

# LES PROTECTIONS DE L'ORGANISME

Notre environnement est peuplé de nombreux micro-organismes potentiellement dangereux.

Le lundi 15 novembre 1677, la société royale de Londres (une des premières assemblées scientifiques) vérifia les affirmations d'un marchand de tissu hollandais, Leeuwenhoek, qui se passionnait pour la fabrication de lentilles de verre et réalisait depuis quelques mois de nombreuses observations au moyen de son microscope. Leeuwenhoek affirmait avoir découvert dans des gouttes d'eau des animaux minuscules: "un million de ces animaux aurait à peine égalé la grosseur d'un grain de sable". De plus, "dans une goutte d'eau poivrée, ces êtres invisibles se multiplient avec une telle fécondité que j'en ai compté plus de 2 millions sept cents milles." Les membres de la société royale reconnurent la découverte du Hollandais, l'éluèrent membre de leur société, et Leeuwenhoek poursuivit ses observations, découvrant même ses étranges et minuscules animaux sur ses propres dents. Il révéla ainsi l'existence de formes de vies microscopiques inconnues jusqu'alors: le monde des micro-organismes pouvait à présent être exploré. Il allait se révéler plus vaste et plus ancien que personne ne l'avait encore imaginé.

## 1 - Des agresseurs variés et omniprésents: bactéries, virus, champignons et protozoaires.

Très rapidement, les scientifiques découvrirent que les micro-organismes vivent partout dans notre environnement, il n'existe pas un seul milieu sur notre planète où l'on ne trouve ces êtres vivants. Ainsi, des micro-organismes vivent et prospèrent non seulement sur tous les objets que nous utilisons, mais également sur notre peau et dans tous les replis accessibles de notre corps (la bouche, le nez, le gros intestin, le vagin...).

Établir le rapport entre des êtres vivants invisibles et les maladies ne fut pas facile: Spallanzani, après bien des controverses avec des scientifiques célèbres de son époque, montra que les micro-organismes se reproduisent. Plus tard, et bien qu'ils se soient cordialement détestés, le Français Pasteur et l'Allemand Koch établirent que certains micro-organismes étaient responsables de maladies (cf exercice 6) touchant non seulement les hommes, mais aussi le bétail (1). Pour être juste, Pasteur montra aussi que ce sont des micro-organismes, les levures, qui sont responsables de la transformation des sucres en alcool lors de la fabrication des boissons alcooliques (exercice 4). Tous les micro-organismes ne sont donc pas maléfiques !

Les micro-organismes ne provoquent des maladies que s'ils arrivent à rentrer dans l'organisme en franchissant une frontière comme la peau par exemple. On dit que ces êtres vivants sont pathogènes (2).

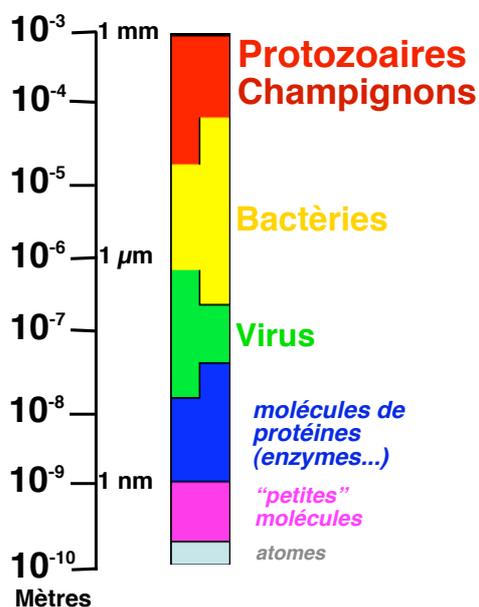
On différencie plusieurs familles :

Les protozoaires sont des êtres vivants unicellulaires (vous en avez observé en sixième au microscope, dans une goutte d'eau croupie). Ils vivent souvent dans l'eau, mais peuvent aussi être transmis par une piqûre causée par des insectes.

Les champignons sont des êtres vivants qui se développent à l'intérieur de leur nourriture, sous forme de longs filaments appelés mycéliums. Les maladies qu'ils provoquent sont des mycoses.

Les bactéries sont des cellules sans noyau apparent, de petite taille, en forme de sphères (coques) ou de bâtonnets (bacilles). Ce sont des formes de vies extrêmement diversifiées et très anciennes.

Les virus sont si petits (3) qu'ils ne sont visibles qu'en microscopie électronique (avec des grossissements de plusieurs dizaines de milliers de fois). Ils utilisent pour se reproduire d'autres cellules (en les tuant le plus souvent).



1 - La responsabilité des micro-organismes dans les maladies a d'ailleurs été tout d'abord découverte au sujet de maladies touchant des animaux nécessaires à l'activité économique: vers à soie, moutons, vaches...

2 - du grec (encore!) pathos (le mal) et gennân (faire, qui a donné le verbe générer). Les pathogènes "provoquent la souffrance" puisqu'ils causent une maladie s'ils pénètrent l'organisme.

3 - Si une bactérie avait la taille d'un ballon de rugby, un virus aurait la taille d'un bonbon ticc... Cela est valable pour l'écrasante majorité des virus, mais il existe des virus géants et des bactéries naines....

## L'origine des maladies

Des idées à qui il manquait une technique, la microscopie.

La contagion, connue depuis toujours très tôt, les humains se sont rendu compte que la fréquentation des malades pouvait être dangereuse! Aristote (encore lui) avait eu l'idée de la transmission de quelques maladies par des éléments invisibles. Au 14<sup>e</sup> siècle, le médecin Fracastoro pensait que des êtres vivants invisibles provoquaient des maladies alors très répandues, comme la tuberculose et la syphilis. Sans aucune preuve, leurs idées ne furent pas acceptées. De plus, il était dangereux de s'opposer à ceux qui pensaient que les maladies étaient un châtiment divin.

Des hypothèses variées pour l'origine des maladies

L'hypothèse la plus ancienne est que la maladie est une punition pour avoir offensé un dieu (cette idée est encore répandue dans de nombreux pays). De l'antiquité à la renaissance, les scientifiques considéraient surtout que la bonne santé était due à un équilibre entre les différents liquides du corps. Les maladies étaient causées par l'excès ou le manque d'un de ces liquides (d'où la saignée si l'on pensait qu'il y avait "trop" de sang).

A la même époque, de nombreux scientifiques pensaient qu'il existait dans l'air des espèces de gaz, les miasmes, causant les maladies. En effet, l'existence de produits toxiques, utilisés comme poisons, était connue dès l'antiquité, et un gaz empoisonné invisible pouvait logiquement s'imaginer.

Après la découverte des micro-organismes, il est apparu que les maladies étaient causées par des micro-organismes.

Pas si simple...

Mais toutes les maladies ne sont pas dues aux micro-organismes: certaines peuvent être causées par des poisons, par l'alimentation, par un dérèglement du fonctionnement des cellules et même par un mauvais fonctionnement de notre système de défense contre les micro-organismes...

## Sites à visiter

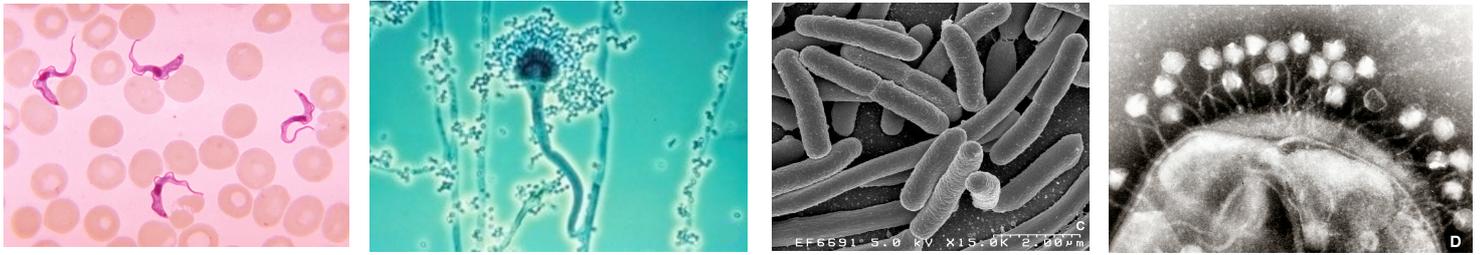
Le site de ce manuel

[Le monde des bactéries](#)  
[Hygiène et sécurité](#)  
[les mycoses](#)

Une maladie causée par un protozoaire: [le paludisme](#)

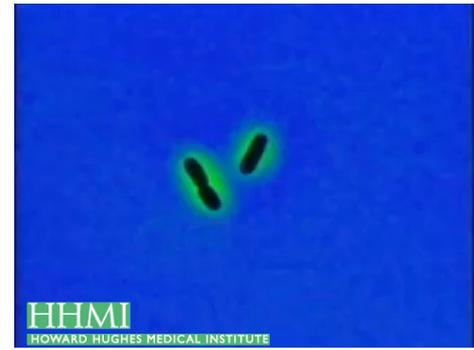


N'oubliez pas les nombreuses vidéos sur Youtube et autres Daily motion avec comme mots clef bactéries, virus, mycoses ou épidémies...

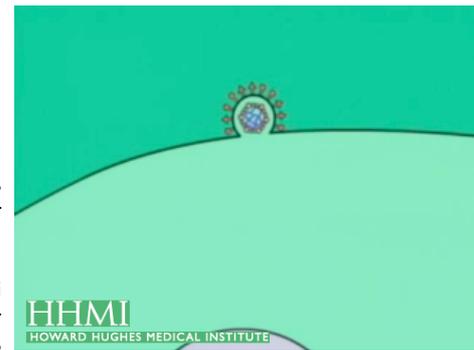


Photos ci-dessus, de gauche à droite: 4 protozoaires, responsable du paludisme, colorés en violet, dans le sang d'un malade (de nombreux globules rouges sont visibles) x 200. Un champignon aspergillus (filaments verts, les sphères violettes sont des spores assurant sa reproduction x 400. Des bactéries E coli au microscope électronique, x 15000 . Tout un lot de virus accrochés à la surface d'une bactérie (dont on ne voit que la moitié) x 150 000.

| µ-organisme  | Taille en m                                 | Exemple de maladies provoquées  |
|--------------|---|---|
| Protozoaires | de 10-4 (Amibe) à 10-6 (Plasmodium)         | Paludisme, toxoplasmose, diverses maladies intestinales aux noms imprononçables ...     |
| Champignons  | 10-5 (Candida)                              | Mycoses (peau, ongles...)   |
| Bactéries    | de 10-6 (Staphylocoque) à 10-7 (Mycoplasme) | Peste, lèpre, choléra, syphilis, listériose...  |
| Virus        | de 10-7 (Variole) à 10-8 (Poliomyélite)     | Grippe, Rhume, gastro-entérite, hépatite, herpès, varicelle, rougeole, verrues, SIDA... |



Reproduction des bactéries (accélérée)



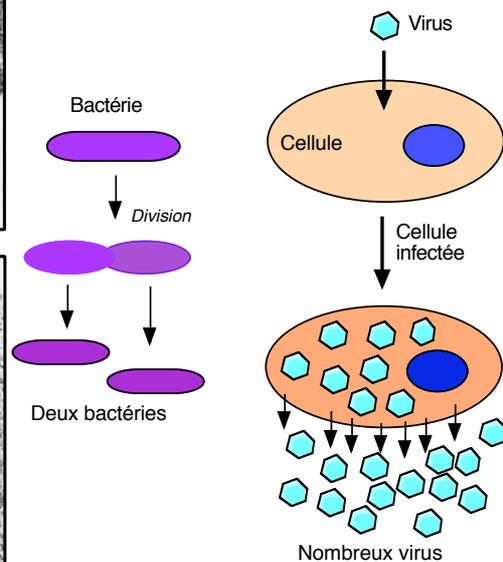
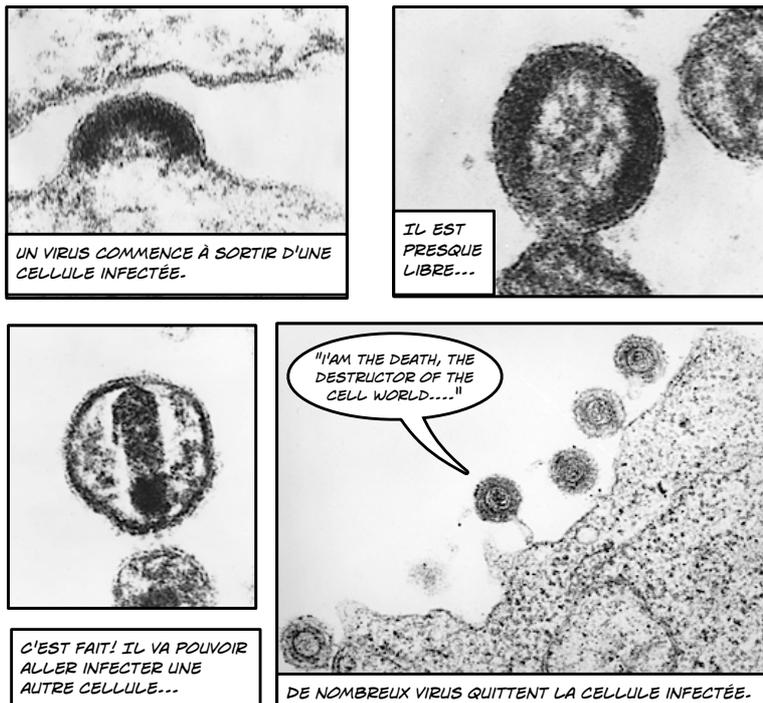
Reproduction d'un virus (schématisée)

### Les micro-organismes se reproduisent à des vitesses différentes.

Protozoaires, champignons et bactéries sont capables de se reproduire seuls, par simple division: ils peuvent envahir rapidement un milieu. En effet, a chaque génération le nombre d'individus double. Il suit donc une progression suivant les puissances de 2 (1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32...).

Les virus se reproduisent encore plus rapidement. Un virus pénètre dans une cellule puis va utiliser celle-ci pour fabriquer des milliers de copies de lui même. Les copies sortent ensuite de la cellule pour en infecter de nouvelles. Si un virus fabrique 1000 copies de lui même, alors à chaque génération le nombre de virus peut augmenter de façon gigantesque (1 - 1000 - 1 million - 1 milliard...).

Le plus souvent, la cellule infectée par un virus meurt, mais même si elle survit elle peut se transformer en "usine à virus", et parfois même être perturbée pour se transformer en cellule à l'origine d'un cancer.



Comparaison de la reproduction des bactéries et des virus

photos de la page:



## 2 - La peau et les muqueuses sont des barrières difficiles à franchir

Puisque nous sommes encerclés par les micro-organismes, on peut se demander pourquoi nous ne sommes pas malades plus souvent! Les hommes ont très vite remarqué, depuis les temps lointains où l'on s'étripait joyeusement avec des instruments tranchants, que de nombreuses infections se produisaient aussitôt que la peau était entamée ou détruite par des plaies ou des brûlures.

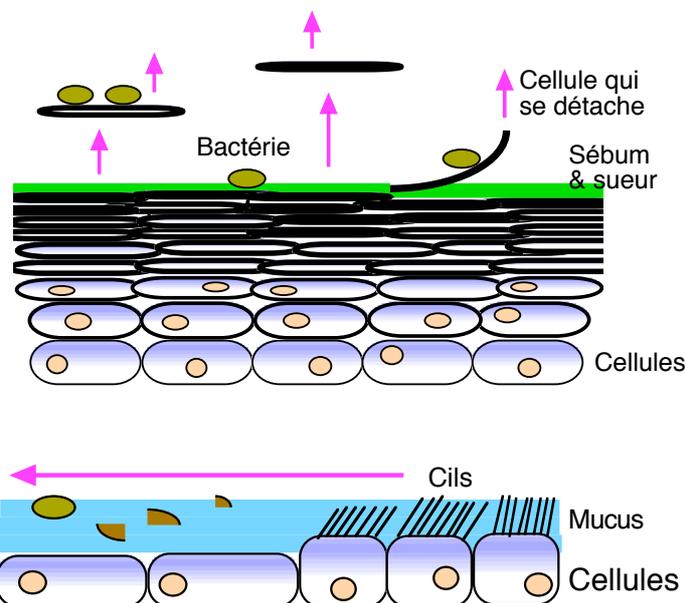
La peau est en effet le premier rempart contre les micro-organismes. Aucun microbe n'est capable de traverser une peau saine (1). La peau est composée de plusieurs couches (vous avez de la chance: vous n'avez pas à apprendre le détail de sa structure!) que vous avez peut-être observées au microscope. La surface de la peau est constituée d'un empilement de cellules mortes qui se détachent en permanence (2), emportant avec elles les bactéries collées à la surface. De plus, la peau se protège aussi en fabriquant des sécrétions (3) et en hébergeant des bactéries "amies" (4) qui vivent à sa surface et s'opposent à l'installation de bactéries indésirables.

Comme un rapide passage de votre langue à l'intérieur de vos joues va vous le confirmer, toutes les surfaces de notre corps en contact avec l'extérieur ne sont pas recouvertes de peau: les cavités (bouche et tube digestif, voies respiratoires, génitales) sont recouvertes par un revêtement que l'on appelle une muqueuse. Les muqueuses fabriquent un liquide gluant qui les recouvre et sert de piège à micro-organisme : le mucus.

Le mucus englu les bactéries et les champignons, les immobilise et contient des substances (enzymes) toxiques pour ces envahisseurs. Comme le mucus se "salit" en permanence, il est renouvelé constamment, l'ancien mucus étant soit éliminé (tube digestif, voies génitales) soit chassé au moyen de cils vers le tube digestif (5)

La peau protège l'organisme:

Des cellules profondes se divisent rapidement, les nouvelles cellules s'affinent puis meurent et forment une couche imperméable à la surface du corps. Ces cellules mortes se détachent en permanence (flèches roses), empêchant les bactéries de s'installer facilement. De plus, la peau produit du sébum et de la sueur (en vert) qui contiennent des molécules toxiques pour les micro-organismes et qui abaissent le pH de la peau.



Les muqueuses protègent l'organisme

Des cellules de la muqueuse fabriquent une épaisse couche de mucus qui englu et détruit les micro-organismes. Ce mucus est renouvelé soit en s'écoulant (flèche) soit par le battement de cils microscopiques.

1 - Enfin, presque! Comme nous sommes en biologie, il existe bien entendu une exception: la bactérie (*Francisella Tularensis* de son petit nom) responsable d'une maladie (la tularémie) est capable de traverser une peau saine. Vous devinez qu'elle est extrêmement dangereuse.

2 - plus de 75% de la poussière, dans une maison, est constituée des débris de peaux mortes de ses habitants... Faites le ménage!

3 - la sueur salée, mais aussi et surtout le sébum, qui donne des boutons disgracieux s'il est fabriqué en trop grandes quantités, ce qui est fréquent à l'adolescence...

4 - ces bactéries "amies" sont dite commensales. Elles occupent le terrain, mais elles ne sont inoffensives que si elles restent à l'extérieur de l'organisme. Elles se nourrissent de sueur, et leurs déchets sont à l'origine de l'odeur inimitable des vestiaires de salles de sport. Pour limiter la tendance de ces bactéries à se multiplier, il faut de temps à autre se laver...

5 - les cils de votre trachée font remonter toutes les saletés interceptées dans l'air que vous respirez dans votre gorge. Vous l'avalez sans vous en rendre compte. Bon appétit!

**Unicellulaire:** Être vivant constitué d'une seule cellule qui ressemble aux nôtres (avec noyau)

**Muqueuse:** revêtement fin de l'intérieur des cavités du corps.

**Virus :** agent capable de se faire reproduire en de nombreux exemplaires par l'intérieur des cellules .

**Pathogène :** être vivant capable de provoquer une maladie

## Pendant le cours...

### Questions d'élèves

Le bon élève (toujours énervant)

Est-ce que toutes les bactéries sont pathogènes ?

Pas du tout, c'est même très rare : moins de 1% des bactéries peuvent provoquer des maladies chez un humain en bonne santé.

Le fayot

On perd sa peau quand on se brûle?

Oui, et plus la brûlure est étendue et plus elle est dangereuse. Les grands brûlés sont exposés aux infections, et il est nécessaire de leur greffer de la peau pour recréer une barrière contre les bactéries..

Le roi du livre des records

C'est qui le plus gros virus ? Et le plus petit ?

Le plus gros virus connu a été découvert en 1992, mais il est si "gros" (400 nm) qu'on l'a pris pour une bactérie jusqu'en 2003. On l'appelle le mimivirus. Le plus petit virus connu mesure 20 nm, c'est un parvovirus qui peut être dangereux pour l'enfant d'une femme enceinte.

Celui qui veut se faire bien voir en proposant des TP

Il est où le sébum ? On le voit pas ?

Le sébum est partout sur ta peau. Dépose une goutte d'eau sur ta main, elle reste ronde, sans s'étaler à cause du sébum gras. Si tu frottes ta peau avec un coton imbibé d'alcool, tu dissous le sébum. En déposant une goutte à l'endroit frotté, tu vois qu'elle s'étale.

En regardant le coton, tu pourras voir des traces marron clair: le sébum et des cellules mortes de ta peau...

Celui qui va se faire sacquer à la prochaine interro:

Les virus, ils sont vivants ?

Heu... Vaste problème... Les virus sont... heu... des virus \*. Tout dépend ce que l'on entend par vie... Disons qu'ils sont à la limite entre le vivant et le non-vivant... Tu ne préfères pas que l'on parle des bactéries ?

## Des films pour réfléchir



[Alerte](#) (1995, W Petersen)

[Philadelphia](#) (J. Demme, 1993)

Séries TV: [NIH](#), [Regenesis](#)

### 3 - l'hygiène, individuelle ou collective, permet de prévenir les infections

Vous avez dû étudier en Français certaines pièces de Molière et remarquer que, souvent, les médecins y ont mauvaise réputation. En effet, à son époque, les pratiques médicales utilisaient des techniques inefficaces et des instruments malpropres qui avaient surtout pour effet d'aggraver, parfois définitivement, l'état du malade.

Bien avant de découvrir les micro-organismes, de nombreuses pratiques permettaient d'éviter ou de limiter les infections et les maladies. Ces actes simples, à l'origine simplement esthétiques, diminuent le risque de maladies en assurant la propreté des personnes et des habitations

#### 31 - la propreté permet d'éviter des infections

Si vous lisez la composition des savons et des shampooings (les caractères microscopiques, écrits en latin pour faire plus compliqué) vous retrouverez partout la présence "d'agents tensio-actifs". Ce sont ces molécules, responsables de la formation de la mousse, qui agissent sur les micro-organismes situés à la surface de notre peau.

Les produits contenant des tensioactifs (1) détachent les bactéries de la surface de la peau et permettent leur élimination. Les différents dépôts gras présents à la surface de la peau et pouvant servir de nourriture à des bactéries potentiellement dangereuses sont également éliminés. L'usage fréquent du savon (oui, même derrière les oreilles) permet de maintenir la peau en bon état et évite de nombreuses maladies. Beaucoup de contaminations (la plupart des gastro-entérites par exemple) sont en effet transmises par les mains qui vont transporter les bactéries et les virus de sièges de toilette en poignées de portes et de ballons de foot en paquets de chips...

Au niveau individuel, l'usage des savons permet donc d'éviter de très nombreuses infections. Toutefois, les savons ne tuent pas les bactéries (3). Vous avez chez vous des produits qui éliminent quasiment la totalité des micro-organismes, mais ils sont utilisés pour le nettoyage des sols ou des surfaces de la cuisine. On dit que ces produits sont bactéricides. Un des plus célèbres, des plus anciens et des plus efficaces est l'eau de Javel (qui entre dans la composition de nombreux produits de nettoyage).

Notre comportement permet donc d'échapper facilement à de nombreux risques d'infection. Toutefois, il est aussi nécessaire de protéger la santé d'une population entière, à grande échelle, pour éviter les épidémies. Il existe tout un ensemble de mesures visant à éviter que des maladies ne se développent dans une population. Ce mode de lutte collectif contre les maladies porte le nom barbare de prophylaxie. Les mesures prises pour éviter une infection sont nombreuses, et certaines très anciennes: l'information, l'isolement des malades, le nettoyage et la désinfection des habitations.

Une des mesures les plus efficaces contre les infections a été, historiquement, la construction des systèmes d'égouts dans les villes. Plus près de nous, les campagnes de vaccination et de prévention contre certaines maladies (pensez aux spots TV sur le SIDA, les champignons qui s'attaquent aux ongles ou à ceux prévenant des dangers de la grippe à chaque automne...) permettent aussi de protéger, dans une certaine mesure, une population entière des maladies (4).

#### 32 - Éviter les infections en détruisant les agents infectieux sur une plaie

Toute blessure est une porte d'entrée pour les bactéries et leurs collègues. La destruction des micro-organismes au niveau d'une plaie est l'antisepsie (5). Elle aide grandement le système de défense de l'organisme (6) en diminuant le nombre d'invasisseurs que l'organisme aura à éliminer. Les produits utilisés sont des antiseptiques. Pour être efficaces, ils doivent à la fois tuer les bactéries et autres micro-organismes et ne pas être dangereux pour nos propres cellules. L'alcool, dilué, est le plus ancien des antiseptiques (7), mais vous en connaissez bien d'autres: le mercurochrome, la Bétadyne, l'eau oxygénée, le Mercryl laurilé...

#### 33 - Éviter les infections en évitant le contact avec l'agent infectieux

C'est la façon la plus simple d'éviter tout risque de contamination! Au moyen âge, certains malades devaient agiter des clochettes pour prévenir de leur arrivée et permettre aux gens de fuir... Plus simplement, l'usage de tenues spéciales, imperméables aux micro-organismes (des gants, par exemple) permet de diminuer les risques. De nombreuses séries médicales ont popularisé les tenues des chirurgiens (8), qui protègent à la fois les malades des bactéries des soignants et les soignants des micro-organismes des malades; mais des précautions sont aussi prises dans de nombreux métiers: restauration (gants, coiffe en cuisine, blouses...), coiffure, spécialistes du piercing... utilisent tout un ensemble de mesures pour éviter de contaminer leurs clients.

De même, les préservatifs isolent des agents pathogènes transmis par le sperme et les sécrétions vaginales: le HIV, bien sûr, mais aussi des bactéries comme le gonocoque ou les neisserias, responsables de maladies beaucoup plus fréquentes que le SIDA mais qui, heureusement, se soignent beaucoup plus aisément.

1 - Savons et shampooings, mais aussi lessives, liquide vaisselle, nettoyants ménagers...

2 - 80 % des maladies infectieuses courantes (rhume, grippe) sont propagées par les mains. Comment bien les laver ? (non, je ne vous prends pas pour des imbéciles - cliquer ici (Agence de santé publique du Canada)

3 - Ils les détachent de la peau et les font glisser dans l'eau savonneuse... Évitez donc de boire (ou de faire boire au petit frère ou autre) l'eau de votre bain, et n'oubliez pas de rincer votre baignoire où la douche...

4 - De nombreux pays possèdent des administrations qui sont chargées de surveiller l'état de santé de la population, de détecter les débuts d'épidémies et d'essayer d'éviter leur extension.

5 - du Grec (encore - oui, toujours!) anti = contre, et septos = le mal, "ce qui provoque la pourriture".

6 - Que l'on appelle le système immunitaire. Retenez ce nom, vous allez le voir souvent!

7 - C'est aussi le pire, car il est agressif pour nos propres cellules (aïe!)

8 - Et même les scaphandres complets des rares chercheurs qui travaillent dans des laboratoires de très haute sécurité contenant les virus les plus dangereux.

### Une petite histoire de l'hygiène corporelle.

L'antiquité et le moyen-âge, des époques (relativement) propres.

Vous avez étudié en sixième l'Empire romain, donc vous vous souvenez (vous devriez....) que les bains y étaient très répandus. Souvent, les empereurs faisaient construire des thermes grandioses, mais même les pauvres se lavaient régulièrement (dans les rivières et les lacs), le bain étant considéré comme une nécessité.

Au moyen âge, des établissements de bain fonctionnaient, mais petit à petit l'église s'est rendu compte que ces lieux n'étaient pas seulement des endroits où l'on se nettoyait (on y faisait aussi des massages, et des rencontres...). Ces bains furent donc fermés. Après les premières épidémies de Peste, certains scientifiques et religieux accusèrent l'eau de "dilater" les pores de la peau, ce qui "laisser entrer" la peste. Les bains se firent donc exceptionnels. Dans d'autres parties du monde (Asie en particulier), l'hygiène du corps était par contre pratiquée avec attention (c'était même une obligation religieuse).

Cela se dégrade à la Renaissance, en Europe

On se lave très peu, et l'absence d'égouts n'arrange rien: à la cour de Versailles, l'odeur est épouvantable. Le linge est (à peu près) propre, mais de puissants parfums et des perruques essaient de masquer la puanteur des personnes.

Lorsque les premiers navigateurs européens atteignent le Japon en 1543, leur odeur est telle qu'ils sont pris pour des animaux, et une des premières activités consiste à les laver.

Alors vint Louis Pasteur...

La situation changera lentement, avec la réalisation d'égouts et l'insistance de Pasteur pour se protéger des effets des microbes. Ce n'est qu'au cours du 20e siècle que la disponibilité de l'eau dans les habitations a rendu l'hygiène meilleure, du moins dans les pays industrialisés.

**Résumé :** Notre environnement contient de nombreux micro-organismes. Les protozoaires, les champignons et les bactéries (longues, les bacilles ou rondes, les coques) se reproduisent par division. Les virus doivent pour se reproduire entrer dans une cellule qui va les copier. La peau, recouverte de sébum et de cellules mortes, empêche les microbes de pénétrer à l'intérieur de l'organisme. Dans les cavités du corps, la peau est remplacée par une muqueuse plus fine, souvent recouverte de mucus. L'hygiène corporelle empêche la multiplication des bactéries et l'utilisation de désinfectants permet de tuer celles qui auraient pu pénétrer la peau au niveau d'une plaie. Le port d'accessoires de protection (gants, préservatifs) prévient le contact avec les microbes. D'autres mesures de protection et de surveillance (prophylaxie), s'adressant à une population, permettent de lutter contre l'expansion d'une maladie.

## Questions

- 1/Qu'est-ce qu'une bactérie ?
- 2/Quelle est l'ordre de grandeur d'un virus ?
- 3/Qu'est-ce qu'un antiseptique ?
- 4/Où trouve t'on des bactéries ?
- 5/Quelles sont les précautions prises par les chirurgiens pour ne pas transmettre de micro-organismes à leurs patients ?
- 6/Qu'est-ce que la prophylaxie d'une maladie ?
- 7/Pourquoi faut il au minimum laver toute plaie ?
- 8/Où trouve t'on des champignons ?
- 9/Pourquoi les spécialistes de l'hygiène disent-ils que les gants de toilette devraient être changés chaque jour ?

## Colles

- 1/Réaliser un schéma comparant les tailles des différentes "familles" de micro-organismes.
- 2/Expliquer le mode de reproduction des virus, et donner, pour ces organismes, des avantages de cette façon de ce reproduire.
- 3/Expliquer au moyen d'un court texte comment la peau protège l'organisme des envahisseurs microbiens ?

## Exercices

### 1 - Un café chez Leeuwenhoek (4 pts)

En 1682, Leeuwenhoek annonce à la société royale de Londres qu'il a observé, dans de la substance blanche qu'il a obtenue en grattant entre ses dents "des êtres infimes qui se meuvent paresseusement: on dirait de minuscules bâtonnets courbés, des spirales tournoyant dans l'eau comme des tiges bouchons et d'autres éléments qui s'agitent comme des brochets". Quelques années plus tard, il veut refaire les mêmes observations, mais il gratte ses incisives (dents situées en avant de la bouche) juste après avoir bu du café presque bouillant. Il constate alors que les "êtres minuscules" qui s'agitaient en grand nombre lors de sa première observation sont presque tous morts: il n'est resté que "deux ou trois qui, près de mourir, s'agitent faiblement".

Par contre, s'il observe la substance blanche obtenue en grattant ses molaires (dents situées au fond de la bouche) il retrouve de nombreux "animalcules" bien vivants.

- 11- Comment appelleriez-vous les "animalcules" de Leeuwenhoek ?
- 12- Comment expliquer les observations réalisées ? Quelle conclusion peut-on en tirer ? Proposer une expérience simple permettant de vérifier vos conclusions.

### 2 - Spallanzani contre Needham (6 pts)

Après la découverte des micro-organismes se posa la question de leur origine. En 1745, un prêtre Anglais, J.T. Needham, publia ses observations. Écoutons-le (je traduis, quand même): "j'ai pris du jus de viande de mouton, tout chaud, et je l'ai enfermé dans une bouteille propre que j'ai soigneusement bouchée de manière qu'aucun insecte, ni ses oeufs, ne puissent tomber dans le liquide. J'ai ensuite réchauffé la bouteille et son contenu dans des cendres chaudes, pour que s'il avait subsisté quelque petit animal ou oeuf dans la préparation, il ait été tué. Quelques jours après, j'ai examiné le jus au microscope et j'ai découvert à l'intérieur un fourmillement d'animalcules qui y ont pris naissance. Mon expérience prouve que la vie peut surgir, spontanément, de la matière morte, et que c'est là l'origine de ces animalcules."

En Italie, lorsque Spallanzani eut connaissance de ces expériences et de leur conclusion, il s'y opposa: "ces infiniment petits ne naissent pas du jus de mouton ou de n'importe quoi d'autre, il y a un défaut dans les expériences de Needham, je vais le prouver."

- 21 - Vous qui savez tant de choses et êtes persuadé d'être bien plus malin que ce Spallanzani d'il y a plus de 200 ans, réfléchissez aux défauts possibles de l'expérience de Needham. Notez-les (oui, un effort, il faut écrire). Puis poursuivez votre lecture (ne trichez pas, les réponses sont dans la suite de l'exo).

Spallanzani se dit (comme vous, à moins que vous ayez triché!) "Soit ce pitre de Needham n'a pas chauffé ses bouteilles assez longtemps, soit ses bouchons n'étaient pas hermétiques".

Il prit donc deux lots de flacons emplis de jus de mouton chaud. Il souda le verre du goulot d'un lot de flacon, l'autre recevant les mêmes bouchons "hermétiques" que ceux utilisés par Needham. Il plongea ensuite les flacons dans de l'eau bouillante pendant des durées variables, de quelques minutes à une heure.

Quelques jours après, Spallanzani observa que les flacons à bouchons étaient envahis de microbes, tout comme les flacons soudés qui avaient été plongés dans l'eau bouillante quelques minutes. Par contre, les flacons soudés qui avaient été portés à 100 °C pendant une heure ne contenaient aucun microbe. Triomphant, Spallanzani se dit "Ce Needham est une andouille, je vais immédiatement prévenir la société royale de Londres des erreurs de cet âne bête." (Spallanzani s'exprimait réellement comme cela, je traduis juste de l'italien!)

- 22 (2 pts) - Pourquoi Spallanzani a t'il réparti ses flacons en deux lots bouchés différemment ?

- 23 (6 pts) - quelles conclusions pouvez-vous tirer des résultats des expériences de Spallanzani? Quelles ont été les erreurs de Needham ?

- 24 (2 pts). Peut-on dire que Needham était un scientifique ? Et Spallanzani ?

### 3 Les quatre phrases du Dr Schwann

En 1837, le Dr Schwann publie une étude complexe qu'il conclut ainsi: "Faites bouillir soigneusement de la viande, mettez la dans une bouteille propre et amenez-y de l'air au moyen de tubes chauffés à blanc. Elle conservera sa fraîcheur des mois entiers. Mais un jour où deux après que vous aurez enlevé le bouchon et laissé entrer l'air ordinaire chargé de ses animalcules, la viande dégagera rapidement une odeur putride et fourmille de minuscules êtres vivants, mille fois plus petits qu'une tête d'épingle, qui se tortilleront en dansant. Voilà ce qui avarie la viande!"

Personne, quasiment, ne trouva intéressante la découverte de Schwann, qui tomba dans l'oubli.

- 31 - (4 pts) quelles conclusions peut-on tirer de l'expérience décrite par Schwann ?

- 32 - (4 pts) Schwann réalise ses expériences 97 ans après Spallanzani. Notez les points communs et les différences avec les expériences de Spallanzani (exercice 2). Comment expliquer que presque un siècle après l'abbé italien, l'origine des micro-organismes semble encore si mystérieuse ?

### 4 - Louis Pasteur les a vus (7 pts)

En 1855, le chimiste Louis Pasteur est professeur et directeur de l'université des sciences de Lille. Un jour, un distillateur qui fabriquait de l'alcool à partir du sucre de betterave se présente, accablé, à son laboratoire: "Nous avons des ennuis avec nos fermentations, dans certaines cuves le sucre ne se transforme plus en alcool. Nous perdons des milliers de francs chaque jour. Voulez-vous nous aider à l'usine ?" A cette époque, personne ne savait pourquoi, dans des cuves, le jus sucré de la betterave se transformait en alcool. Pasteur préleva à l'usine des échantillons de liquide provenant des cuves qui ne fonctionnaient plus ainsi que d'autres provenant des cuves en activité. Pasteur était un spécialiste des cristaux. Il se dit qu'il pourrait peut-être en découvrir s'il regardait ses prélèvements au microscope\*.

Dans le jus des bonnes cuves; il découvrit alors des petites sphères, certaines collées, d'autres non, d'autres déformés, comme en train de germer. Quelques années auparavant, l'inventeur Cagniard de Latour avait montré que ces sphères, les levures, étaient vivantes.

\* On peut en effet étudier et reconnaître certains petits cristaux en les observant au microscope.

Dans le jus des cuves qui ne fonctionnaient plus, Pasteur ne vit pas de levures. Cela confirmait le rôle des levures, mais n'expliquait pas pourquoi elles avaient disparu.

Dans le jus inactif, Pasteur trouva de petites taches grises qui flottaient, absente du jus normal. Les regardant sous le microscope, il y découvrit de gros paquets de petits bâtonnets et des fils allongés, bien plus petits que les levures, qui s'agitaient dans tous les sens... Dans le jus où vivaient ces bâtonnets, le pH était plus faible que dans le jus normal.

41 (2 pts) D'après les observations de Pasteur, quel est le rôle des levures ?

42 (4 pts). Que sont donc les bâtonnets observés par Pasteur ? Quelle hypothèse pouvez-vous faire sur leur responsabilité dans l'arrêt de la production d'alcool ?

43 (4 pts). Quelles expériences pourriez-vous imaginer pour confirmer votre hypothèse précédente ?

#### 5 Louis Pasteur II: le retour de la vengeance de Spallanzani (8 pts)

Malgré les expériences de Spallanzani, de nombreux scientifiques, dans les années 1860, refusaient de croire que les micro-organismes se reproduisaient. Ils voulaient absolument qu'ils puissent naître de la matière non vivante. \*

Pasteur avait refait les expériences de Spallanzani en remplaçant le jus de mouton par un bouillon de levures, mais ses opposants (la bataille était violente, on se critiquait beaucoup, et lors des réunions, on en venait presque à se taper dessus après s'être copieusement insulté - la science ressemble beaucoup, parfois, à une salle de classe!) critiquaient le chauffage des bouteilles scellées emplies de bouillon: ils disaient que pour surgir du néant les microbes avaient besoin d'air "naturel", "non chauffé" car le feu devait détruire sa capacité à "fabriquer" des microbes.

Pasteur, avec sa modestie habituelle \*\*, essaya en vain de trouver une expérience ou de l'air non chauffé arriverait au bouillon. Il fallait débarrasser l'air de ses microbes. C'est un pharmacien, Balard, qui lui donna la solution: au lieu de sceller ses flacons puis de les chauffer, il était possible de les chauffer et d'étirer le goulot des flacons en un long tube que l'on recourbait en forme de U. On pouvait laisser le flacon ouvert, l'air y pénétrait mais devait passer par le "U". Pasteur réalisa l'expérience:

- Dans les flacons à col en U, aucun micro-organisme ne se développa (certains flacons furent conservés plus d'un an sans développement de micro-organisme. La légende dit que certains de ces flacons sont encore conservés aujourd'hui sans que le bouillon de levure n'ait été envahi de microbe...)
- Dans les flacons identiques, mais dont le col n'avait pas été recourbé, les micro-organismes se développèrent.

51 (2 pts) - Comment expliquer que les micro-organismes ne puissent pas entrer dans le flacon à col en forme de U ?

52 - (3 pts) Vu les idées de l'époque, que démontre cette série d'expériences de Pasteur ?

53 - (3 pts) Quelles autres expériences pourriez-vous réaliser aujourd'hui en classe pour confirmer les conclusions de Louis Pasteur ?

#### 6 Robert Koch au charbon (7 pts)

Le charbon est une maladie qui tue de nombreux animaux, dont les moutons, et qui peut parfois se transmettre aux humains. En 1870, le médecin de campagne R. Koch observe au microscope le sang noir d'un de ces animaux morts. Il y découvre (sans savoir que d'autres font la même observation à l'époque) des filaments microscopiques, certains reliés entre eux comme de longues chaînes, bien plus petits

que les globules rouges. Il réalise alors les expériences et observations suivantes:

a - un éclat de bois trempé dans le sang d'un mouton mort du charbon et introduit sous la peau d'une souris provoque la mort de l'animal en quelques heures. Le sang de la souris est noir et contient les mêmes filaments que ceux observés chez le mouton.

b - introduits dans l'eau, les filaments n'ont aucune réaction. Par contre, si on les introduit dans un liquide tiré de l'oeil d'un boeuf (ce liquide devant être transparent pour permettre l'observation au microscope) à température voisine de 37°C, on peut voir ces filaments s'allonger et, lentement, se dédoubler et finir par envahir le milieu.

c- les filaments, cultivés seuls dans le liquide de l'oeil de boeuf, déclenchent la maladie si on les injecte de nouveau dans le sang d'une souris.

d- les filaments observés meurent très rapidement s'ils ne sont pas dans le sang ou dans le fluide venant de l'oeil de boeuf servant à les cultiver

61 (5 pts) Quelles conclusions peut-on tirer de chacune de ces observations ou expériences ? Après les avoir présentés, résumez-les en une seule phrase.

Koch se demanda ensuite comment des micro-organismes si fragiles faisaient pour, dans la nature, se transmettre d'un animal malade à un animal sain. Il conserva quelque temps une préparation de bactéries du charbon et eut une surprise: à la place des filaments, il y avait en plus des sphères. Il crut que d'autres microbes s'étaient infiltrés dans sa préparation, mais il se rendit compte que les sphères se formaient à l'intérieur des bactéries.

Il conserva sa préparation un mois, puis lorsqu'il remit ces sphères en contact avec un milieu nutritif frais, il observa que les sphères se transformaient de nouveau en fines bactéries.

62 (2 pts) quelles hypothèses pouvez-vous faire sur cette étonnante transformation ?

#### 7 Loeffler et les armes secrètes des bactéries (4 pts)

En 1884, Frédérick Loeffler cherchait à identifier le responsable d'une redoutable maladie infantile, souvent mortelle, la diphtérie. Il identifia une bactérie en forme de massue dans la gorge des enfants malades (ou morts...).

Pensant que, comme pour le charbon, il retrouverai cette bactérie partout, il examina tous les organes des enfants morts, mais ne trouva pas de trace des bactéries en dehors de la gorge.

Il injecta la bactérie à des lapins et des cobayes, les animaux moururent en quelques jours, mais les bactéries restaient simplement, en très faible quantité, à l'endroit où elles avaient été injectées.

71 - quelle hypothèse pouvez-vous faire expliquant l'effet dévastateur d'un si faible nombre de bactéries ?

72 - Quelle expérience pourrait-on réaliser pour vérifier votre hypothèse ?



\* Contrairement à la légende, les scientifiques n'acceptent pas tous dans la joie les idées nouvelles, même, et surtout, si elles sont soutenues par des résultats expérimentaux solides! Les idées, les croyances; la philosophie des scientifiques entre en jeu lorsqu'ils examinent les nouvelles découvertes, ce qui explique qu'il leur faut du temps pour s'imposer...

\*\* Tous les scientifiques ne sont pas modestes (on peut même se dire que s'ils sont trop modestes, ils ne feront jamais connaître leurs découvertes...). Pasteur était un génie scientifique, il avait une très haute idée de lui même (c'était le genre à penser "je suis un génie, vous êtes tous des larves et je vais vous le prouver en démolissant vos théories ineptes!").

### 8 Rions un peu avec les virus (4 pts)

André Lwoff - Prix Nobel en 1970, à qui on demandait si les virus étaient vivants, répondit "les virus sont... les virus."

Une autre biologiste définit ainsi les virus: "un virus est un paquet de mauvaises nouvelles emballé dans des protéines."

Vous savez également qu'en informatique, les petits programmes qui s'invitent dans votre ordinateur sans votre accord (si vous avez la malchance d'utiliser Windows) et se recopient avant de tenter d'envahir d'autres ordinateurs sont aussi appelés des virus.

81 (2 pts) Pourquoi peut-on dire qu'un virus est, pour une cellule "un paquet de mauvaises nouvelles" ?

82 (2 pts) quelles sont les analogies (c'est à dire les points communs, ignore!) entre les "vrais" virus et les virus informatiques ?

83 (2 pts) pourquoi est-il si difficile de dire si les virus sont vivants ou non ? (essayez de répondre en disant pourquoi ils sont vivants, puis pourquoi ils ne le sont pas, et essayez de conclure...)

### 9 Joseph Lister et la chasse aux microbes. (4 pts)

En 1865, le chirurgien Lister a connaissance des idées de Pasteur sur la responsabilité des bactéries dans les maladies. Alors que l'on croyait que le pus participait à la cicatrisation, Lister, confirmant les idées de Pasteur, montre qu'il est rempli de bactéries que l'on peut tuer avec un produit chimique, le phénol. Il vaporise alors du phénol sur ses instruments, ses blouses et les blessures de ses malades. Alors qu'un malade opéré sur deux mourrait d'infection avant ces pratiques, Lister ramène en 1869 la mortalité à 15%.

91 - (1 pts) Quelle méthode de lutte contre les micro-organismes Lister a-t-il inventé ?

92 - (1 pts) Quel est l'effet du phénol sur les bactéries ?

93- (2 pts) Pourquoi pouvait-on croire que le pus participait à la cicatrisation ?

### 10 Made in Taiwan (6 pts)

Il y a quelques années, le gouvernement de Taiwan a décidé de mettre en pratique un certain nombre de précautions afin d'éviter le déclenchement d'une épidémie d'une nouvelle maladie, la grippe aviaire transmissible à l'homme, causée par un virus H5N1. Pour cela, l'aéroport international a reçu les équipements suivants:

- un tapis désinfectant, collant, sur lequel tous les visiteurs doivent marcher
- un détecteur de température repère tous les visiteurs ayant la fièvre. Ils sont alors obligatoirement examinés et suivis lors de leur séjour.
- une désinfection, 4 à 5 fois par jour, de toutes les surfaces en contact avec les mains des voyageurs

10.1 (3 pts) De quelle façon les mesures prises peuvent-elles protéger l'île de Taiwan d'une épidémie de grippe aviaire ?

10.2 (3 pts) quelles critiques pouvez-vous faire sur l'efficacité de ces mesures de protection ? Quel nom donne-t-on à ce type de mesures ?

### 11 Pasteur III: du vin, du lait et de la bière (4 pts)

Vers 1850, la production (et la consommation!) de vin augmentent en France, mais les viticulteurs ont un problème: leur vin ne se conserve pas et devient rapidement du vinaigre, imbuvable. Pour résoudre leur problème, ils font appel au super héros français de l'époque: Pasteur. Ce dernier va découvrir que la transformation du vin en vinaigre est réalisée par une bactérie (*mycoderma aceti*, si vous voulez connaître son nom). Il met au point une technique permettant de conserver le vin sans en changer le goût: le vin est chauffé quelques minutes à 80°C, puis rapidement refroidi et mis en bouteilles. Cette technique, que Pasteur va breveter et que les viticulteurs vont appeler, en son honneur, la pasteurisation, sera ensuite utilisée pour conserver de nombreux aliments comme le lait, les fromages, les jus de fruits et même la bière.

En utilisant vos connaissances, expliquer comment la pasteurisation permet de conserver ces aliments.

## Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante, trouvée dans la copie de M. Rocard (élève qui s'exprime difficilement en compliquant les choses):

*" Les virus, y rentrent dans l'intérieur du dedans de la cellule, mais dedans, et une fois qu'ils sont entrés dedans l'intérieur de l'intimité de la profondeur de la cellule, y se multiplient tout en se recopiant, mais sans se diviser parce qu'y se multiplient en nombre grand ,très important, et y sont très nombreux dans la cellule à l'intérieur, puis après, ensuite, plus tard, y sortent de la cellule dans laquelle y été entrés pour se reproduire avant d'aller envahir d'autres cellules, enfin pas la même que celle du départ, mais d'autres, différentes, ou ils vont refaire pareil, le même chose, mais en plus nombreux car ils sont en grand nombre."*

## La petite histoire

Vous avez dans les exercices et le cours de nombreuses dates et découvertes. Ordonnez-les sur une frise sur laquelle vous rajouterez deux ou trois événements que vous avez étudiés en histoire, cette année ou l'an dernier (non, on n'est pas censé tout oublier d'une année sur l'autre!) qui se sont produits dans cette même période de temps.

## Corrections

### Questions

1/ Une bactérie est un micro-organisme capable de se reproduire en se divisant, dont la taille est intermédiaire entre celle des virus et des Champignons microscopiques.

2/L'ordre de grandeur d'un virus (sa taille) est la centaine de nm.

3/Un antiseptique est une molécule utilisée comme désinfectant, elle tue les micro-organismes au niveau d'une plaie sans abîmer les cellules humaines.

4/On trouve des bactéries quasiment partout sur Terre... sauf à l'intérieur de l'organisme des autres êtres vivants!

5/Pour ne pas transmettre de micro-organismes à leurs patients, les chirurgiens prennent les précautions suivantes:

- port de masques, gants, bonnets, blouses stériles (sans micro-organismes) et à usage unique.
- Utilisation d'instruments exempts de micro-organismes (et, de plus en plus, à usage unique).
- Stérilisation de l'air de la salle d'opération, désinfection des zones à ouvrir
- développement de techniques permettant d'agir en ouvrant le moins possible le corps du malade.

6/La prophylaxie d'une maladie est l'ensemble des mesures permettant d'éviter que cette maladie se transmette dans une population

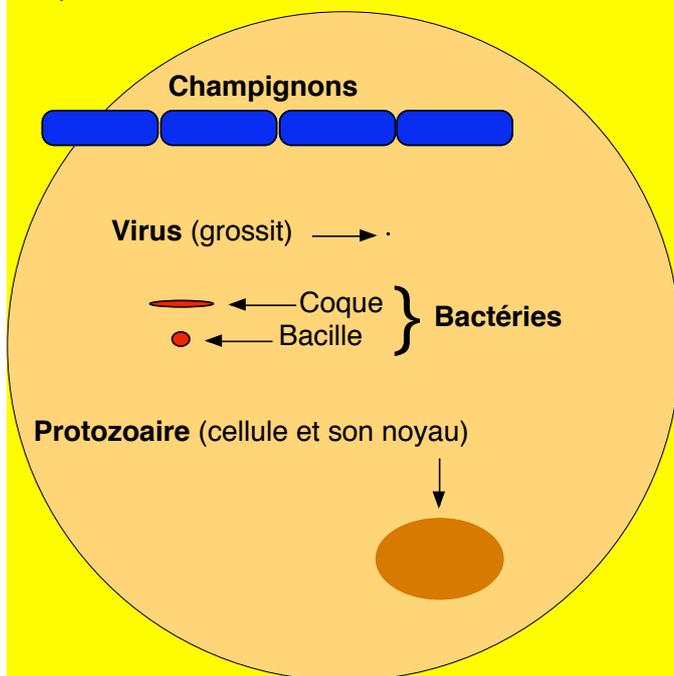
7/Il faut laver une plaie pour éliminer tous les corps étrangers (gravier, écharde...) couverts de microbes qui pourraient y rester. Cela permet aussi d'entraîner à l'extérieur de nombreux micro-organismes (autant qui ne seront pas à combattre). La plaie, propre, sera plus facilement inspectée pour voir si elle est importante ou juste superficielle.

8/ Les spores de champignons se trouvent partout dans l'air, mais pour qu'un champignon se développe, il lui faut des conditions analogues à celles des champignons du sous-bois: de l'humidité, de l'obscurité, de la chaleur et de la nourriture. Les champignons pathogènes se nourrissent de nos propres cellules et s'installent dans les recoins humides et chauds du corps humain: bouche, espaces entre les doigts de pied, vagin...

9/ Les gants de toilette permettent, avec l'eau savonneuse, de détacher les micro-organismes de la peau. Bactéries et surtout champignons se retrouvent donc en partie sur le gant, et disposent de toute la journée pour s'y développer en profitant de l'humidité du gant, de la chaleur de la salle de bain et des débris de peau leur offrant une succulente nourriture gratuite... Changer souvent ces gants permet d'éviter de se laver avec un véritable zoo à microbes...

## Colles

1/ Schéma comparant les tailles des différentes "familles" de micro-organismes. Il y a plusieurs façons de réaliser ce schéma, en voici un exemple:



2/ Le mode de reproduction des virus et ses avantages.

Les virus se reproduisent en entrant à l'intérieur d'une cellule, puis en se faisant recopier en plusieurs centaines ou milliers d'exemplaires par la cellule. Ensuite, les copies sortent de la cellule, qui meurt le plus souvent. Cette façon de se reproduire présente deux avantages: elle est très rapide (le nombre de virus est multiplié par plus de 1000 à chaque "génération") et les virus sont, à l'intérieur de la cellule, à l'abri de certaines défenses de l'organisme.

3/ La peau protège l'organisme des envahisseurs microbiens de plusieurs façons:

- ses nombreuses couches de cellules mortes créent une barrière physique contre les microbes qui ne peuvent pas percer cette défense.
- la peau fabrique le sébum et la sueur qui sont toxiques pour de nombreux micro-organismes.
- la perte régulière de cellules mortes (qui porte le nom barbare de desquamation, tiens, vous aurez appris un mot nouveau pour faire le beau pendant le dîner de ce soir) gêne les micro-organismes qui risquent de se faire éjecter en même temps que la peau "morte"...

## Exercices

### 1 - Un café chez Leeuwenhoek (4 pts)

11- Les "animalcules" de Leeuwenhoek sont des micro-organismes. Lesquels? Comme ils viennent de sa bouche, on peut éliminer les protozoaires (qui vivent dans l'eau). Son microscope ne permettait pas de voir les virus (trop petits), donc Leeuwenhoek a dû observer des bactéries ou des champignons microscopiques. Comme notre Hollandais parle de "bâtonnets" qui s'"agitent", il est probable qu'il s'agit de bactéries (les champignons n'étant pas mobiles).

12- Observations réalisées: après avoir bu du café presque bouillant, les bactéries des incisives sont mortes alors qu'elles restent vivantes au fond de la bouche. Pour expliquer cette observation, on peut supposer que les bactéries sont détruites par une température trop élevée (on pourrait aussi supposer que le café est toxique pour les bactéries).

On peut en conclure que les bactéries sont sensibles à la température de leur milieu et peuvent être éliminées par la chaleur.

Une expérience simple serait de déposer deux morceaux de substances blanches venant des dents dans deux gouttes d'eau: une froide, l'autre presque bouillante, et de regarder au microscope quel est l'état des bactéries (si l'on pense que c'est le café qui est toxique, on peut aussi déposer les bactéries dans une goutte de café à température ambiante pour observer leur réaction).

### 2 - Spallanzani contre Needham (6 pts)

Alors, on triche ? On vient voir les réponses avant de faire l'exo ? Essayez, c'est pour votre bien...

#### 21 - Défauts possibles de l'expérience de Needham.

Il faut trouver une origine possible pour les micro-organismes que Needham a observé et qui selon lui ne peuvent que s'être formés tout seuls dans le jus de mouton. On peut supposer que:

- des bactéries présentes dans l'air sont passées à travers le bouchon de Needham (en effet, il dit que le bouchon pouvait arrêter "les plus petits insectes" mais les bactéries sont bien plus petites que les insectes les plus petits)
- des micro-organismes étaient restés vivants dans les jus de mouton, même chaud.
- des micro-organismes étaient présents dans la bouteille, même lavée, avant d'y verser le jus de mouton.
- quelle que soit l'origine des microbes présents, le réchauffage sur les cendres a été insuffisant pour tuer ceux présents dans le jus.

22 (2 pts) Spallanzani cherche à tester l'hypothèse "les bouchons ne sont pas hermétiques". Il a donc besoin d'un ensemble de données permettant de comparer la fiabilité des bouchons de Needham à d'autres qui sont réellement, sans discussion, hermétiques. Les flacons au col soudés de Spallanzani sont en fait le "témoin" des expériences que Needham a oublié de faire (de plus, Spallanzani teste aussi une autre hypothèse, celle du chauffage insuffisant, mais qui n'entre pas dans le cadre de cette question).

#### 23 (6 pts) - Résultats des expériences de Spallanzani

"les flacons à bouchons étaient envahis de microbes, tout comme les flacons soudés qui avaient été plongés dans l'eau bouillante quelques minutes." Donc, les micro-organismes se développent, que le bouchon soit hermétique(soudure) ou celui utilisé par Needham. Le bouchon à lui seul n'est pas responsable.

“Les flacons soudés qui avait été portés à 100 °C pendant une heure ne contenaient aucun microbe.”, ce qui montre que si l'augmentation de la température est suffisante, il n'y a pas de développement de micro-organismes: des microbes se retrouvent donc inévitablement enfermés dans la bouteille et doivent être détruits par la chaleur pour ne pas s'y reproduire. Spallanzani a montré que les micro-organismes ne peuvent pas se former s'il n'existe pas déjà des microbes dans le milieu pour leur donner naissance.

Les erreurs de Needham ont été :

- de ne pas faire de témoin pour contrôler l'efficacité de ses bouchons.
- de ne pas vérifier si le chauffage du jus de mouton avait été suffisant pour y détruire toutes les bactéries présentes, alors que l'effet stérilisateur de la chaleur était connu depuis Leeuwenhoek (exercice précédent)...

24 (2 pts)  Needham était un scientifique puisqu'il essayait de répondre à une question en réalisant des expériences. Le fait que ses expériences ait été mal réalisées n'est pas le plus important: toute expérience peut être, et doit être, critiquée en science. Spallanzani, lui aussi, était un scientifique puisqu'il vérifiait ses idées à l'aide d'expériences bien conduites.

### 3 Les quatre phrases du Dr Schwann

31 - (4 pts) L'expérience décrite par Schwann montre que de la viande ne pourrit pas si elle est bouillie, déposée dans une bouteille propre et mise au contact d'un air qui a été porté à haute température. Par contre, le contact de l'air aboutit à l'altération de la viande qui grouille alors de microbes. Cela montre que les micro-organismes sont présents dans l'air et qu'ils sont responsables de la décomposition de la viande. Cela confirme également les conclusions de Spallanzani: les micro-organismes ne naissent pas à partir des matériaux non vivants, ils ne se développent qu'en se reproduisant, ce qui implique qu'il doivent être présents au départ dans le milieu si on veut les y retrouver, plus nombreux, ensuite...

32 - (4 pts) Points communs et les différences avec les expériences de Spallanzani.

| Expérience de  | Spallanzani   | Schwann                             |
|----------------|---|-------------------------------------|
| Points communs | recherche sur l'origine des micro-organismes.<br>Utilisation de la chaleur pour stériliser l'air ou le milieu |                                     |
| Différences    | Utilise du jus de mouton<br>Air chauffé à 100 °C  | Air porté à beaucoup plus de 100 °C |

Pourquoi un siècle après Spallanzani, l'origine des micro-organismes semble encore si mystérieuse ?

 C'est là un problème très intéressant qui montre que l'activité scientifique ne fonctionne pas de façon automatique: même si la solution d'un problème est trouvée par un chercheur, il faut que les autres autour de lui soient prêts à l'accepter. Il ne suffit pas, en science, d'avoir raison: il faut avoir raison au bon moment, sinon personne ne vous écoute. A l'époque de Schwann, les scientifiques avaient oublié Spallanzani et ses résultats, et même la découverte de Schwann resta dans l'oubli.

 Il vous faut bien comprendre (c'est peut être la notion la plus importante de ce manuel, même si elle n'est pas au programme, comme d'habitude) que les scientifiques ne sont pas des demi-dieux qui veulent résoudre tous les problèmes: ils se comportent souvent exactement comme vous, lorsque vous avez un difficile exercice de

math à rendre: ils "oublient" le problème, attendent de voir si d'autres ne l'ont pas résolu, au moins un peu, et espèrent ne pas avoir à le rencontrer ("chaque science possède une espèce de grenier dans lequel sont presque automatiquement poussées toutes les choses qui ne peuvent pas être utilisées sur le moment" disait le psychologue W. Khöler au début du 20e siècle). Il fallu donc attendre encore quelques années avant que le problème de l'origine des microbes ne resurgisse avec force.

### 4 - Louis Pasteur les a vu 81 (7 pts)

41 (2 pts) Dans les cuves qui contiennent des levures vivantes (elles sont vivantes puisqu'on les voit "germer" pour se reproduire), le sucre est transformé en alcool. Sans levures, cette transformation ne se produit pas. On en déduit que ce sont les levures qui transforment le sucre en alcool. CQFD\*

42 (4 pts). Les bâtonnets observés par Pasteur ressemblent beaucoup à des bactéries ou des champignons (ils sont trop gros pour être des virus et trop petites pour être des protozoaires, comme les levures). En fait, ce sont des bactéries.

La présence des bactéries semble être liée à la mort des levures. Cela pourrait aussi être une coïncidence. En plus, le pH du milieu est diminué (donc plus acide, vous êtes doué en physique, non? \*\*).

On peut proposer plusieurs hypothèses sur la responsabilité de ces bactéries dans l'arrêt de la production d'alcool:

- a- les bactéries tuent les levures, ce qui met un terme à la production d'alcool.
- b - pour une raison inconnue, le pH diminue, et cette acidité tue les levures et permet aux bactéries, innocentes, de se développer
- c - Les bactéries sont responsables de la baisse du pH, et c'est l'acidité du milieu qui tue les levures.
- d - les bactéries attaquent les levures, qui se défendent en acidifiant leur milieu, ce qui finit par les tuer (pas de chance....)

Bref, vous pouvez imaginer beaucoup d'hypothèses (c'est une des activités principales des scientifiques). Aucune hypothèse n'est "fausse" ou "pas la bonne". Il suffit qu'elles soient plausibles (possibles logiquement) et surtout vérifiables par une ou plusieurs expériences.

43 (4 pts). Voyons quelles expériences permettent de tester notre première hypothèse (les bactéries tuent les levures).

On prélève un échantillon de "jus" où de l'alcool est produit. On ajoute quelques bactéries et on observe l'évolution des levures. Comme témoin, on garde une partie de notre jus dans lequel on n'ajoute pas de bactéries.

(Si vous voulez le résultat, que vous ne pouvez pas deviner, sachez que vous observerez que les bactéries ne tuent pas les levures immédiatement. Par contre, dans le milieu où l'on a mis les bactéries le pH va commencer à diminuer - il fallait penser à le mesurer - puis les levures vont commencer à mourir... ce qui confirme en fait l'hypothèse c )

### 5 Louis Pasteur II: le retour de la vengeance de Spallanzani (8 pts)

51 (2 pts) - Les micro-organismes ne peuvent pas entrer dans le flacon à col en forme d'U car ils sont fixés sur des poussières et des particules qui tombent dans le fond du U et ne peuvent pas remonter seuls du côté du flacon. En effet, il n'y a pas de courants d'air à l'intérieur du tube en U qui leur permettraient d'atteindre l'intérieur du flacon (bien entendu, il ne faut pas trop agiter les tubes, sinon une contamination est possible).

\* Ce Qu'il Fallait Démontrer (on concluait, il y a longtemps, les démonstrations de math par ces 4 lettres).

\*\* Si le mot "pH" ne vous dit rien, une révision s'impose, ainsi qu'une petite discussion avec votre prof de physique...

52 - (3 pts) La série d'expériences de Pasteur montre que ce n'est pas le chauffage de l'air qui modifie une mystérieuse propriété lui permettant de créer des microbes à partir des éléments non vivants du bouillon. Cette série d'expériences démontre qu'il n'y a pas de génération spontanée (retenez bien ce terme) de micro-organismes, mais qu'un microbe provient toujours d'un autre microbe \* .

À propos de ces expériences, Pasteur, toujours modeste, déclara: " j'ai éloigné d'elle (la bouteille et le milieu qu'elle contient) les germes qui flottent dans l'air, j'ai éloigné d'elle la vie, car la vie c'est le germe et le germe c'est la vie. Jamais la doctrine de la génération spontanée ne se relèvera du coup mortel que cette simple expérience lui porte."

53 - (3 pts) Les expériences sont, de nos jours, plus faciles à réaliser que du temps de Pasteur: On peut commander des flacons de plastique stériles (ne contenant aucun microbe), et il existe des filtres en papier si fins que les bactéries ne peuvent pas traverser (les virus, ce n'est pas grave... pourquoi ? Réfléchissez une minute (ou deux). Vous avez trouvé ? \*\*

Prenez deux flacons stériles et versez-y, près d'une flamme (pour tuer les micro-organismes présents dans l'air) du bouillon de viande porté 15 min à ébullition (obtenu avec un cube, tiens, c'est facile et rapide). Un flacon sera fermé avec un filtre à pores extra fins, l'autre n'est pas bouché et reste au contact de l'air. Vous ne tarderez pas à voir (et sentir!) la différence entre les deux flacons, qu'une observation au microscope confirmera...

Le plus intéressant est que si l'expérience ne "marche" pas, c'est que les bactéries ont trouvé une porte d'entrée. A vous de trouver le défaut, de recommencer, de modifier l'expérience... Que d'activités à discuter et réaliser avec votre professeur !

---  
\* Ce qui pose le problème, comme nous le verrons dans la partie "évolution" de ce manuel, de l'origine du premier microbe, car on peut se satisfaire d'une version microbienne du jeu de la poule et de l'oeuf...

\*\* Les virus éventuellement présents dans la solution ne pourront de toute façon pas s'y reproduire puisqu'ils ne peuvent pas se multiplier sans les cellules qui, elles, ne passent pas à travers le filtre...

#### 6 Robert Koch au charbon (7 pts)

61 (5 pts) Conclusions tirées des expériences et observations.

a - Les filaments présents dans le sang des animaux morts provoquent la maladie. Ils se reproduisent dans le sang de la souris, ce sont dans des êtres vivants, des bactéries.

b - Les bactéries responsables du charbon meurent dans l'eau? Elles ont besoin pour se reproduire de la température d'un corps de mammifère et d'éléments nutritifs présents dans le liquide tiré de l'oeil de boeuf.

c- Les bactéries qui sont nées dans le liquide nutritif n'ont jamais été en contact avec l'animal mort où l'on a prélevé leurs ancêtres. Ce sont donc bien ces bactéries qui déclenchent la maladie

d- Les bactéries ne se reproduisent que dans un milieu, le sang, qui leur apporte nutrition et chaleur.

En une seule phrase: Le charbon est causé par des bactéries qui se multiplient dans le sang des animaux malades et qui ne semblent pas pouvoir survivre en dehors du sang (ou d'un milieu analogue).

62 (2 pts) On peut imaginer différentes hypothèses:

- les bactéries du charbon se reproduisent et forment des "oeufs" lorsque leur milieu ne peut plus les nourrir. Elles se comporteraient alors comme les plantes annuelles que vous avez étudiées en 6ème (oui, je sais, c'est très loin, la sixième....).

- les bactéries du charbon sont capables de changer de forme (ce sont des transformers!) pour résister à de mauvaises conditions provenant de leur milieu. (c'est effectivement le cas, les sphères sont

des formes très résistantes qui attendent, des années, voire des dizaines d'années, d'être avalées par un innocent mouton...)

#### 7 Loeffler et les armes secrètes des bactéries (4 pts)

71 - Visiblement, un très faible nombre de bactéries suffit à tuer les malades. Ces bactéries ne semblent pas se reproduire (ou très peu). Elles n'envahissent pas le corps, ne vont pas dans le sang...

Une explication possible est que ces bactéries sont extrêmement toxiques. Comme elles ne se reproduisent pas, il est possible qu'elles fabriquent un produit très toxique (un poison) qui va, lui, voyager dans le sang et provoquer la mort.

72 - Si le poison est fabriqué par les bactéries, il suffit d'en prélever, de les mettre dans un milieu où elles survivent et d'injecter à un animal non pas les bactéries, mais quelques ml du milieu de culture (si le poison y est fabriqué, l'animal devrait mourir).

On peut aussi imaginer de passer les bactéries "au mixer" et de les injecter une fois mortes pour voir si le mélange bactéries mortes + milieu est également toxique...

#### 8 Rions un peu avec les virus (4 pts)

81 (2 pts) Pour une cellule, un virus représente un parasite qui va profiter d'elle pour se multiplier avant de la tuer (ou de la faire tuer, comme nous le verrons plus tard). Bref, l'arrivée d'un virus n'annonce pas un avenir serein, loin de là! Il s'agit donc bien d'un "paquet de mauvaises nouvelles".

82 (2 pts) Les virus sont de petits micro-organisme qui utilisent les cellules pour se reproduire, avant d'essayer de contaminer d'autres cellules.

Les virus informatiques sont de petits programmes qui utilisent la mémoire d'un ordinateur (et son disque) pour se reproduire. Les copies gênent le fonctionnement de la machine et essayent de contaminer d'autres ordinateurs pour s'y reproduire aussi.

Le comportement de ces deux types de virus est donc très semblable, seul leur milieu diffère (la cellule pour les uns, les mémoires d'ordinateur pour les autres...)

83 (2 pts) Il est difficile de dire si les virus sont vivants ou non, car définir ce qu'est un être vivant est difficile. En utilisant vos connaissances, vous pouvez dire:

Les virus sont vivants, car ils se reproduisent en se comportant comme des parasites.

Les virus ne sont pas vivants, car ils n'ont aucune activité en dehors de la cellule, ils restent passifs.

 En fait, les limites entre ce qui est vivant et ce qui ne l'est pas ne sont pas vraiment nettes, et les virus sont très près de cette frontière floue...

#### 9 Joseph Lister et la chasse aux microbes. (4 pts)

91 - (1 pts) Lister a inventé l'antisepsie

92 - (1 pts) Visiblement, le phénol tue les bactéries: c'est un produit bactéricide. C'est aussi un antiseptique (un désinfectant)

93- (2 pts) On pouvait croire, à l'époque de Lister, que le pus participait à la cicatrisation parce qu'avant qu'une blessure ne cicatrise (si elle cicatrisait....) il y avait toujours, à cette époque sans désinfectants, présence de pus qui s'écoulait de la plaie. Comme le pus était présent pendant la cicatrisation de la plaie, on pensait qu'il y jouait un rôle.

 L'erreur commise est fréquente en science: ce n'est pas parce que deux événements (ici la présence de pus et la cicatrisation) sont présents en même temps qu'il existe un rapport de cause à effet entre les deux! (ce n'est pas parce que vous n'avez pas révisé votre SVT que votre prof a décidé de vous interroger justement ce jour-là, il n'en savait rien... en tirer un rapport de cause à effet reviendrait à dire que vous aviez été interrogé parce que vous aviez mis des chaussettes roses, par exemple, ce jour-là).

## 10 Made in Taiwan (6 pts)

10.1 (3 pts) De quelle façon les mesures prises peuvent-elles protéger l'île de Taiwan d'une épidémie de grippe aviaire ?

Le tapis collant et désinfectant retient et neutralise les particules de poussière et de terre contenant éventuellement des virus et transporté sous les semelles des voyageurs.

Le détecteur de température permet de détecter les visiteurs ayant la fièvre, qui peuvent donc déjà être malade. En les surveillant, on peut vérifier qu'ils ne sont pas dangereux ou contagieux.

La désinfection fréquente de toutes les surfaces en contact avec les mains des voyageurs permet de détruire les éventuels virus déposés par les mains et limite donc la transmission des virus d'une personne à une autre.

10.2 (3 pts) Les mesures de protection de l'aéroport sont utiles, mais pas obligatoirement efficaces: les virus peuvent être transportés sur les vêtements des voyageurs plutôt que sur leurs chaussures, un voyageur contaminé peut ne pas avoir encore la fièvre au moment où il arrive à l'aéroport. Le nettoyage et la désinfection des surfaces touchées par les mains est sans doute la mesure la plus efficace.

Ces mesures de protection sont des mesures prophylactiques.

## 11 Pasteur III: du vin, du lait et de la bière (4 pts)

Le vin est transformé en vinaigre par des bactéries. Pour éviter cette transformation, il est donc nécessaire de se débarrasser des bactéries. On ne peut utiliser un produit toxique, car il changerait le goût du vin et pourrait être toxique pour les humains.

La chaleur détruit les bactéries, mais du vin bouilli n'est plus buvable.

La température de 80°C doit donc correspondre à la température minimale qui détruit les bactéries sans altérer le vin. Une fois les bactéries détruites par la chaleur, il faut refroidir rapidement le vin pour éviter que, restant longtemps chaud, il ne perde son goût. En le mettant immédiatement en bouteilles (fermées, évidemment...) on empêche aussi que le vin ne soit de nouveau contaminé par de nouvelles bactéries capables de transformer l'alcool en acide, et le vin en vinaigre...

*La pasteurisation est une méthode de conservation des aliments, mais également une méthode de protection contre les maladies transmises par les aliments (en particulier, à l'époque de Pasteur, par le lait). La généralisation de cette méthode a permis de sauver de très nombreuses vies en évitant les maladies: la pasteurisation est également une méthode prophylactique...*

## Apprenez à bien rédiger

*"Les virus entrent dans l'intérieur de la cellule et ils s'y multiplient en de nombreux exemplaires puis sortent de la cellule d'aller envahir de nombreuses autres cellules qui, à leur tour, deviendront des fabriques de virus."*

## La petite histoire

La frise que vous avez réalisée (n'est)ce pas, vous ne venez pas pour tricher, non ?) devrait ressembler un peu à celle-ci :

