


**Chapitre 9 :**  
**Génétique bactérienne et**  
**virale**

## 1. Introduction

Les procaryotes comprennent les bactéries et les archéobactéries. Les virus qui parasitent les bactéries se nomment bactériophages. À la différence des eucaryotes, les organismes procaryotes et les virus ont des chromosomes simples qui ne sont pas contenus dans l'espace délimité par la membrane nucléaire. Les procaryotes sont haploïdes (ou monoploïdes), ces chromosomes ne se reproduisent pas par mitose ou méiose. Mais il existe trois type de transfert génétique chez les procaryotes ; la conjugaison, la transformation et la transduction (figure 42)

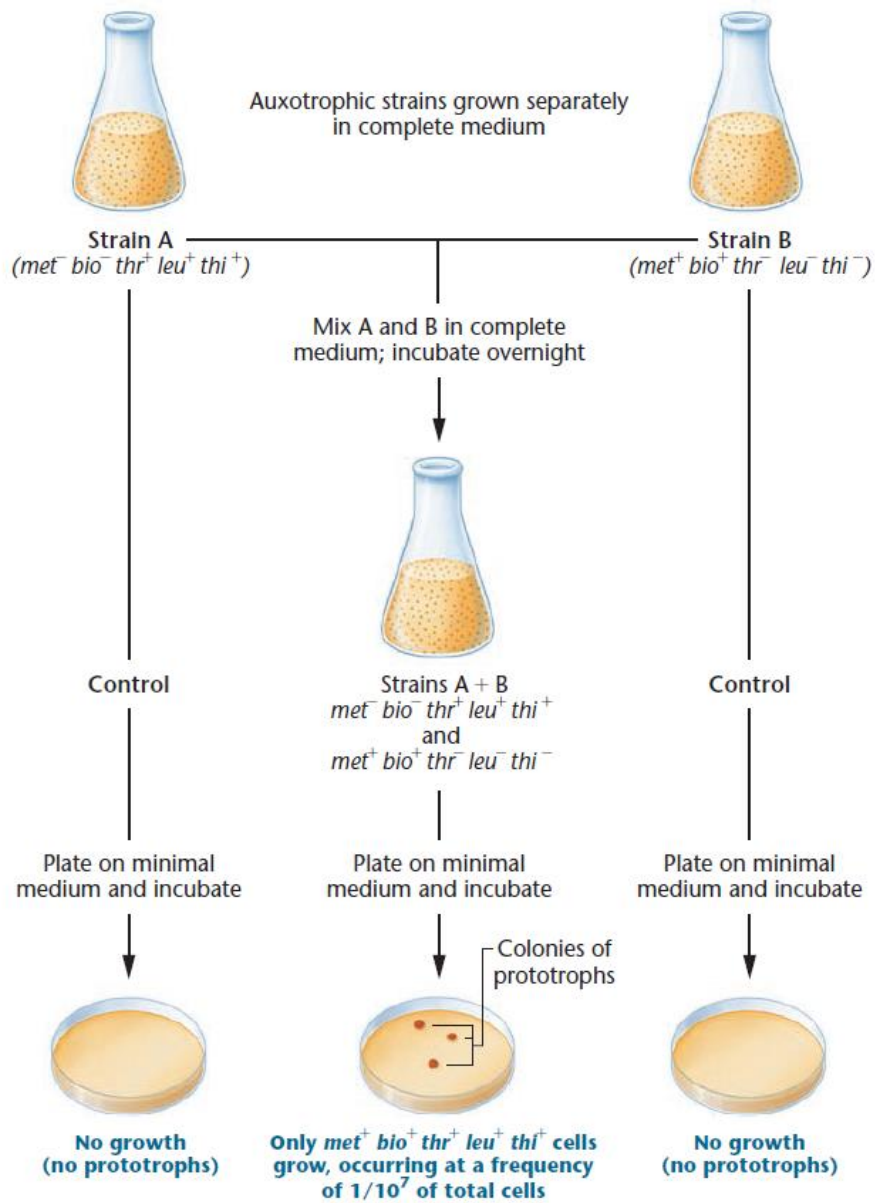


**Figure 42 :** Transferts génétiques chez les procaryotes (Griffiths, 2020)

## 2. La conjugaison

Ce phénomène a été découvert par Lederberg et Tatum en 1946 (figure 43). Il s'agit d'un transfert de gènes d'une bactérie donatrice vers une bactérie réceptrice après un contact

physique intime entre les deux bactéries partenaires.



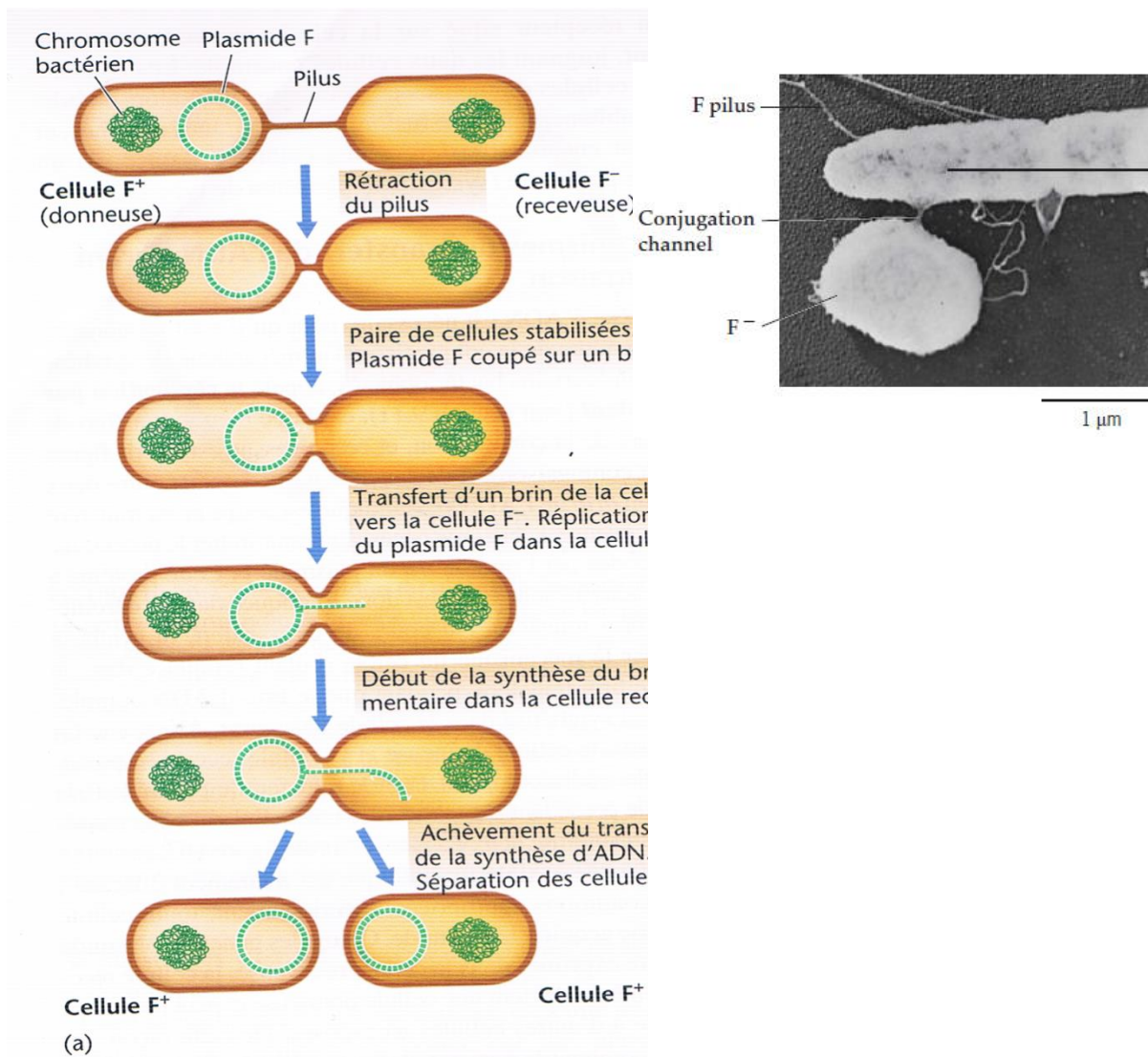
**Figure 43 :** Expérience de par Lederberg et Tatum en 1946 (Klug, 2020)

Représentation de l'expérience de Lederberg et Tatum ayant permis la découverte de la conjugaison en 1946. Aucune des deux souches auxotrophes n'est capable de se développer sur milieu minimum. Par contre, lorsqu'on mélange des bactéries des deux souches en milieu liquide et que l'on étale ensuite une partie du mélange sur milieu minimum, on obtient des colonies. Cette expérience suggère qu'il y a eu échange (de A vers B et/ou de B vers A) de

matériel génétique entre les deux souches, aboutissant à la formation de cellules "met<sup>+</sup> bio<sup>+</sup> thr<sup>+</sup> leu<sup>+</sup> thi<sup>+</sup>", capables de se développer sur milieu minimum.

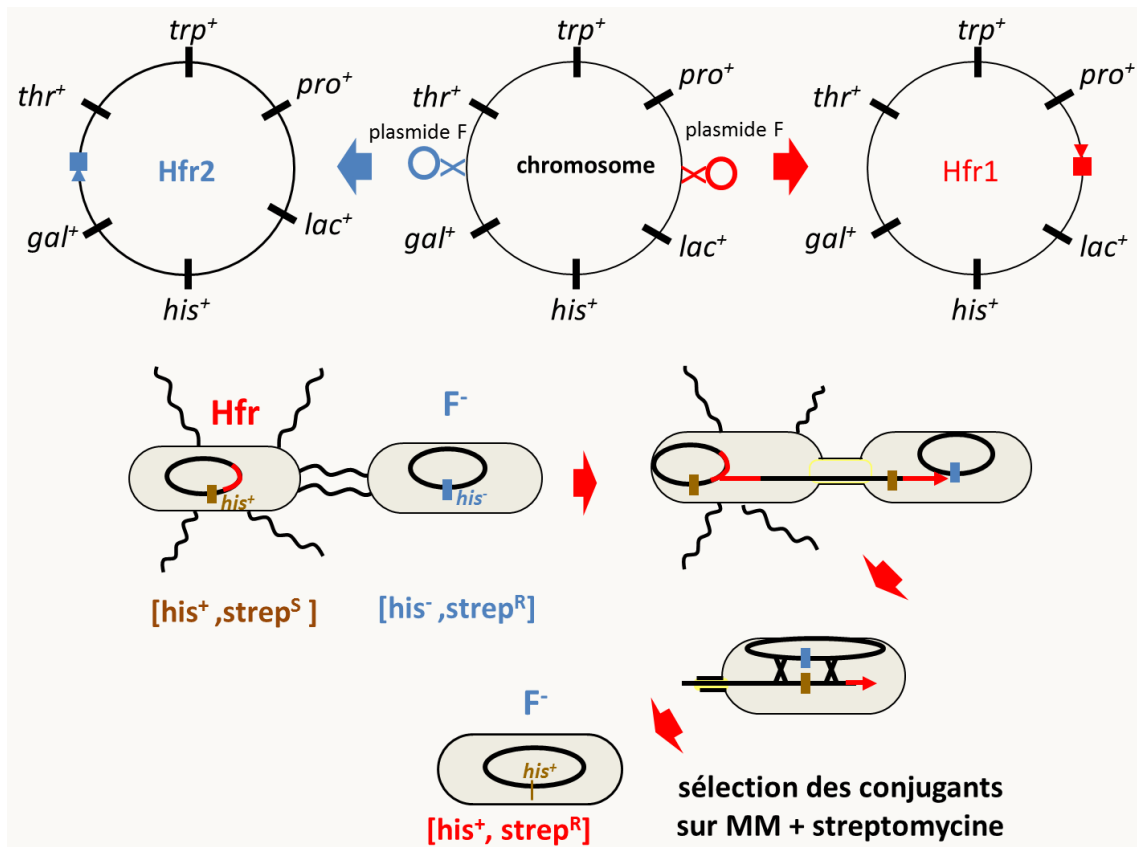
En effet, il est impossible d'obtenir un tel résultat par le seul jeu des mutations; la fréquence des mutations est très faible, de l'ordre de 10<sup>-7</sup> (1 mutation pour 10 millions de cellules) pour chaque caractère. Pour observer deux mutations simultanément dans une cellule de souche A par exemple, il faudrait étaler au moins 10<sup>14</sup> cellules.

D'autres expériences ont permis, par la suite, de démontrer que le transfert génétique est unidirectionnel (polarisé); il se fait toujours de A vers B (figure 44). En effet, la souche A possède un facteur F (Fertilité) qui la rend capable de donner des gènes. Il s'agit d'un plasmide dit conjugatif, qui porte les gènes responsables de la synthèse des pili sexuels et du transfert des gènes vers la réceptrice. Seules les bactéries possédant un plasmide conjugatif (ex: facteur F) sont capables de donner des gènes.



**Figure 44** : Cycle de la conjugaison (Prescot, 2013)

Les plasmides ont la capacité de s'intégrer dans le chromosome bactérien par recombinaison, ce sont des **épisomes** (figure 45). Les souches ayant un plasmide intégré sont appelées **Hfr** (pour haute fréquence de recombinaison). Elles ont toutes les caractéristiques de bactéries  $F^+$  si ce n'est que lors du transfert de  $F$  vers une bactérie  $F^-$ , ce transfert s'accompagne de celui de l'ADN du chromosome (figure 45). Après cette conjugaison, il se produit une recombinaison dans la bactérie  $F^-$  entre l'ADN du chromosome et l'ADN nouvellement introduit (figure 45).



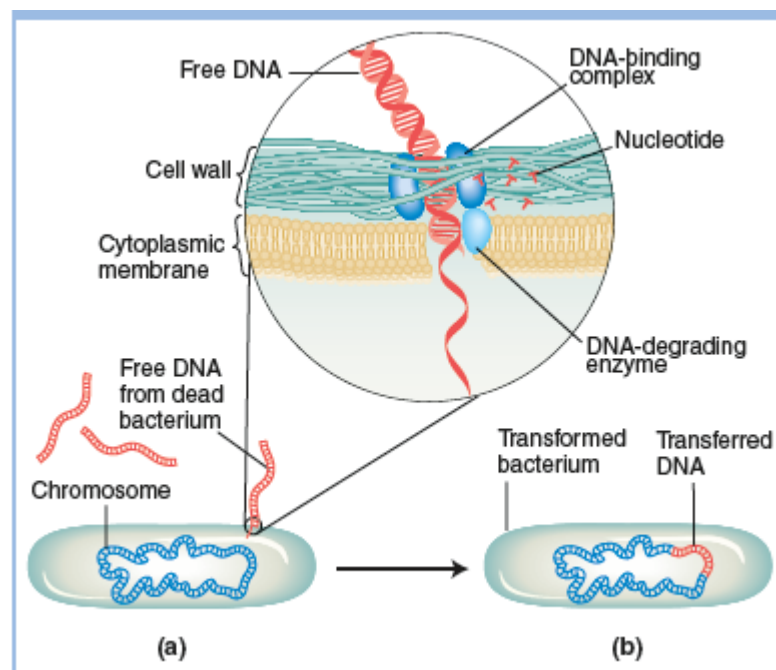
**Figure 45** : Souche Hfr et principe de la conjugaison chez *Escherichia coli*.

La conjugaison a lieu avec une souche donneuse Hfr sensible à un antibiotique et une souche receveuse qui y est résistante (comme la streptomycine). Ici la souche donneuse est sauvage et donc prototrophe pour l'histidine ( $his^+$ ), alors que la réceptrice est auxotrophe pour cet acide aminé. Le transfert du chromosome bactérien de la souche donneuse vers la souche receveuse

peut se voir par l'obtention de conjugants résistants à la streptomycine (et donc ayant le génome de la receveuse) et qui sont devenus prototrophes grâce à un double crossing-over qui a permis le remplacement de l'allèle  $his^-$  par l'allèle  $his^+$ .

### 3. La transformation

Historiquement, la démonstration de la transformation d'une bactérie par l'ADN a été faite par Avery, MacLeod et McCarty, en 1944. La transformation est un processus naturel chez certaines espèces. On parle de transformation quand une cellule bactérienne est morte et détruite, et que les fragments de son ADN se sont répandus dans le milieu. Cet ADN peut être repris par une autre cellule et incorporé à son génome, qui est ainsi transformé (figure 46). Pour que ce processus se produise, les cellules doivent être compétentes pour la transformation bactérienne.

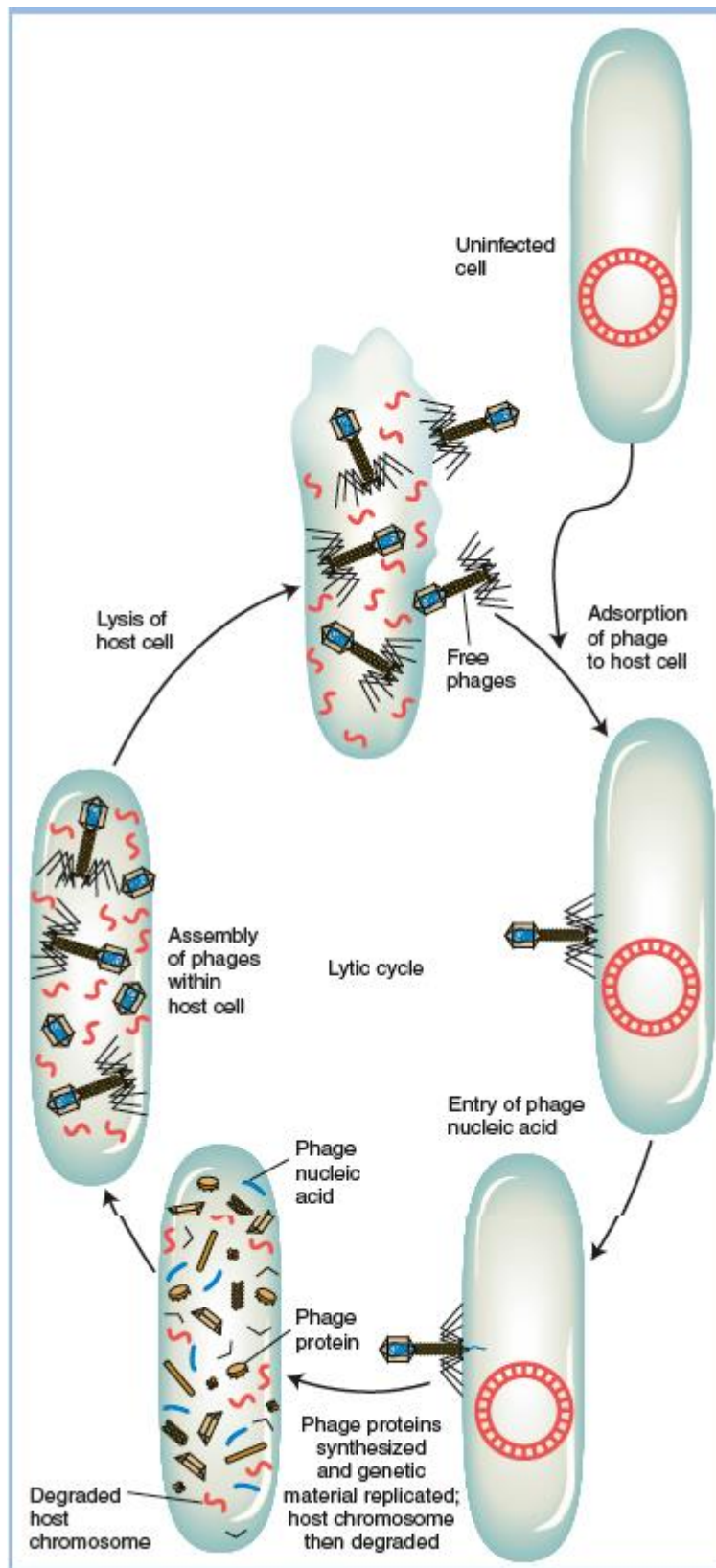


**Figure 46 :** La transformation bactérienne (Griffiths, 2020)

### 4. La transduction

Il s'agit d'un transfert génétique d'un fragment d'ADN chromosomique ou extrachromosomique d'une bactérie à une autre effectué par des bactériophages dits transducteurs (figure 47).

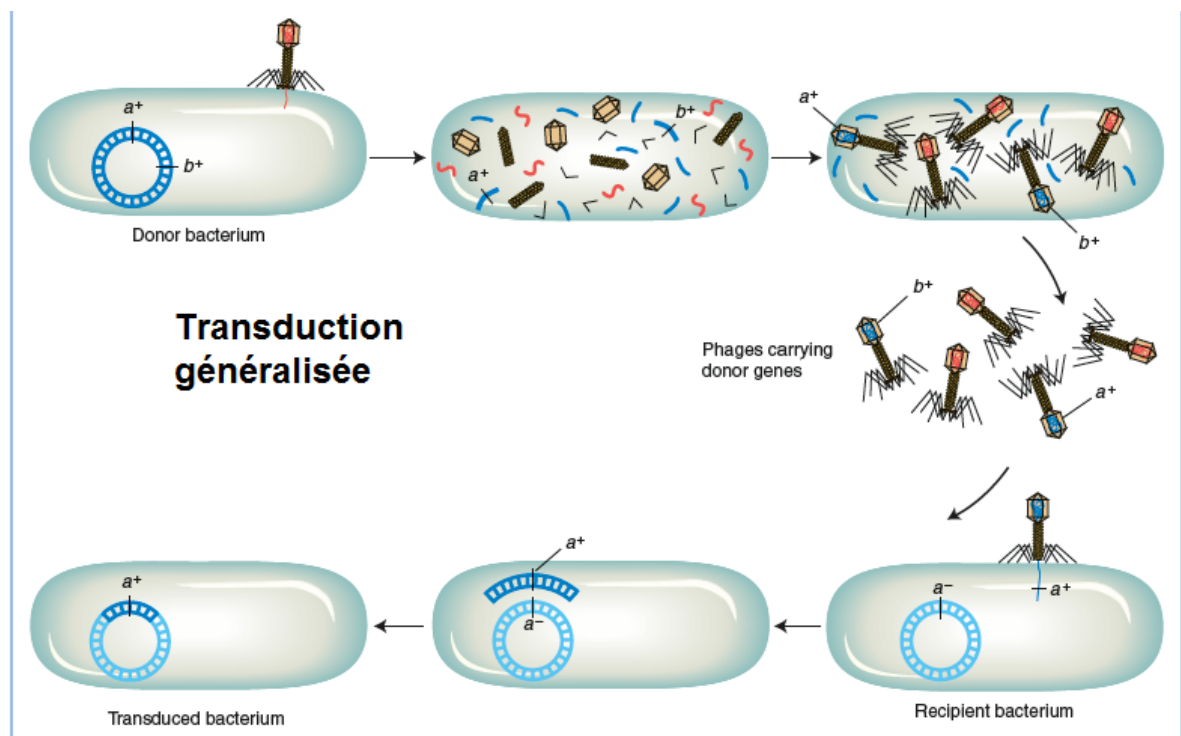
La transduction résulte d'une **erreur d'encapsidation** : Lors de l'assemblage des virions un fragment de génome bactérien est encapsidé à la place de l'ADN viral. Le phage devient **transducteur**, il est libéré lors de la lyse de la bactérie et pourra être injecté de l'ADN bactérien dans une autre bactérie.



**Figure 47** : Cycle lytique d'un bactériophage (Griffiths, 2020)

Selon les bactériophages, la transduction est un phénomène :

- *Généralisé* : n'importe quel gène bactérien est susceptible d'être transféré à une bactérie réceptrice
- *Spécialisé restreint, localisé* : le transfert ne concerne que quelques gènes bactériens dont la nature est variable selon le bactériophage



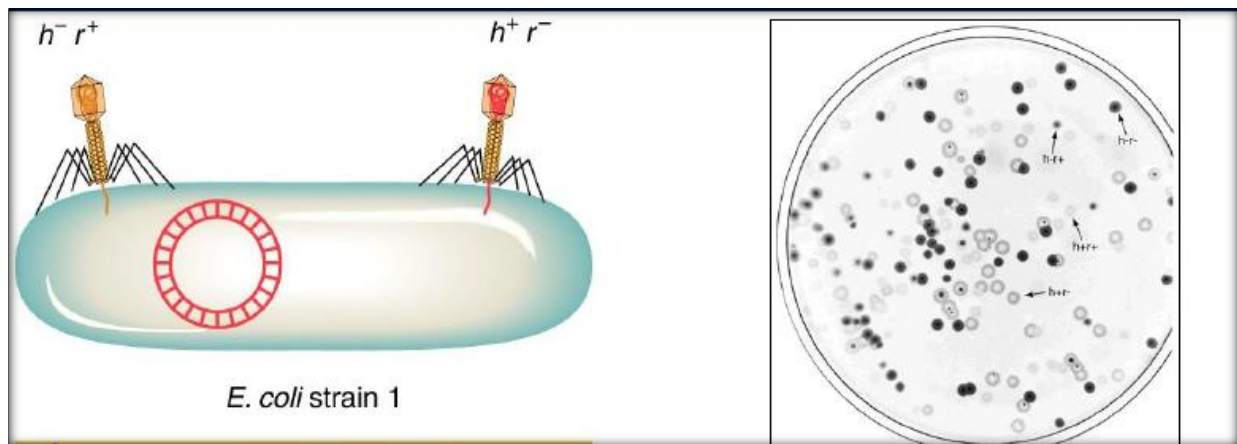
**Figure 48 :** La transduction généralisée (Griffiths, 2020)

La transduction généralisée peut servir à obtenir des informations sur la liaison génétique de gènes bactériens, lorsque les marqueurs sont suffisamment proches les uns des autres pour que le phage puisse les emporter et les transduire sous la forme d'un seul fragment d'ADN. Les souches qui sont transduites simultanément par plus d'un gène sont appelées des cotransductants. Les valeurs de liaison génétique sont généralement exprimées sous la forme de fréquences de cotransduction. Plus la fréquence de cotransduction est élevée, plus deux marqueurs génétiques sont proches l'un de l'autre.

#### 4. Infection mixte des virus

La recombinaison entre des chromosomes phagiques peut être étudiée en rassemblant les chromosomes parentaux dans une même cellule hôte, par le biais d'une infection mixte. On peut rechercher chez les descendants phagiques les génotypes parentaux et recombinants. La fréquence de recombinaison se calcule de la façon suivante:

$$FR = \frac{(h^+ r^+) + (h^- r^-)}{\text{nombre total de plages}}$$



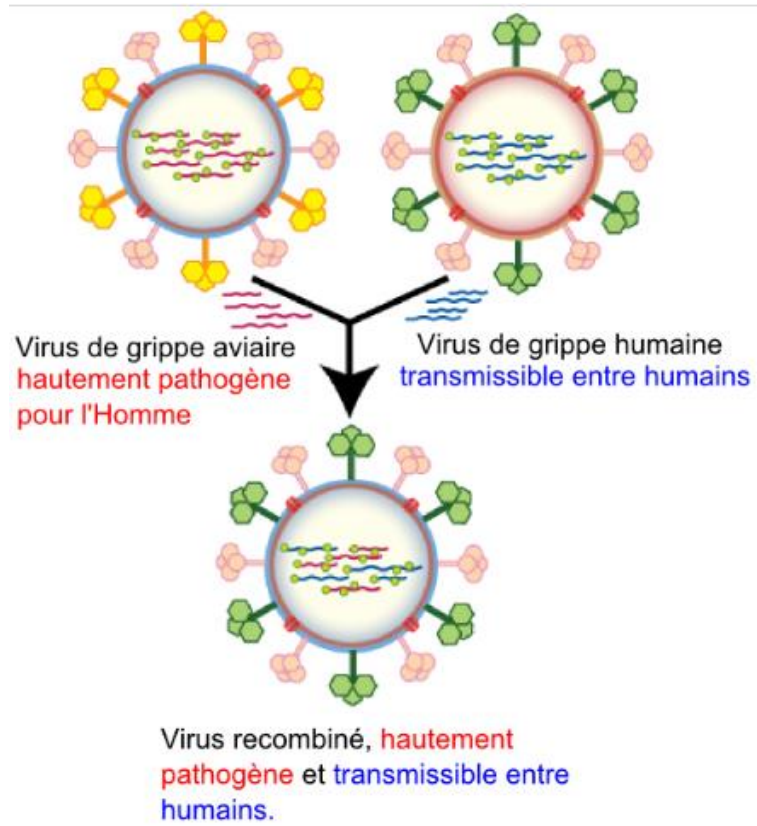
**Figure 49** : Infection mixte des bactériophages (Griffiths, 2020).

Des infections mixtes peuvent survenir en impliquant par exemple un virus d'oiseau et un virus humain, les segments des virus (Fragments d'ARN), qui sont au nombre de 8 codant pour les protéines, peuvent se mélanger et donner lieu à de nombreux variants.

Le réassortiment, qui peut survenir lorsque le génome du virus est segmenté (virus de la grippe, influenza A), des types différents de ce virus sont présents.

Les virus issus de ces infections mixtes présentent des combinaisons variées de segments provenant des 2 virus d'origine. La cellule infectée va synthétiser un nouveau virus issu du brassage du génome des deux parasites. Il se produit, en fait, le même type de recombinaison génétique qu'au moment de la reproduction sexuée des eucaryotes.

Des réassortiments avec des conséquences moins importantes existent également : récemment on a décrit un virus influenza A H1N2 (hémagglutinine 1, neuraminidase 2) qui est un virus réassorti à partir des deux types circulant d'influenza A ; H1N1, H3N2.



**Figure 50** : La recombinaison du virus de la grippe, par réassortiment (wikipedia.org)