



**Association pour le Développement
de l'Animation Scientifique et Technique
en Auvergne**

Jeudi 11 octobre 2018

**La science dans notre vie :
le choix des matériaux**

**Polytech Clermont-Fd, Salle G131
Sessions à 10 h, 11 h, 14 h et 15 h**



**[https://www.adasta.fr/animations/
fête-de-la-science/](https://www.adasta.fr/animations/fête-de-la-science/)**

La science dans notre vie : le choix des matériaux

Quand les mathématiques, la physique, la chimie et la biologie se partagent les rôles.

Un cheminement interactif de quarante-cinq minutes entre l'animateur et les élèves, pour trouver des réponses à des problèmes rencontrés à partir de **19 propositions vraies ou fausses ?**

Où il sera question de matériaux naturels ou transformés, de matériaux synthétiques, de construction, de collage, de protection, de pollution, ..., d'objets usuels et d'œuvres d'art.

Où nous aurons besoin de bois, de métal, de verre, de céramique, de plastique, de matériau déformable et composite ... et surtout d'imagination !

Le sujet a été adapté en fonction du thème de la Fête de la science →

Les textes en vert sont les commentaires non projetés

La Fête de la science 2018 a une double ambition : **contribuer au débat public et développer l'esprit critique, notamment chez les jeunes, afin qu'ils puissent faire face à la désinformation et aux fausses nouvelles, comprendre que tous les contenus ne se valent pas, et faire la part des choses entre réactions affectives et raisonnement construit.**

**La Science :
à chacun sa
vérité ! ou ?**

Les aveugles et l'éléphant

**On raconte une version rapide et
simplifiée de la fable**

La fable indienne des six aveugles et l'éléphant

Le premier s'approcha de l'éléphant
Et, alors qu'il glissait
Contre son flanc vaste et robuste,
Il s'exclama : « Dieu me bénisse,
Un éléphant est comme un mur ! ».

Le deuxième, tâtant une défense
S'écria « Oh ! Oh !
Rond, lisse et pointu !
Selon moi, cet éléphant
Ressemble à une lance ! »

Le troisième se dirigea vers l'animal,
Pris la trompe ondulante
Dans ses mains et dit :
« Pour moi, l'éléphant est comme un
serpent ».

Le quatrième tendit une main impatiente,
Palpa le genou
Et fut convaincu qu'un éléphant
Ressemblait à un arbre !

Le cinquième s'étant saisi par hasard de
l'oreille, dit :
« Même pour le plus aveugle des aveugles,
Cette merveille d'éléphant
Est semblable à un éventail ! »

Le sixième chercha à tâtons l'animal
Et, s'emparant de la queue qui balayait l'air,
Perçu quelque chose de familier :
« Je vois, dit-il, l'éléphant est comme une
corde ! »

Alors, les 6 aveugles
Discutèrent longtemps et passionnément,
Tombant chacun dans un excès ou un autre,
Insistant sur ce qu'il croyait exact.

Ils semblaient ne pas s'entendre,
Lorsqu'un sage, qui passait par-là,
Les entendit argumenter.

« Qu'est-ce vous agite tant ? » dit-il.
« Nous ne pouvons pas nous mettre

d'accord
Pour dire à quoi ressemble l'éléphant ! »
Et chacun d'eux lui dit ce qu'il pensait à ce
sujet.

Le sage, avec son petit sourire, leur
expliqua :

« Vous avez tous dit vrai !

Si chacun de vous décrit l'éléphant
Si différemment,

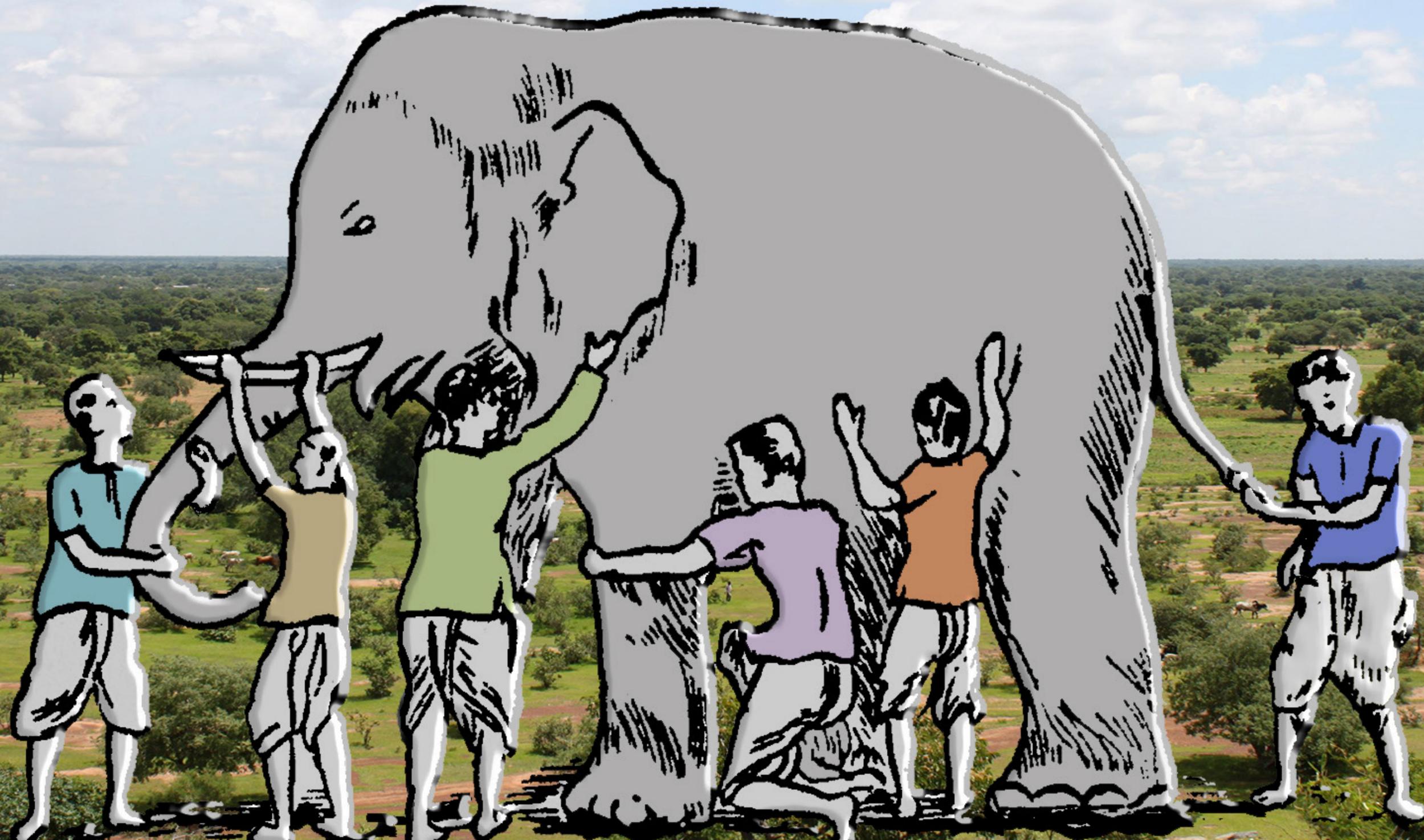
C'est parce que chacun a touché
Une partie de l'animal très différente !
L'éléphant a réellement les traits
Que vous avez tous décrits. »

« Ooooooh ! » exclama chacun.

Et la discussion s'arrêta net !
Et ils furent tous heureux d'avoir dit la
réalité,

Car chacun détenait une part de vérité.

Les aveugles et l'éléphant



Au pays du pneu

- 1- Le meilleur des pneus est celui qui ne s'use pas**
- 2- Le pneu vert a été inventé pour le camouflage en Amazonie**
- 3- Lorsqu'on change deux pneus il faut mettre les pneus neufs à l'avant**
- 4- Le caoutchouc naturel est désormais remplacé par des élastomères synthétiques**

Heureusement que le pneu s'use au contact de la route sinon il n'aurait pas d'adhérence et la tenue de route serait nulle.

Sans aller jusqu'à l'usure exagérée d'un pneu ultra-mou de Formule 1, qu'un pneu ne tienne que 40 000 km est une bonne chose.

Le pneu vert n'a jamais été vert mais écologiquement meilleur car on a remplacé une partie du noir de carbone par de la silice. Ce matériau (une silice sophistiquée) consomme moins d'énergie que le noir de carbone.

Avec une traction (avant) les pneus avant s'usent plus vite qu'à l'arrière.

Si l'on doit n'en changer que deux :

il faut mettre les pneus arrières à l'avant et les neufs à l'arrière.

Ces derniers vont assurer une meilleure tenue du véhicule et éviter le tête-à-queue.



Question de mélanges

5- Solution

6- Emulsion

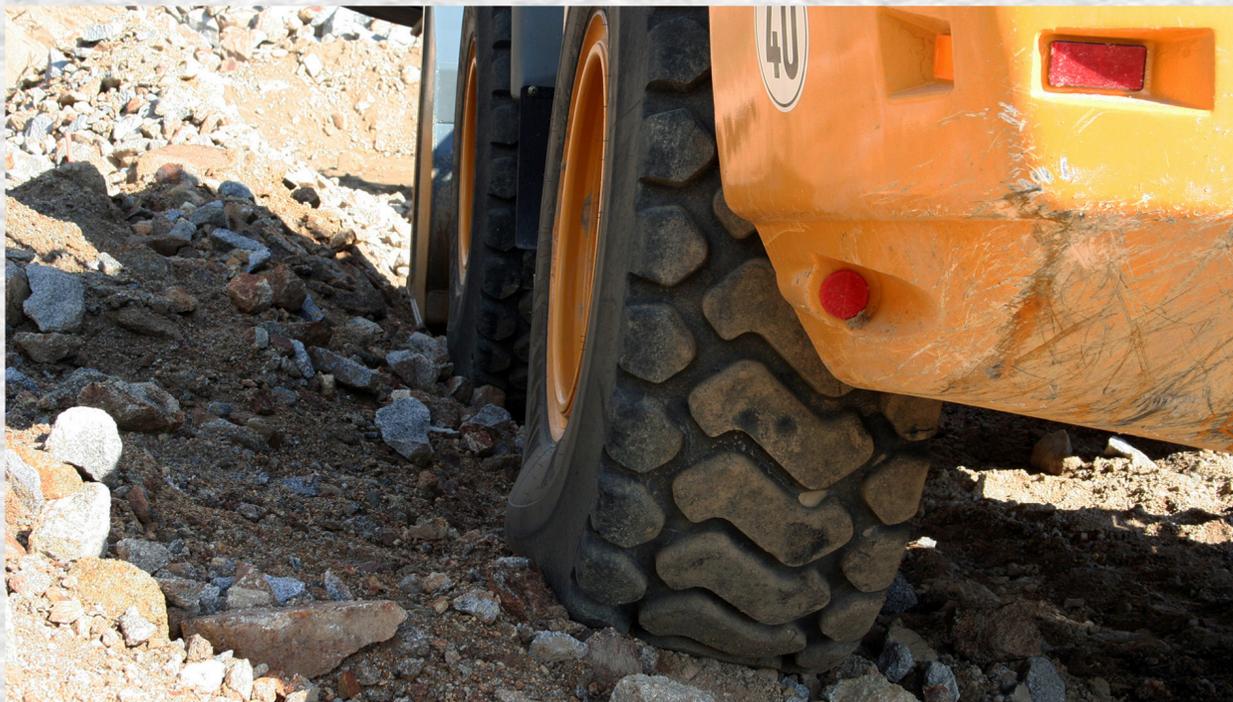
7- Suspension

8- Gel

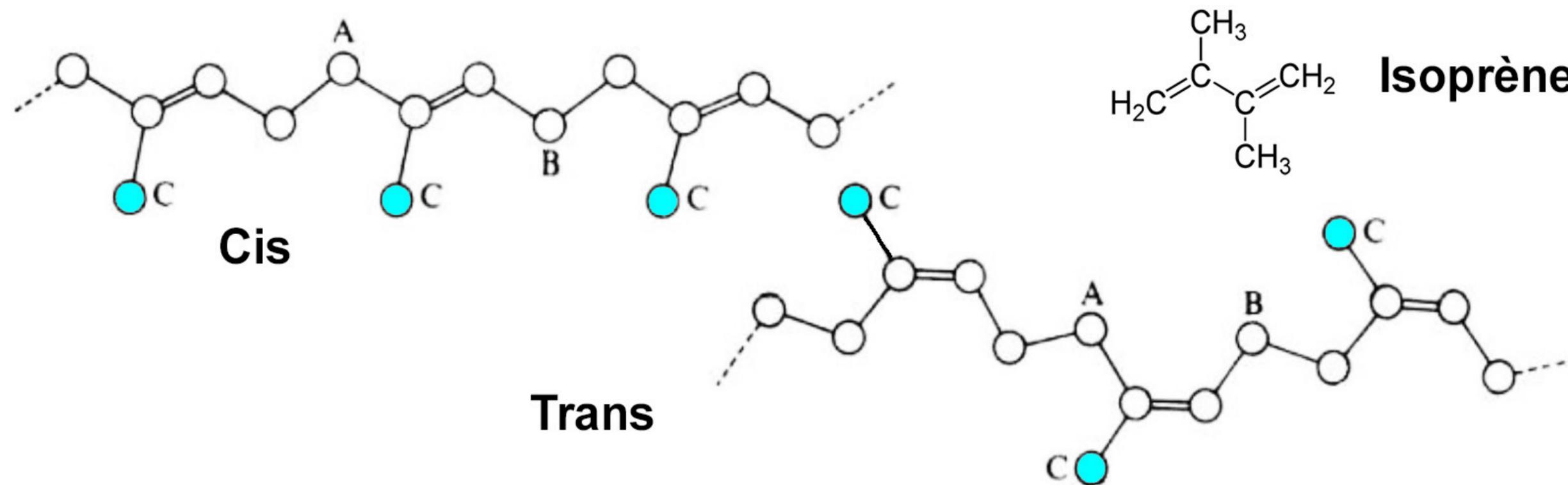
Yaourt, mayonnaise, gel de coiffure et ... latex.

Le caoutchouc naturel

Si les bandes de roulement des pneus de tourisme sont à base d'élastomères synthétiques (PBR, SBR), il y a toujours du **caoutchouc (naturel)** dans les pneus des poids-lourds et beaucoup dans ceux pour **engins civils**

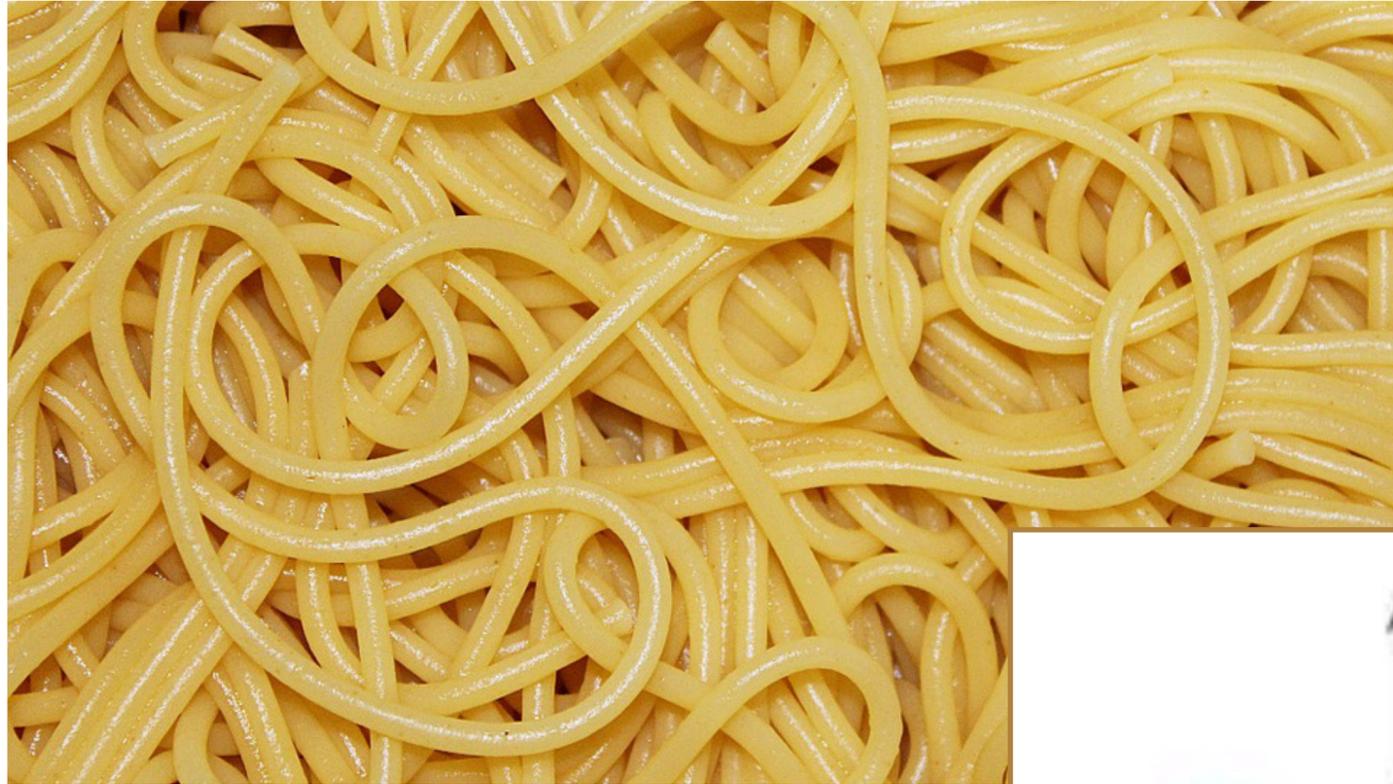


Deux caoutchoucs naturels mais un détail qui fait la différence



Le caoutchouc est un **cis** 1,4-polyisoprène issu du latex de *l'hévéa brasiliensis* . Il présente des propriétés **élastiques**

La gutta percha est un **trans** 1,4-polisoprène issu du latex du *palaquium gutta* . Elle présente des propriétés **plastiques**



Elastomères

Comme des spaghettis !

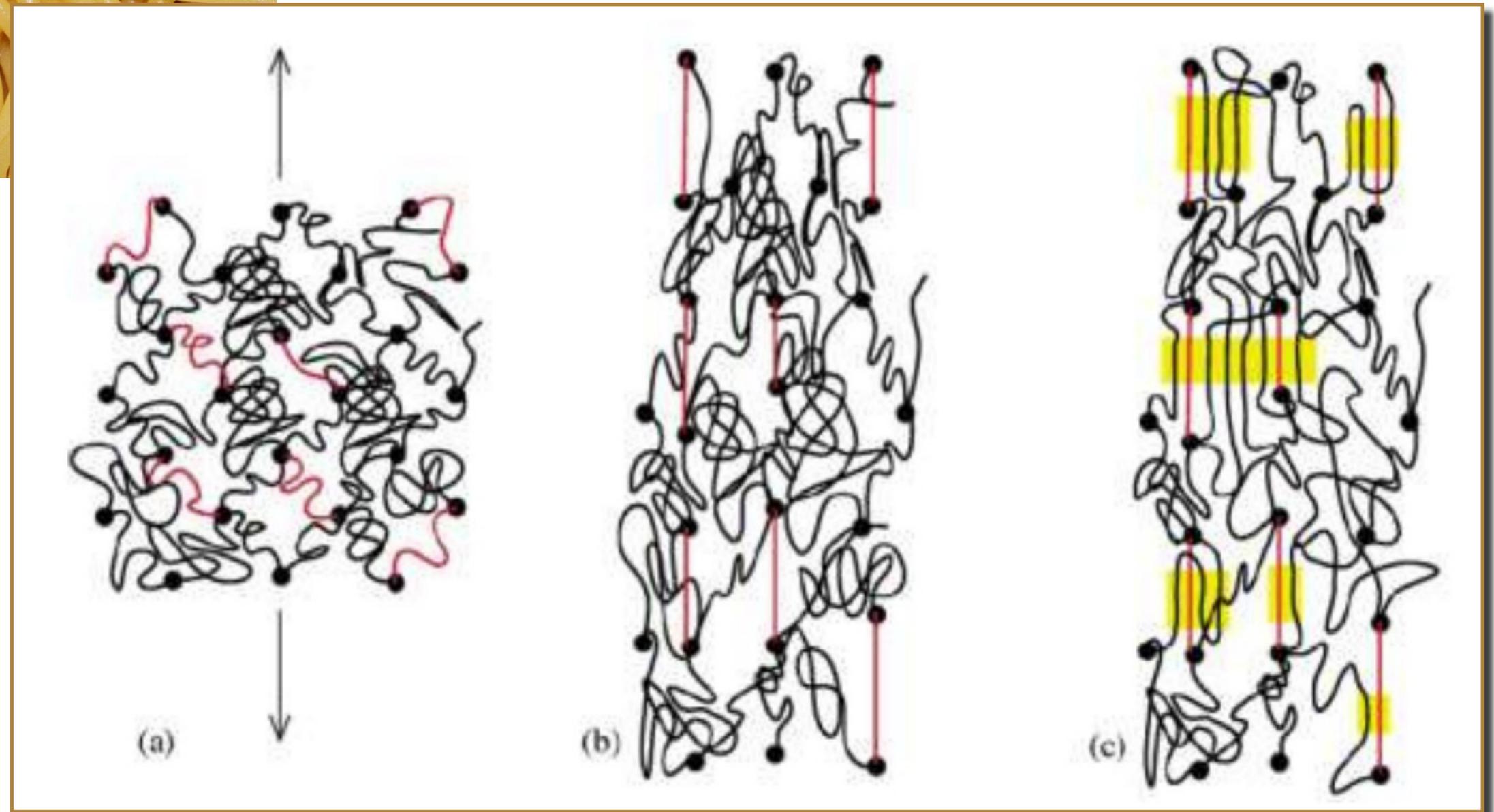


Schéma Toki - Tosaka

On peut comparer les chaînes des élastomères (naturel ou synthétiques) à un enchevêtrement de spaghettis. Si l'on tire, on peut les séparer (éviter le collage par très peu d'huile).

Cependant le caoutchouc (ajouter naturel est un pléonasme) a la particularité de se bloquer si l'on tire brusquement : on dit qu'il cristallise sous tension (zones jaunes).

Dans les pneus il permet de limiter la propagation des entailles (écaillage) provoquées par les sols pierreux des chantiers de génie civil, mines, ...

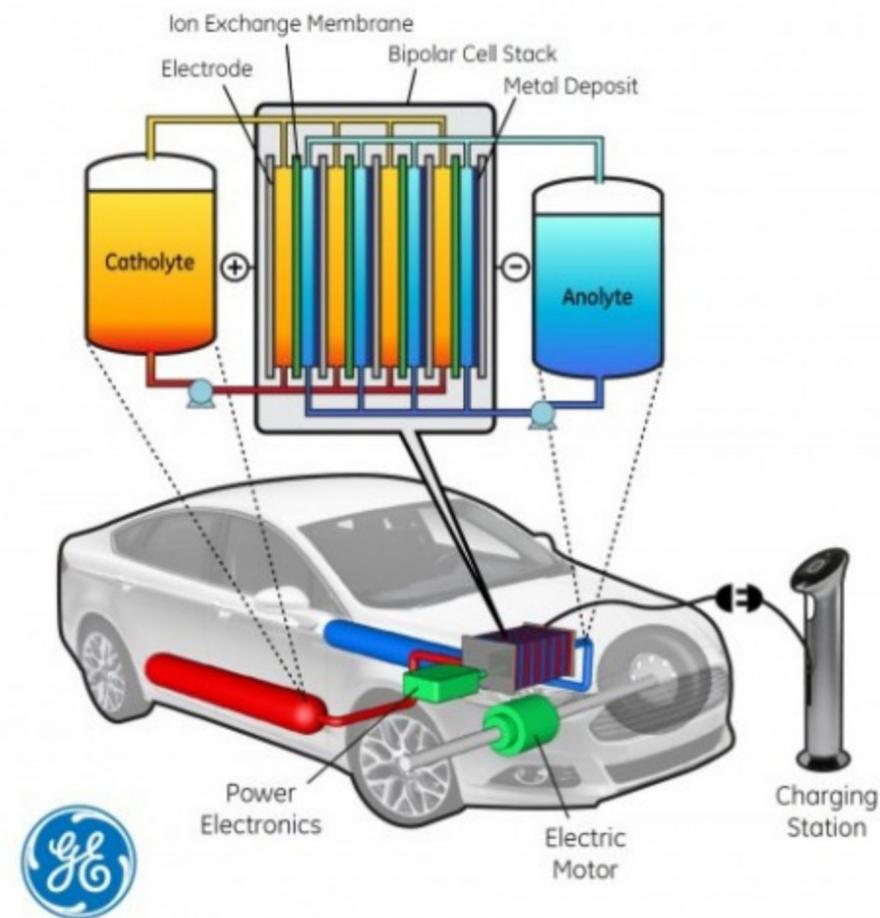
La gutta percha, ou ballata, est très dure et devient plastique au-dessus de 60°C. Elle a été utilisée pour faire des balles de golf, de faux objets en ivoire ou ébène et comme isolant électrique. Remplacée par des plastiques.

**9- L'eau est-elle un
carburant
d'avenir ?**



Rouler à l'eau salée: une prouesse technique

Les quatre moteurs électriques alimentant les roues de ce véhicule ne diffèrent en rien des moteurs électriques que l'on connaît, c'est leur **système d'alimentation** qui est innovant. Ce système consiste en un **assemblage de piles à combustible et de batteries** qui utilisent le principe de l'**électrolyse** au sein d'un liquide composé en partie d'eau salée. Malheureusement, ce ne sont pour le moment pas des sels marins qui font rouler le bolide, mais des **sels métalliques**. On ne peut donc pas encore rouler à l'eau de mer. Il faut deux liquides différents pour propulser la voiture: un **liquide chargé positivement** et l'autre **chargé négativement**. Ces liquides sont aspirés par une pompe puis réunis par le biais d'une membrane qui permet de **produire l'électricité** nécessaire pour faire avancer la **voiture**. Ce **carburant** est largement moins onéreux que l'essence, et les **sels métalliques** sont **non-toxiques**. Rouler à l'eau salée représente donc une **alternative économique** et écologique au **pétrole**. Autre innovation remarquable, cette voiture est capable de stocker 12 Kw, ce qui est 5 fois supérieur à la **capacité de stockage** de la batterie de la **Nissan Leaf**. Pour ce qui est de sa **consommation d'énergie**, ce véhicule consomme entre 20 à 30 Kwh pour 100 Km parcourus, ce qui représente une autonomie comprise entre 400 et 600 Km.



<https://www.aaaep.fr/blog-tests-psychotechniques/rouler-a-leau-salee-avec-la-quant-e-sportlimousine-0213-1803/>

Voilà désormais deux ans et demi que le Lorientais Marc Renaudin roule avec un moteur à eau de pluie. Et ce dernier ne tarit pas d'éloges sur un système qui lui aurait fait gagner près de 19 pleins d'essence, soit plus de 16.000 km.

C'est curieux, car ...

La première application d'une injection d'eau dans un moteur à essence daterait de 1895. Ingénieur chez De Dion Bouton, Paul Viet utilise alors l'eau comme un adjuvant à l'essence, de manière à mieux en contrôler l'explosion. Plusieurs brevets sont déposés en Europe entre 1895 et 1899. En 1901, l'ingénieur français Pierre Clerget fait aussi avancer le Schmilblick avec du gasoil sur son monocylindre Vernet. Paul Sabatier dans les années 20 n'est pas en reste.

Les recherches ne se cantonnent pas aux voitures. Durant la Seconde Guerre mondiale, des systèmes d'injection d'eau équipent des avions de chasse comme certains Messerschmitt allemands.

**La description du fameux moteur à eau salée
est une fumisterie plagiée de celle
du moteur à hydrogène
c'est-à-dire de la pile à combustible**

Une succession d'âneries

une membrane qui produit de l'électricité, etc.

**mais c'est vrai, l'eau salée peut coûter moins cher que le pétrole à
condition que ce ne soit pas des sels de zirconium, d'uranium, ...**

**A noter que la borne est une recharge électrique et
qu'il n'y a pas de borne pour charger en « eau salée »**

Deux réactions :



**Q* fourni par électricité solaire, éolienne, ...
Un moyen de stocker l'énergie électrique
sous forme d'Hydrogène**

Une bonne piste

(B) $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + Q^{}$ mais $Q^{**} < Q^*$
car conservation de l'énergie**

Q est l'énergie utile pour le moteur
L'eau est un (bon) déchet**

Bilan économique de la pile à combustible

Synthèse de l'hydrogène

Séchage du gaz

Stockage

Vaporisation

Rendement des réactions électrochimiques de la pile

Circulation des fluides

Régulation thermique

Maintenance des membranes

Récupération du platine

Pas gagné !

Terre crue



Terre cuite



Faïence



Porcelaine



**Un matériau
dans l'histoire**

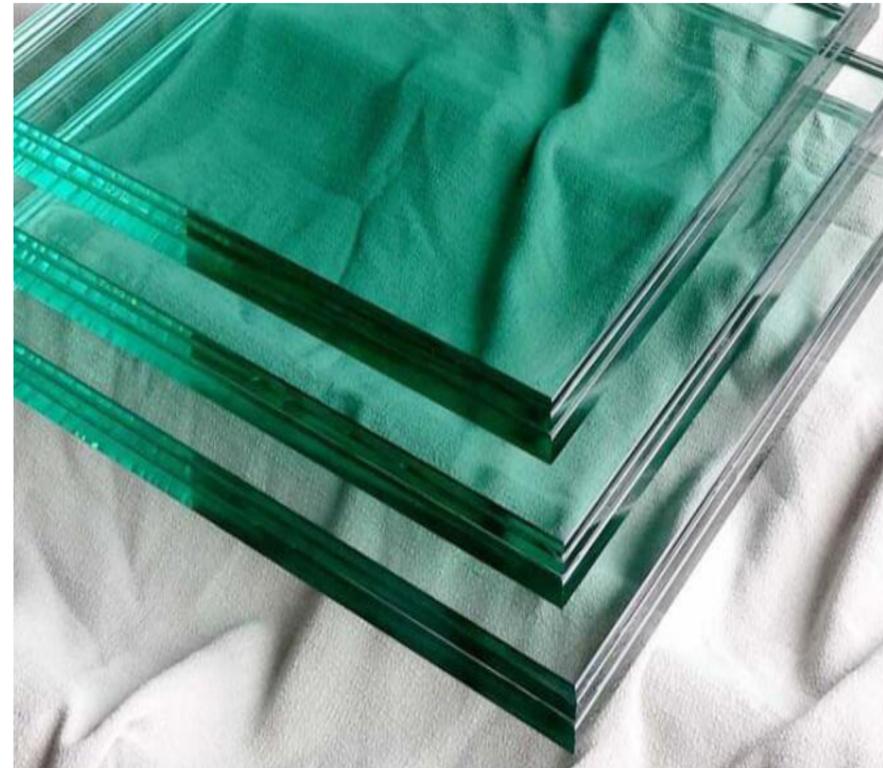
**Le matériau le plus proche : la terre
crue depuis des millénaires, cuite dès l'antiquité**

**Le torchi : premier matériau composite exemplaire
La terre cuite vernissée, connue depuis la civilisation
mésopotamienne est le résultat de centaines d'années d'essais
empiriques et raisonnés**

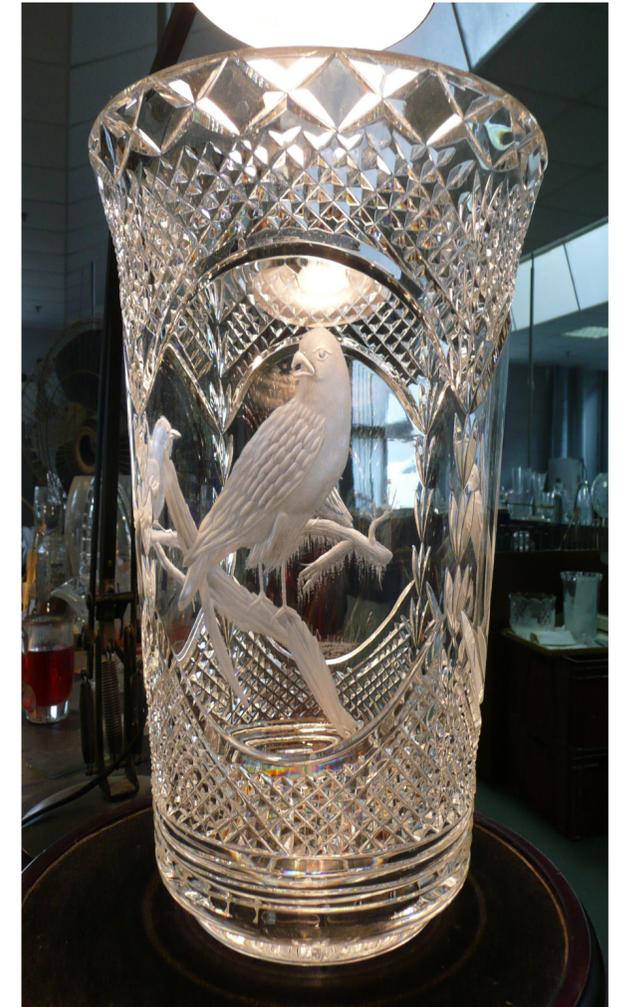
**La décoration des poteries corinthiennes par cuissons successives
obéit des réactions complexes d'oxydo-réduction dont n'avaient
aucune idée les maîtres grecs et pourtant ...**

**De la maîtrise de la terre grossière à celle des terres fines (argile,
kaolin) douze siècles, pas plus. La porcelaine reine des céramiques.**

Du sable au cristal



Du sable siliceux (dioxyde de silicium)
Du carbonate de sodium (soude)
De l'oxyde de calcium (chaux)
D'autres oxydes métalliques ou du
sel de sodium ou de calcium, en option)
De l'oxyde plomb (en option)



Un éclair a-t-il fondu du sable sur une plage (légende) ou un potier a-t-il constaté la formation d'un matériau vitreux dans son four ?

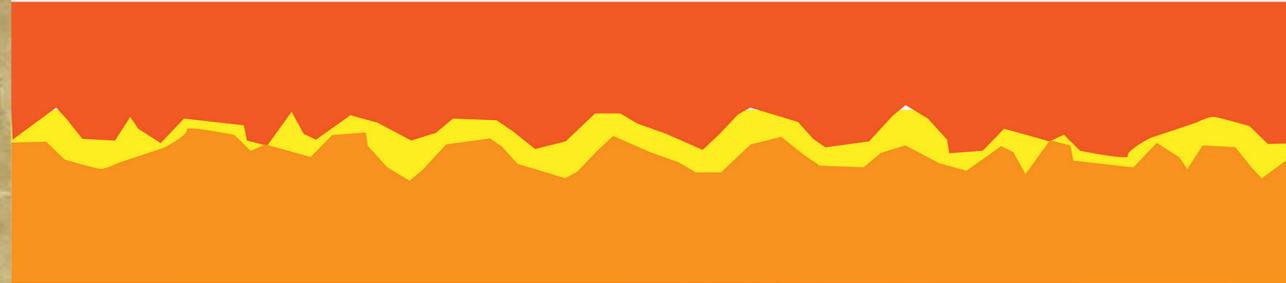
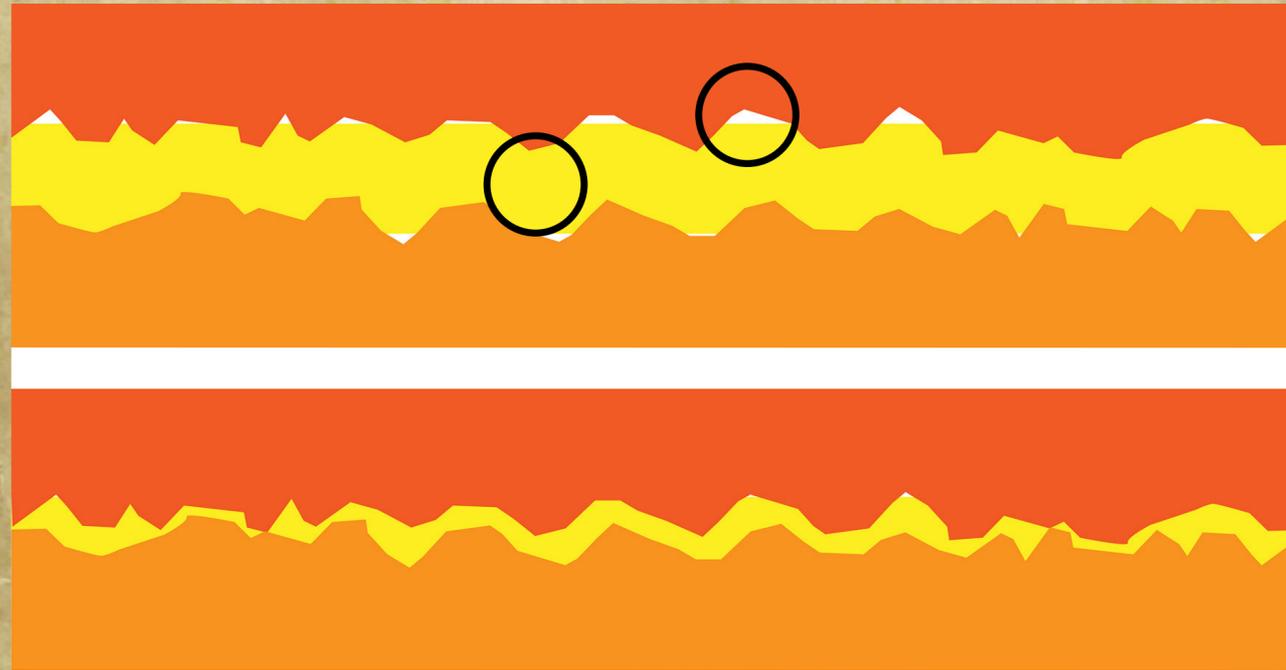
Peu importe le verre est bien obtenu par fusion du sable, cet oxyde de silicium si abondant.

L'ajout de natron (soude, carbonate de sodium) et de chaux vive fait chuter le point du mélange.

L'ajout d'oxyde métalliques (fer, chrome) donne des couleurs et celui d'oxyde de plomb conduit à un verre plus lourd et moins dur : le cristal (qui n'est d'ailleurs pas cristallin).

Natron a donné natrium (allemand) d'où Na symbole du sodium NaOH, l'hydroxyde de sodium, est appelé soude caustique.

Assemblages



Pièce A

Adhésif *

Pièce B

- Colle blanche papier (amidon)
- Colle blanche bois (vinylique)
- Colle fusible (thermoplastiques)
- Colle époxy (résine + amine)
- Colle néoprène (solvant chloré)
- Colle silicone (acide acétique)
- ...

Préparation des surfaces

Application de la colle

Délai de contact

Délai d'utilisation

**Le nettoyage des surfaces à coller, ou à peindre, est fondamental :
poussières, huiles, ... sont les premiers ennemis de l'adhésion**

**La couche de colle doit être minimum car c'est un matériau dont les
propriétés sont inférieures à celles des éléments à assembler**

**Il ne doit pas être fermé des produits volatils (eau, solvant)
Il est préférable de poser plusieurs couches fines de peinture
qu'une seule épaisse**

**Il faut attendre le temps donné par le fabricant avant utilisation
pour que les réactions soient complètes**

Les métaux et l'environnement

10- L'acier inox résiste à l'acide chlorhydrique

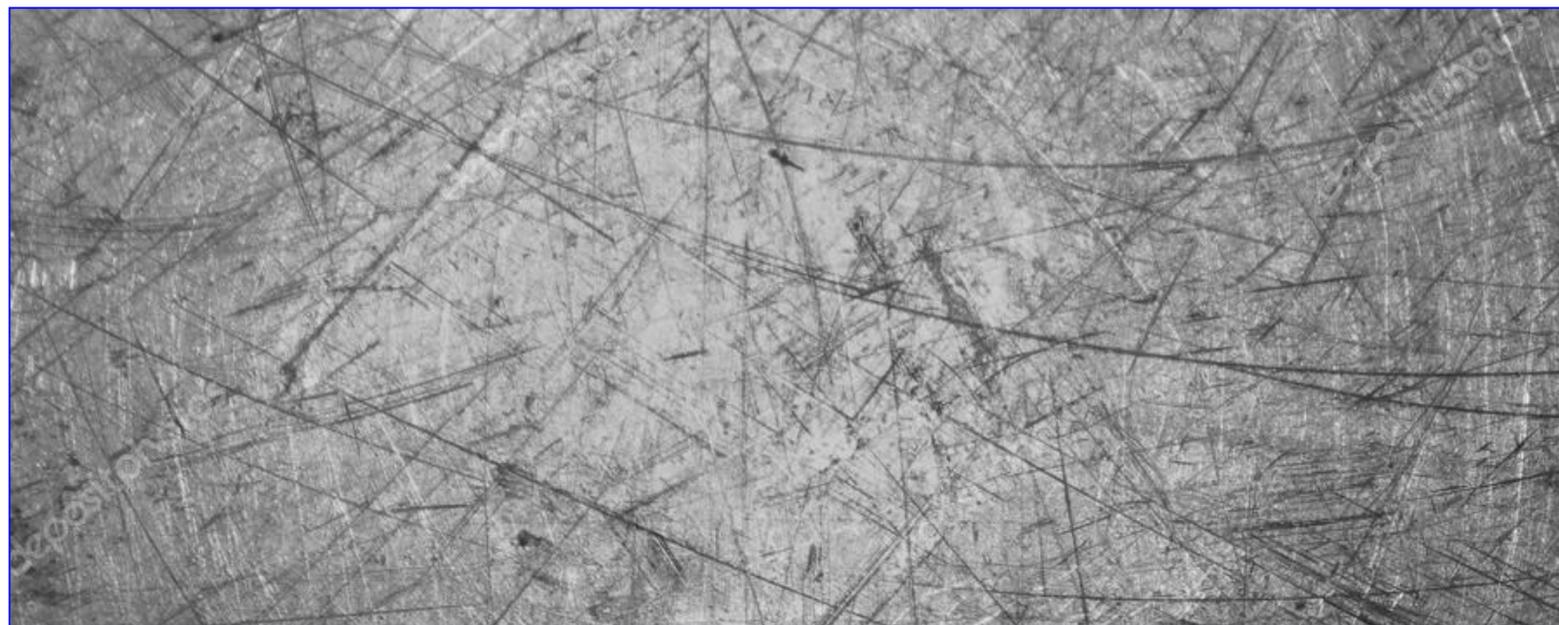
11- L'acier Corten ne rouille pas

12- L'aluminium ne rouille pas

**10- L'acier inox est un acier auquel on a ajouté du chrome (essentiellement), du nickel et d'autres métaux en des proportions variables selon sa destination. Le chrome migre en surface et protège l'acier de l'oxydation. Il résiste très bien à l'acide sulfurique mais n'aime pas le chlorhydrique !
La surface ne doit pas être rayée mais polie.**

11- L'acier Corten ne rouille pas car il est ... déjà rouillé, en fait oxydé ! C'est un acier dont on a traité la surface par des oxydes métalliques qui résistent au lessivage et dont la couleur se stabilise avec le temps.

12- L'aluminium ne rouille pas car le terme rouille est réservé à l'oxyde de fer hydraté. Par contre l'aluminium est rapidement protégé par sa propre couche d'oxyde : l'alumine



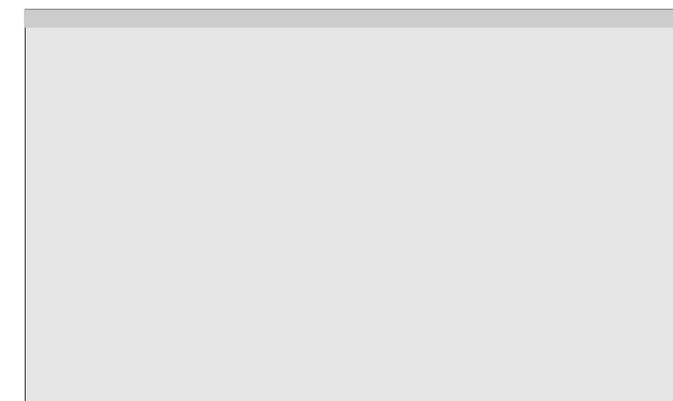
**Acier
inox Cr-Ni**



Aluminium



**Acier
Corten**



Couche de protection

**13- Le marbre se nettoie avec
de l'acide chlorhydrique**

**14- Les objets en aluminium se nettoie très bien
avec une lessive de soude**

15- On nettoie les bijoux en or avec du mercure

13- Le marbre est une variété de carbonate de calcium (une craie très dure) qui n'apprécie pas du tout les acides. Pourtant, en 1843, un italien « mal informé » a nettoyé le David de Michel-Ange à l'acide chlorhydrique à 50%. La patine, couche protectrice de carbonate (calcin), a été dissoute laissant la statue dans un état lamentable.

14- Si les vieilles poêles à frire en fer supportent bien le traitement alcalin (soude ou potasse) ce n'est pas le cas de l'aluminium qui est attaqué avec un beau dégagement d'hydrogène ! Oubliez aussi ce traitement pour les revêtement anti-adhésifs.

15- Le mercure dissout l'or en formant un amalgame. Les orpailleurs clandestins de Guyanne utilisent toujours ce procédé, terrible pour la santé et l'environnement car il impose de faire évaporer le mercure par chauffage pour récupérer l'or. Donc, ne pas toucher du mercure avec des bijoux en or.

16- Les peintures à l'eau sont aussi résistantes que les peintures aux solvants organiques

17- La peinture mate ne résiste pas aussi bien aux intempéries que la peinture brillante

18- Un revêtement doit-il être dur ou souple ?

19- Le béton romain n'a jamais été égalé

16- Les résines des peintures à l'eau (vinyliques, acryliques) sont en progrès mais moins résistantes que les peintures glycérophthaliques, ou autres, impliquant la présence de solvants. Le problème est la nocivité des solvants qui ne doivent pas être émis dans l'atmosphère.

17- Une peinture mate réfléchit moins la lumière qu'une peinture brillante. Cela signifie que sa surface présente des micro perforations qui l'absorbent et qui seront des pièges pour les salissures, grasses en particulier. Donc à éviter en extérieur et en cuisine.

18- Un revêtement doit être adapté à la surface de l'objet concerné : souplesse pour éviter les fissures ou rigidité pour résister à l'abrasion. On peut donc aller du très souple (néoprènes) au très dur (sols).

Pas besoin d'acier

Quel est donc ce secret? Selon cette étude, il apparaît que le béton des Romains était confectionné à base de cendres volcaniques, de chaux et d'eau de mer. C'est le résultat de l'observation par leurs scientifiques de l'effet de l'eau de mer sur les cendres volcaniques – la création de roche volcanique pareille à du ciment. Au final, le béton romain était ainsi plus dur que tout ce qu'il est possible d'imaginer, et sans besoin de renforcements d'acier.

Nos ciments sont essentiellement composés de silicates de calcium, hydraulique ajoutés à du sable et du gravier.

« C'est fantastique »

« Ce qu'on a découvert est fantastique », ajoute Marie Jackson après des années de recherche. « Les Romains ont créé un béton pareil à de la roche que le contact de l'eau de mer renforce plutôt que de l'éroder, contrairement au béton moderne. »

Malheureusement, la recette exacte de ce béton s'est perdue et la majeure partie du monde ne dispose pas des roches qu'avaient les Romains sous la main pour entreprendre leurs exceptionnels travaux de construction.

(Source : Source: Berkeley Lab, 7s7, The Telegraph)

Béton romain

Beaucoup d'édifices antiques réalisés en opus caementicium - appareillage composé in situ et non coulé, en utilisant des matériaux tout venant, les caementa, maçonnées dans le meilleur des cas à la chaux, entre deux parois de petit appareil qui font office de coffrage perdu - sont toujours debout, du fait que l'appareillage était réalisé avec soin et avec une bonne chaux. On ne parle plus de la grande majorité des édifices qui ont disparu du fait de la médiocrité des maçonneries, souvent sommairement liées à l'argile ou à de la chaux de médiocre qualité, comme c'est souvent le cas à Pompei où leur conservation pose problème⁶.

En comparant les mortiers des Anciens, et surtout ceux qui ont été faits par les Romains, aux mortiers des temps modernes, on suppose alors que les premiers étaient meilleurs. Plusieurs constructeurs annoncent alors avoir trouvé le secret des mortiers romains, mais d'autres supposent avec raison qu'il n'a subsisté à travers le temps que les constructions faites avec de bonnes chaux dans de bons mortiers

19- Le béton romain

C'est un composite avec une particularité, la présence d'une cendre volcanique (pouzzolane), des fragments de briques cuites, ...

Sa première qualité est la prise en eau de mer (aujourd'hui on sait faire avec d'autres ciments)

Cependant il n'a pas toujours été de qualité et de nombreux édifices et maisons n'ont pas résistés à l'épreuve du temps.

Le pont du Gard était un élément d'un aqueduc de 52 km permettant d'alimenter Nîmes en eau potable, pas un pont pour le passage de dizaines de camions de 30 tonnes à chaque heure.



Pont du Gard (40-50)

h : 49 m

l : 245 m

3è étage aqueduc, 360 m à l'origine

Viaduc de Millau (2002-2004)
h : 343 m (270 m sous tablier)
l : 2 460 m



Le pont de Gènes qui s'est récemment écroulé avait sans doute des défauts de conception et avait vieilli mais il faut considérer que le cahier des charges initial devait être totalement dépassé :

Trafic considérablement augmenté

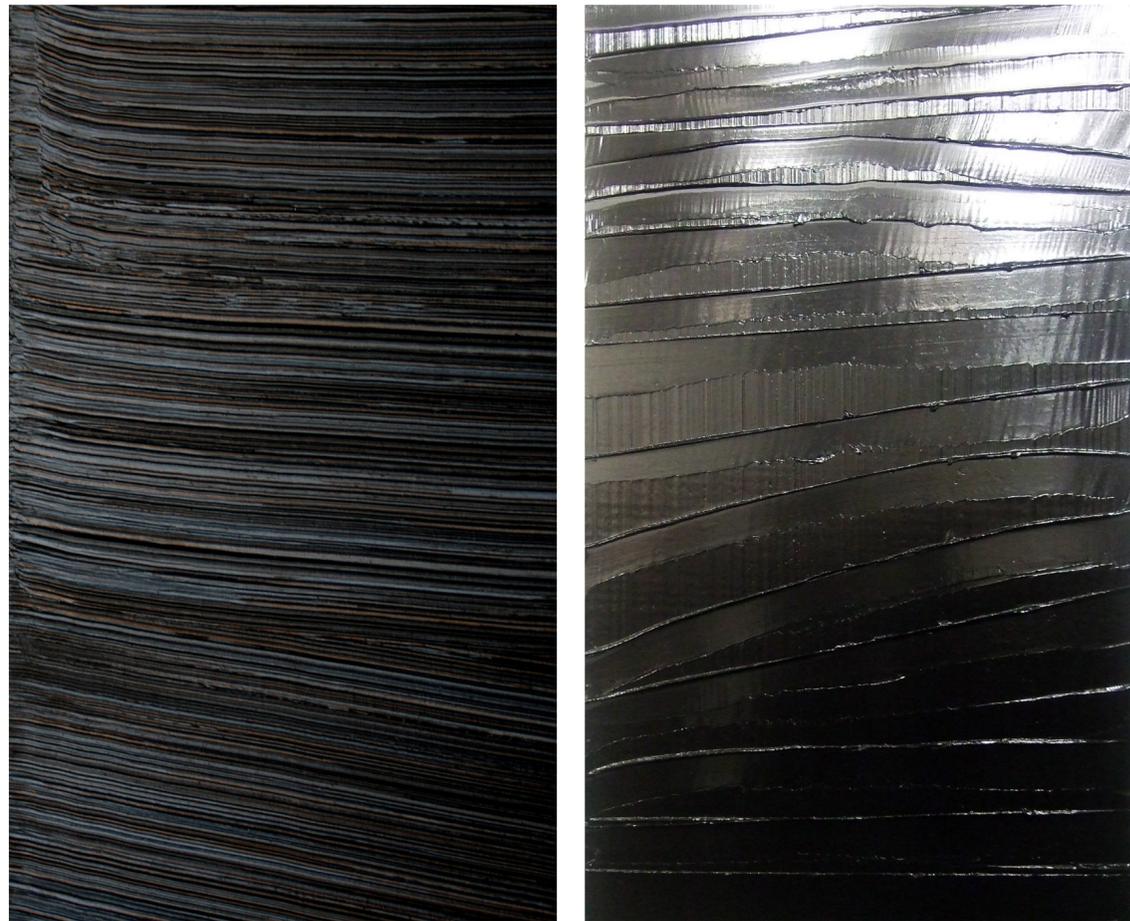
Poids des camions fortement plus élevé

Sollicitation non en accord avec la structure

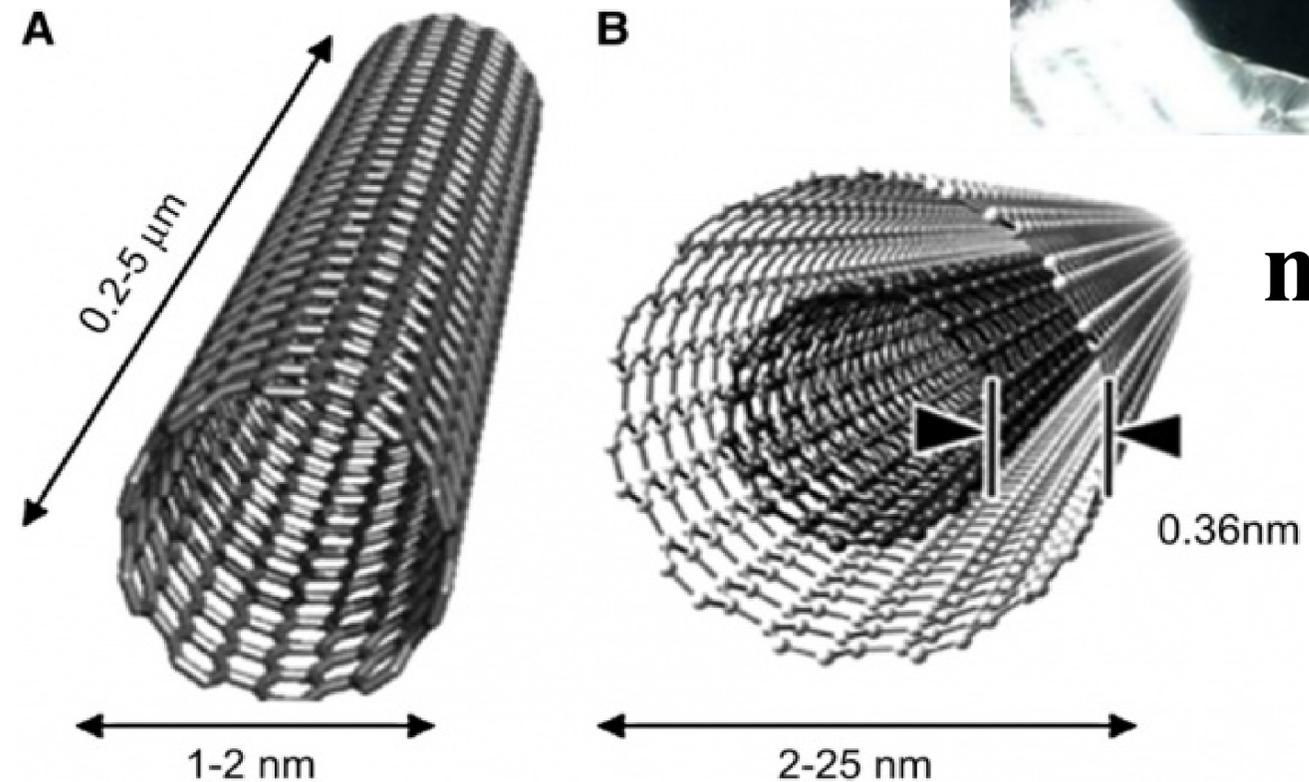
Le choix d'un matériau ou d'une structure doit toujours être lié au respect d'un cahier des charges.

Si l'usage évolue il faut redéfinir ce cahier des charges et éventuellement changer de matériau ou de structure mais qui va oser ?

Noir, est-ce noir ?



effet de surface
artiste Pierre Soulages

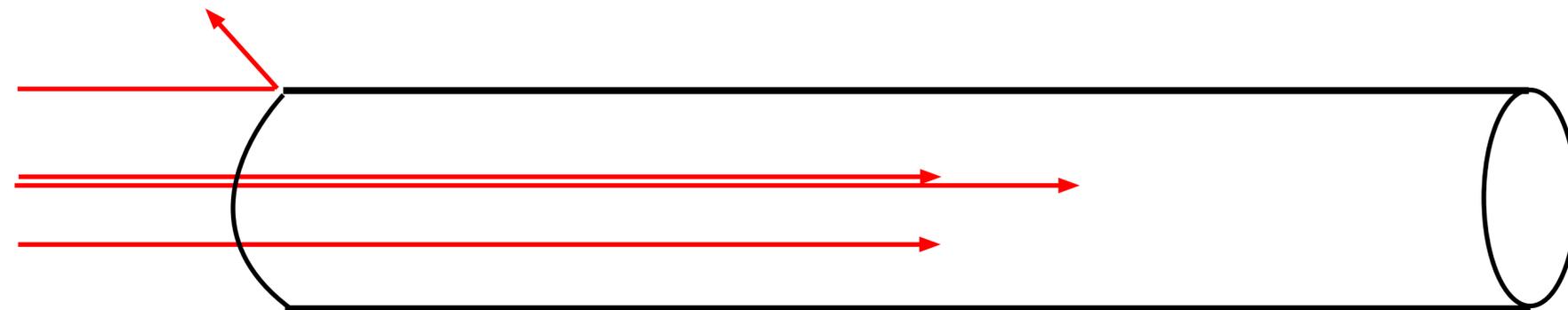


nanotubes de
carbone

Une surface peinte en noir a toujours une part de brillance et les toiles de Pierre Soulages (né en 1919) présentent des coups de pinceau ou de spatule créant des zones d'accrochage pour la lumière
Certaines zones réfléchissent tellement la lumière qu'elles semblent blanches !
On est loin du noir absolu, celle du corps noir qui absorbe la lumière à 100%

Cependant la découverte des nanotubes de carbone dont la taille est de l'ordre du micron et leur diamètre du nanomètre a conduit à la création d'une peinture qui absorbe la lumière à 99,965 %

En effet si la lumière pénètre dans un tel tube elle n'a aucune chance d'en ressortir, son seul obstacle étant l'épaisseur du tube (centième de nanomètre !) sur laquelle elle peut réfléchir !



Un nanotube de graphène : une monocouche atomique de graphite

**“L’essentiel n’est pas tant la connaissance
que l’imagination.”**

Albert Einstein, *Comment je vois le monde*

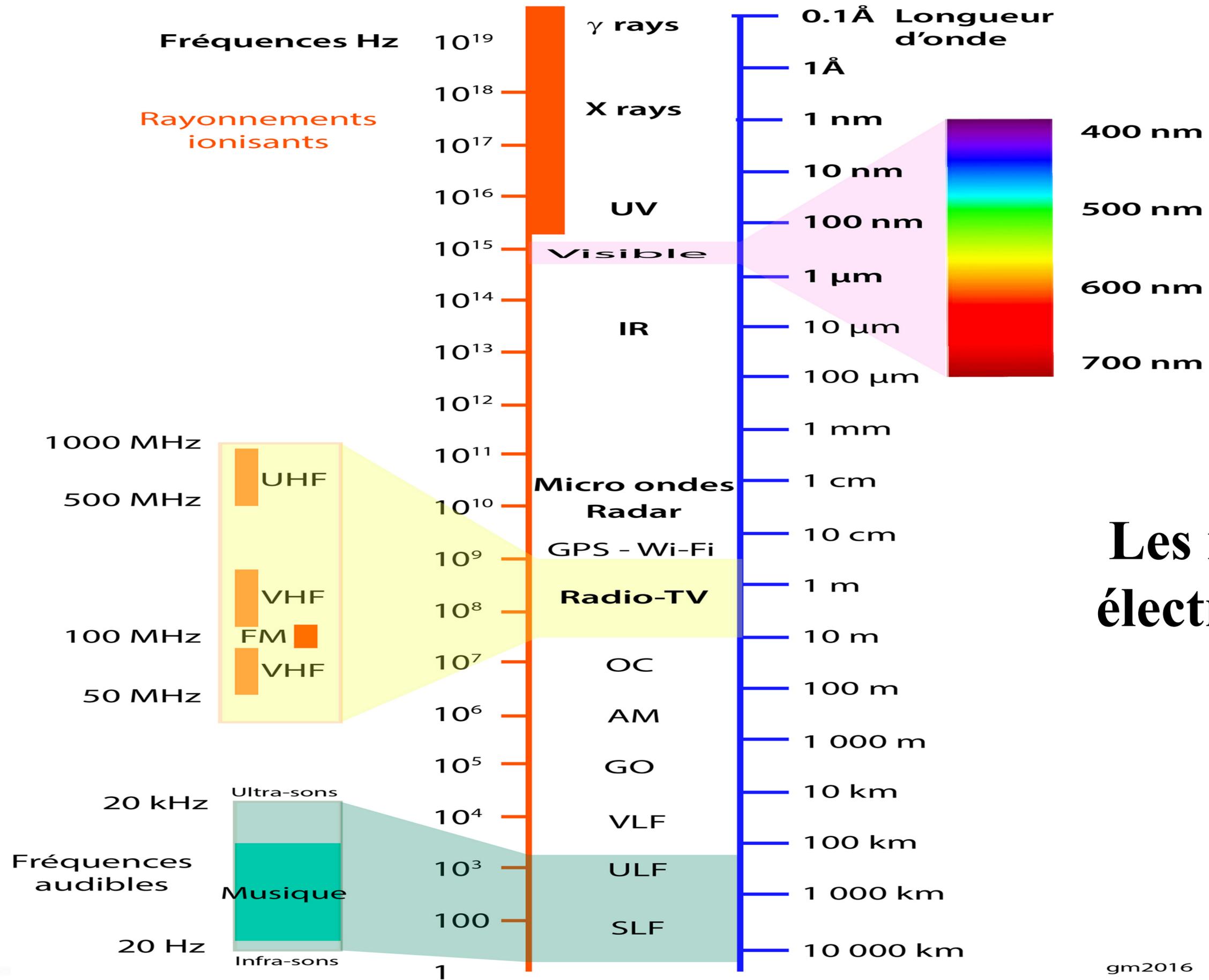
**Cette citation est à utiliser avec précaution car Einstein
n’avait guère de problème de ... connaissance !**

“Que chacun raisonne en son âme et conscience, qu’il se fasse une idée fondée sur ses propres lectures et non d’après les racontars des autres.”

Albert Einstein, *Comment je vois le monde*

Cette citation est tout à fait dans l’objet du thème de la Fête de la Science 2018

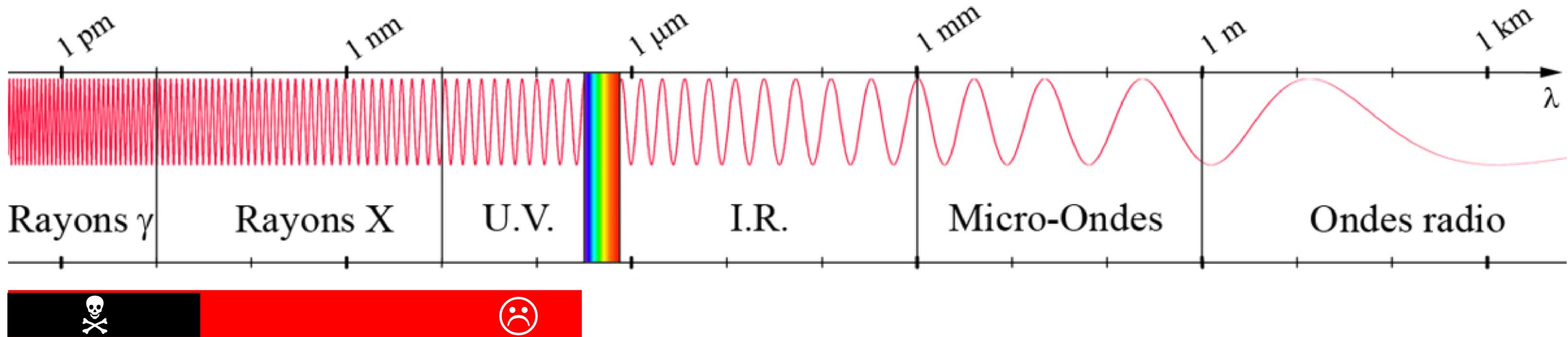
Petit plus



Les rayonnements électromagnétiques



Il est rapellé que l'oreille est le récepteur des ondes phoniques (audibles) et l'œil le récepteur des fréquences lumineuses (visibles)



**Le danger, prouvé, des UV conduit à l'éviction des cabines de bronzages.
La sensibilité à d'autres rayonnement électromagnétiques n'est pas prouvé
mais plausible (des cas reconnus comme maladie professionnelle)**