



Utilisation historique de nanomatériaux en pneus et possibilités de nouveaux développements



7 juin 2012

Francis Peters

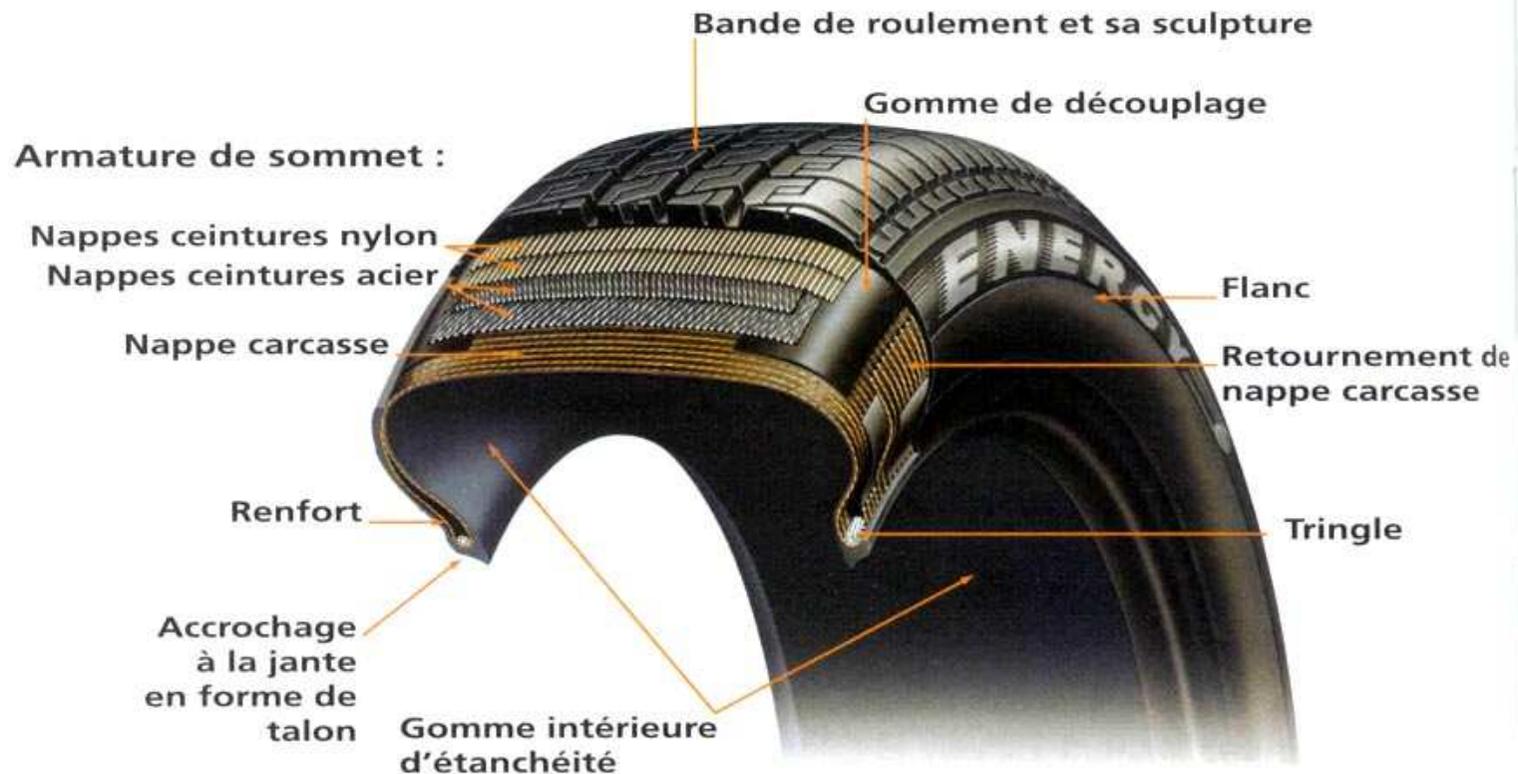


Bien qu'il n'y ait pas de nano particules dans les usines qui produisent les mélanges pour faire les pneumatiques, il y a des charges renforçantes susceptibles d'être de dimension nano particulaire dans les pneus. Elles sont liées d'une façon irréversible au caoutchouc, et sont indispensables pour la performance des pneumatiques.

Explication...



LA FACE CACHÉE DU PNEU



Le pneu, c'est aussi une complexité non apparente



LES MATERIAUX INDISPENSABLES

LES ELASTOMERES

donnent aux mélanges les sources d'hystérèse (ou dissipation d'énergie) indispensables pour les performances d'adhérence et de résistance mécanique. Ils apportent l'imperméabilité.

LES CHARGES RENFORCANTES

améliorent la résistance à la rupture et à l'abrasion. Elles augmentent la rigidité et l'hystérèse (échauffement) des mélanges.

LES AGENTS DE PROTECTION

assurent la stabilité chimique des mélanges et la constance des performances.

LES PLASTIFIANTS

améliorent le mélangeage des différents ingrédients et la mise en forme des mélanges et permettent d'ajuster les rigidités

LES AGENTS DE RETICULATION

confèrent aux mélanges la stabilité dimensionnelle et l'élasticité permanente.



LES MATERIAUX INDISPENSABLES

LES CHARGES RENFORCANTES

Il s'agit de noir de carbone « furnace » et de silice amorphe.

Noir de carbone « furnace » : utilisé depuis le début du 20^{ème} siècle.

Production mondiale de noir de carbone « furnace » = 10 millions de tonnes/an

Silice utilisée dans le pneu = la silice amorphe, jamais de silice cristalline. Il y a beaucoup d'applications hors pneumatique pour cette silice.

Utilisée dans le pneu depuis une vingtaine d'années sous l'impulsion de Michelin.

Utilisée dans la bande de roulement des pneumatiques, permet de réduire la consommation de carburant et l'émission des gaz à effet de serre.

Production mondiale de silice amorphe = 1,4 millions de tonnes dont 1/3 pour le pneu.

Utilisation du véhicule (50 000km) :
9412 Kg de CO₂
émis par le véhicule

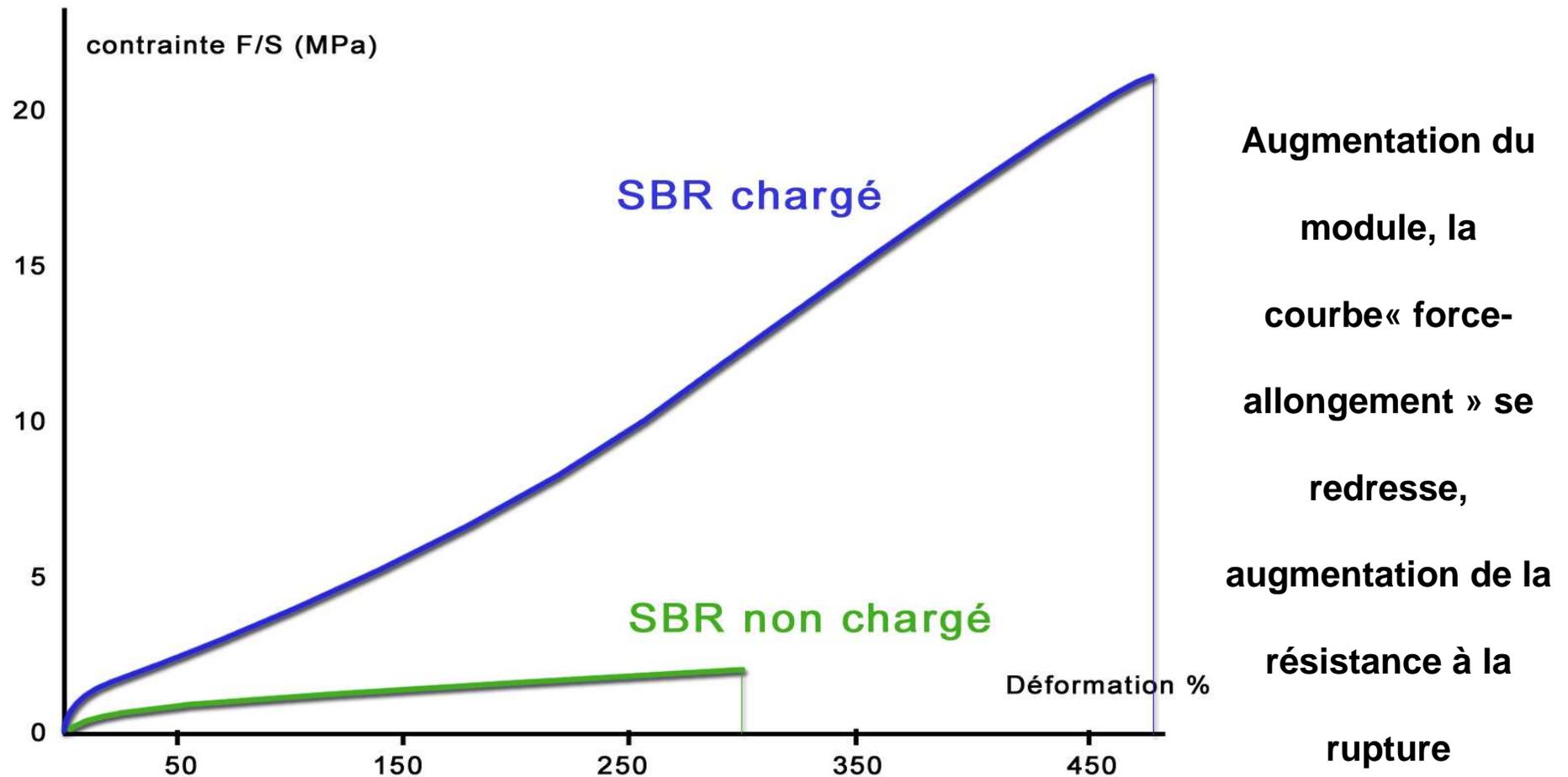


Contribution des 4 pneus :
1750 Kg CO₂
*Réduction due à la bande
de roulement à la silice:*
250 Kg de CO₂

Le noir de carbone et la silice amorphe ne sont pas à l'état nanoparticulaire lors de leur utilisation dans les usines de fabrication des mélanges pour pneu.



POURQUOI METTRE UNE CHARGE RENFORCANTE DANS LE CAOUTCHOUC ?



Il n'y a pas de renforcement si les particules de charge ne sont pas liées aux molécules de caoutchouc



MODE D'OBTENTION ET DIMENSION DES CHARGES RENFORCANTES UTILISEES DANS LE PNEU

Le noir de carbone

Obtenu par combustion incomplète d'un mélange de fractions de pétrole, d'huiles et de gaz

La silice amorphe

Obtenue par précipitation d'une solution de silicate de soude laquelle provient d'une fusion de sable



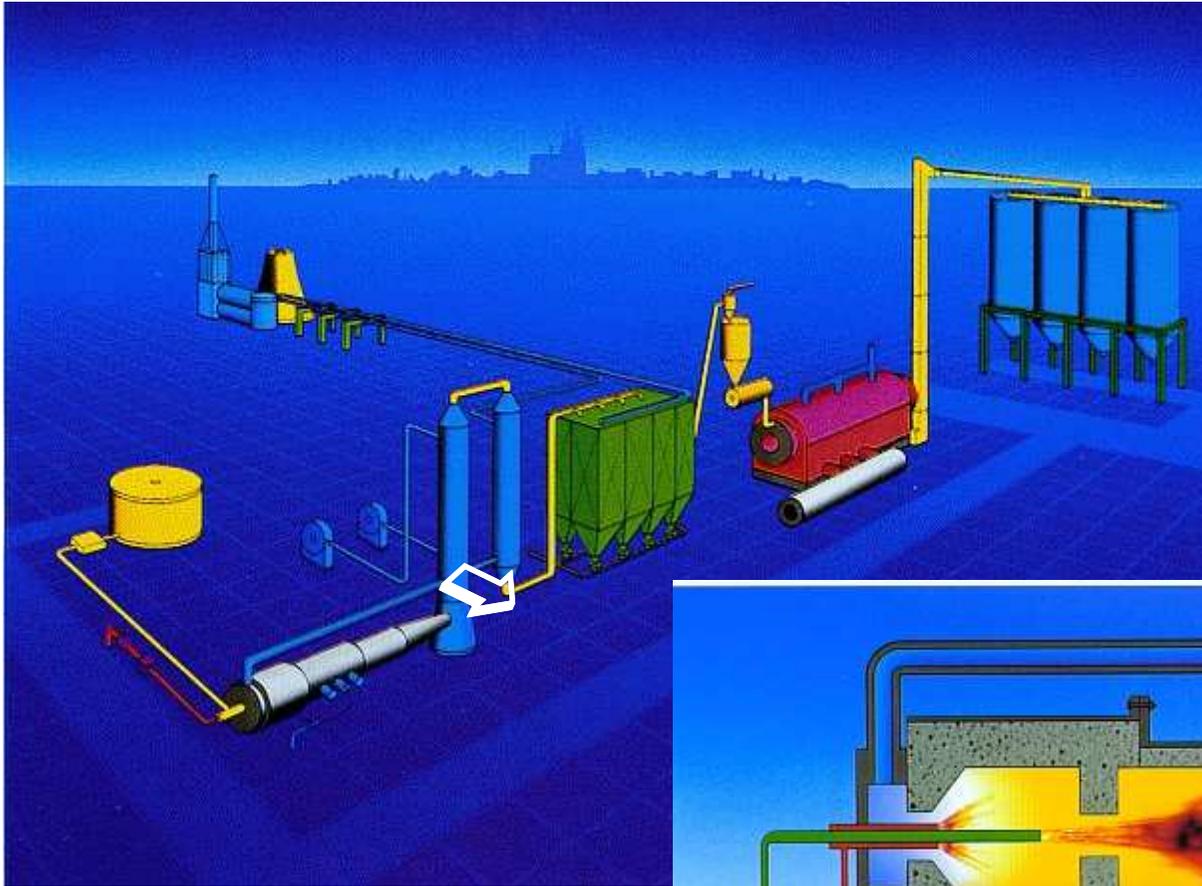
MODE D'OBTENTION ET DIMENSION DES CHARGES RENFORCANTES UTILISEES DANS LE PNEU

Le noir de carbone

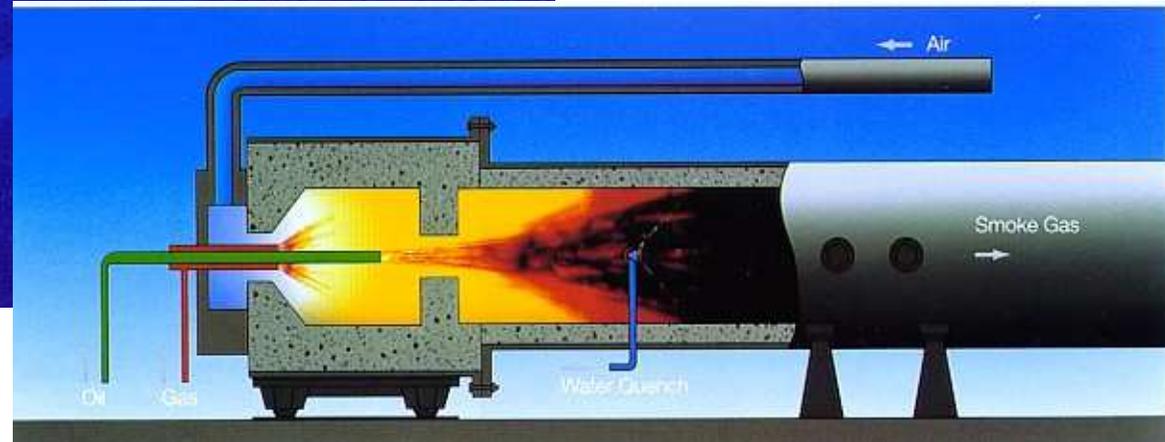
**Les applications du noir de carbone :
Encres d'imprimerie, peintures, laques, vernis,
plastiques, fibres, céramiques, émaux, batteries,
électrodes, balais de moteurs électriques, articles
en caoutchouc, pneus...**



PROCEDE « FURNACE » D'OBTENTION DU NOIR DE CARBONE



Feedstock (gaz+huile) « craquage »



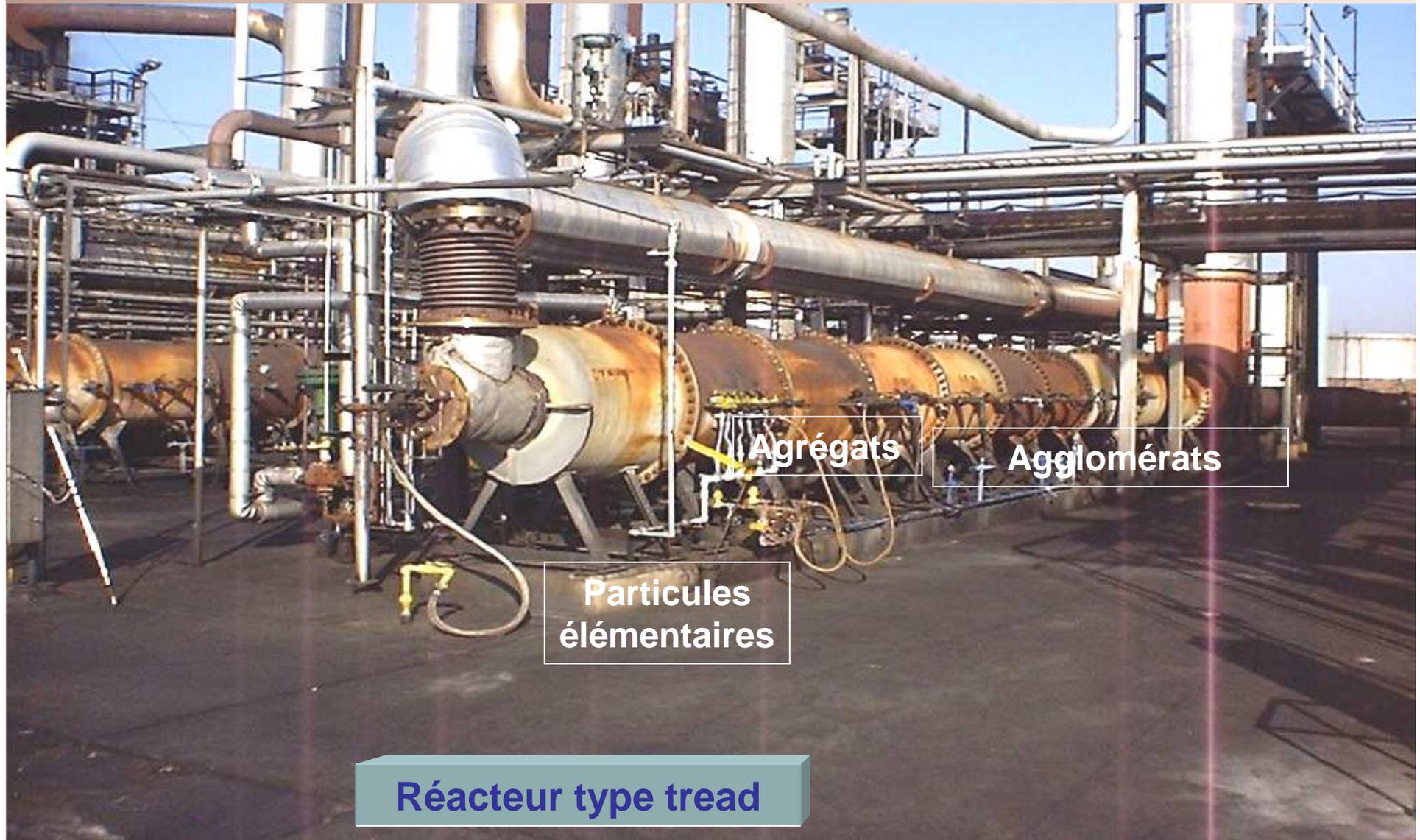
Particules
élémentaires

Agrégats

Agglomérats



PROCEDE « FURNACE » D'OBTENTION DU NOIR DE CARBONE



Agrégats

Agglomérats

Particules
élémentaires

Réacteur type tread

TAILLE DES NOIRS DE CARBONE AU LONG DU PROCÉDE « FURNACE »

A la fin du procédé : **les Pellets**

Quelques millimètres

Forme commerciale des noirs de carbone

Une fraction de seconde après la formation des agrégats : **les agglomérats**

De 1 à 50 microns

Peuvent exister à l'état libre

Immédiatement après la formation des nodules : **les agrégats**

De 100 à 500 nm

N'existent pas à l'état libre

Après incorporation des noirs de carbone dans le caoutchouc, ils existent à l'état lié avec les molécules de caoutchouc

Au début du procédé : **les particules élémentaires = les « nodules »**

De 20 à 110 nm

N'existent pas à l'état libre



LES NOIRS DE CARBONE UTILISES DANS LES USINES DE PNEUS LE SONT SOUS LA FORME DE PELLETS

2 mm



Les pellets sont des objets millimétriques

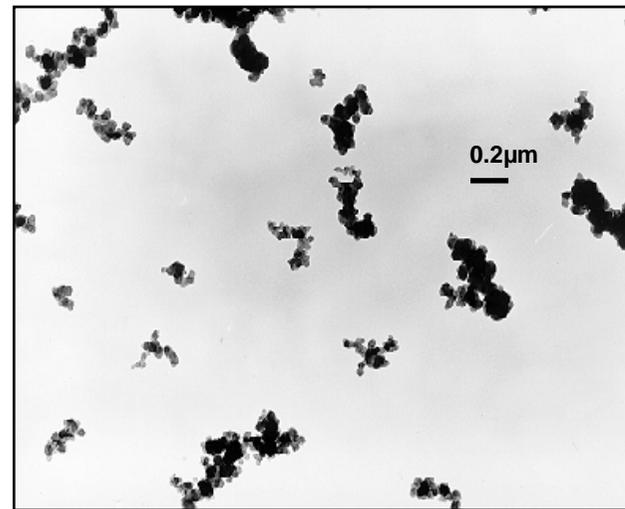


DIMENSION DES CHARGES RENFORCANTES APRES INCORPORATION DANS LE CAOUTCHOUC

La plastification du caoutchouc demande une très forte énergie, les mélangeurs doivent être équipés de moteurs puissants (plus de 1200 KW).

Lors de la plastification du caoutchouc en présence de noir de carbone, les pellets sont détruits, ainsi que la majorité des agglomérats

Les agrégats sont libérés et liés au caoutchouc. Ce sont eux qui donnent le renforcement grâce à leurs liaisons avec le caoutchouc.



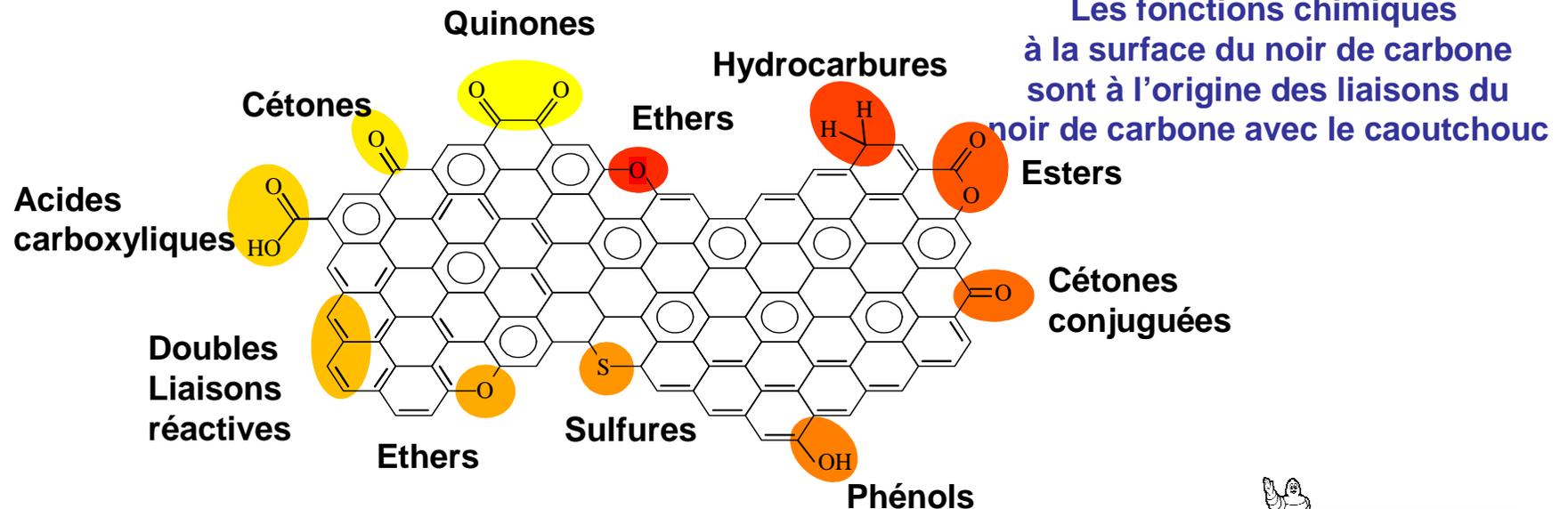
LIAISON NOIR DE CARBONE / CAOUTCHOUC

Le noir de carbone se lie spontanément avec le caoutchouc par des liaisons chimiques

Deux hypothèses pour la génération de liaisons covalentes noir de carbone / élastomère...

Durant le mélangeage, des radicaux sont formés et réagissent avec la surface du noir de carbone

Durant la cuisson, génération de ponts polysulfures entre le noir de carbone et les chaînes élastomères



MODE D'OBTENTION ET DIMENSION DES CHARGES RENFORCANTES UTILISEES DANS LE PNEU

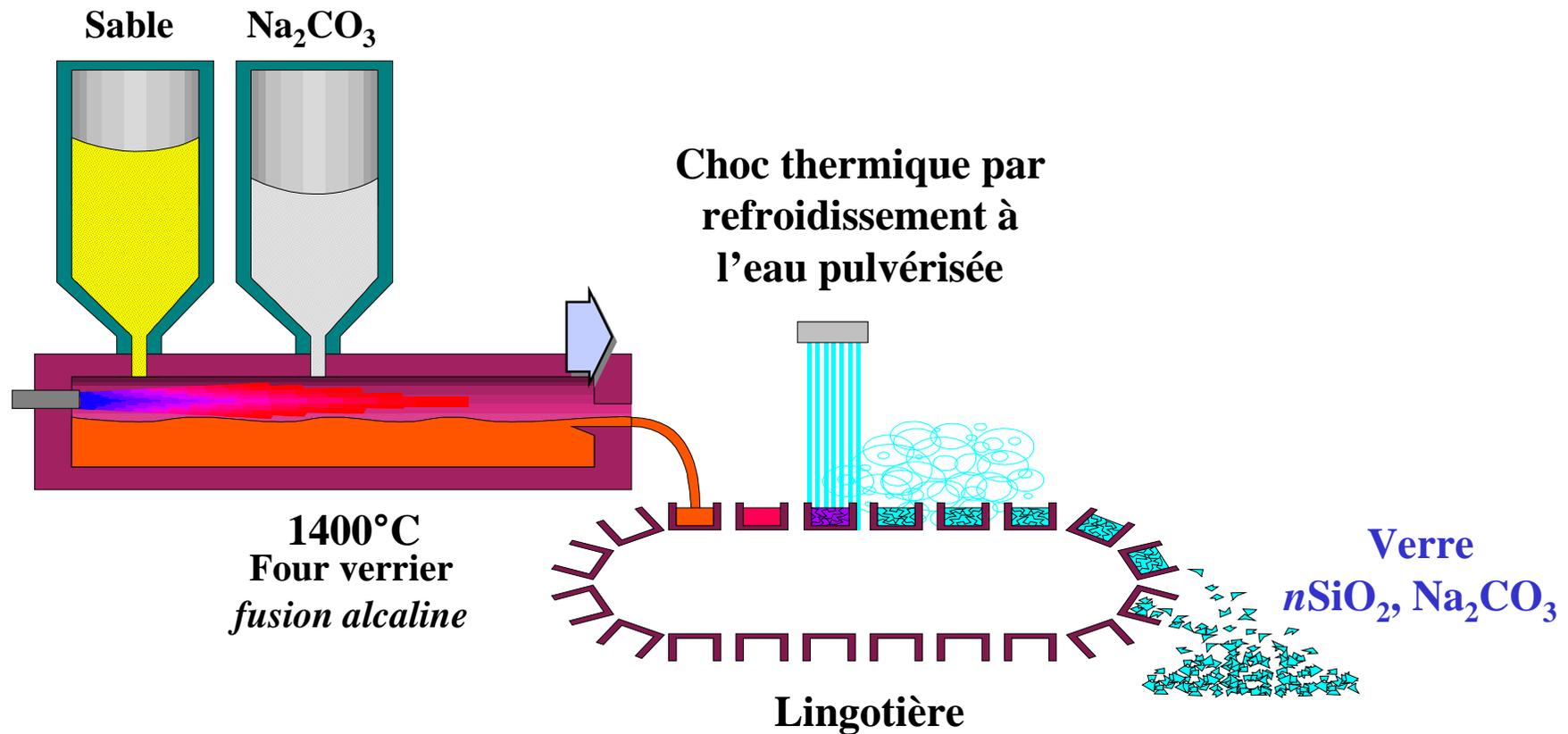
La silice amorphe

**Les applications de la silice amorphe :
Dentifrice, papier, nutrition et santé, articles en
caoutchouc, pneus**



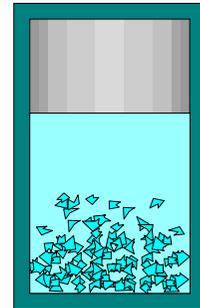
PROCEDE D'OBTENTION DE LA SILICE AMORPHE

La préparation du verre soluble



PROCEDE D'OBTENTION DE LA SILICE AMORPHE

Dissolution / vapeur

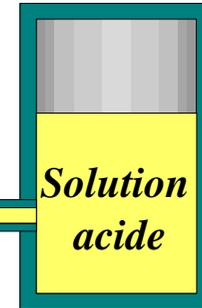


Eau + verre



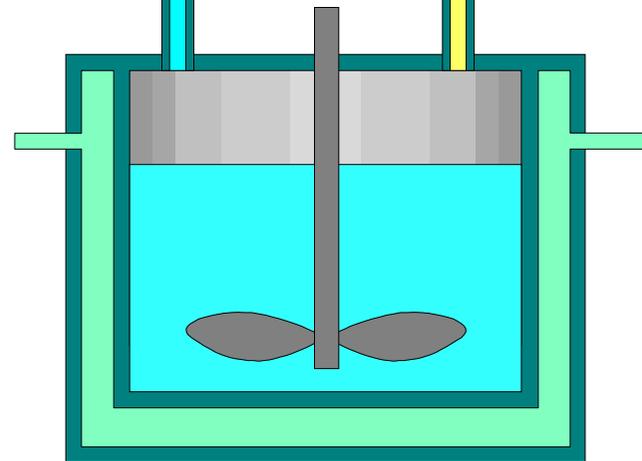
Solution
silicate

La précipitation



Solution
acide

Chauffage



Réacteur de précipitation

*Le verre est dissous dans l'eau +
vapeur sous pression. La silice
est ensuite précipitée par
l'addition d'acide sulfurique*

TAILLE DES SILICES AU LONG DU PROCÉDE « SILICE PRECIPITEE »

A la fin du procédé : **les micro perles ou les granules**

De 1/10 millimètre à quelques millimètres

Forme commerciale des silices amorphes

Une fraction de seconde après la formation des agrégats : **les agglomérats**

De 1 à 50 microns

Peuvent exister à l'état libre

Immédiatement après la formation des nodules : **les agrégats**

De 50 à 300 nanomètres

N'existent pas à l'état libre

Après incorporation de la silice dans le caoutchouc

Existent à l'état lié avec les molécules de caoutchouc

Au début du procédé : **les particules élémentaires = les « nodules »**

De 5 à 40 nanomètres

N'existent pas à l'état libre



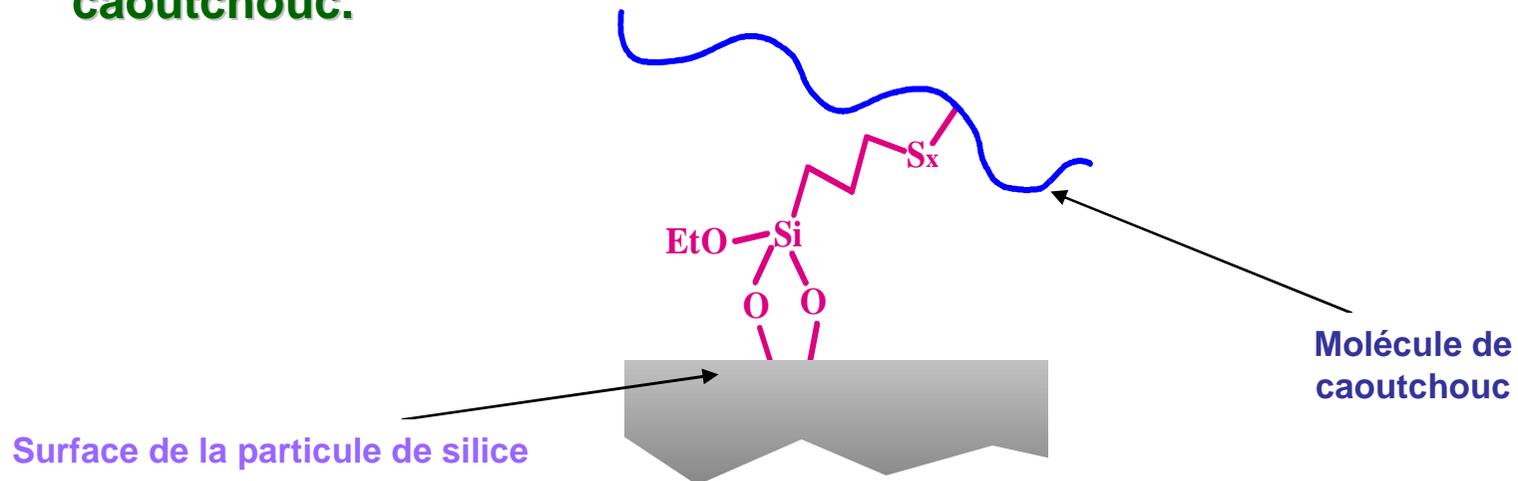
LIAISON SILICE AMORPHE/ CAOUTCHOUC

La silice amorphe est liée au caoutchouc par un agent de liaison

Dans le cas de la silice, la liaison avec les molécules de caoutchouc ne se fait pas spontanément comme c'est le cas avec le noir de carbone.

Elle est assurée par un agent de liaison chimique qui est ajouté au moment du mélangeage.

L'agent de liaison lie chimiquement la silice aux molécules de caoutchouc.



Pourquoi un fort intérêt de l'industrie du pneumatique pour de nouveaux nanomatériaux?





En 1950 il y avait 50 millions de véhicules sur terre

En 2009 : il y a 800 millions de véhicules

En 2030 : il pourrait y avoir 1,6 milliard de véhicules

Aujourd'hui le secteur du transport routier est à l'origine de 18% des émissions de CO2 fossile....

...et, en raison de la « résistance au roulement », les pneus contribuent pour 20% à la consommation de carburant d'une voiture (30% dans le cas d'un camion).

En 2008 la production mondiale a été de 1,11 milliard de pneumatiques.

Doubler cette production, à technique inchangée, ce serait consommer deux fois plus de matières premières deux fois plus de pneus usés à recycler.



Les objectifs

- Diviser par deux la résistance au roulement des pneumatiques pour ne pas générer malgré l'augmentation du nombre de pneus un gramme de CO2 supplémentaire.
- Diviser par deux les vitesses d'usure et alléger les pneumatiques pour ne pas consommer un gramme de matières premières supplémentaire.

Le développement de nouveaux nanomatériaux est l'une des voies de recherche (exemple nanotubes de carbone, oxydes métalliques ...)



Accord des onze principaux producteurs de pneumatiques : pas de développement qui puisse présenter ou qui puisse générer un risque pour la santé humaine ou pour l'environnement.



- En 2005, les dirigeants des 11 principales sociétés productrices de pneumatiques ont décidé de joindre leurs efforts sur le plan du développement durable (exemple : évaluation de l'impact des débris d'usure, traitement des pneus en fin de vie etc...)
- Le "Tire Industry Project" (TIP) a été créé en 2006 et est organisé sous l'égide du "World Business Council on Sustainable Development" (WBCSD)
- In 2010 les dirigeants des 11 sociétés ont conclu que le développement de nouveaux nanomatériaux en pneumatiques est une voie importante dans le cadre du développement durable, mais qu'aucun développement ne sera fait s'il y a un risque pour la santé ou l'environnement.
- L'OCDE étudie à présent ce développement avec le TIP :
 - Evaluation de l'intérêt sociétal (avantages / inconvénients)
 - Définition des bonnes pratiques de développement prenant en compte l'ensemble du cycle de vie



Merci de votre
attention

