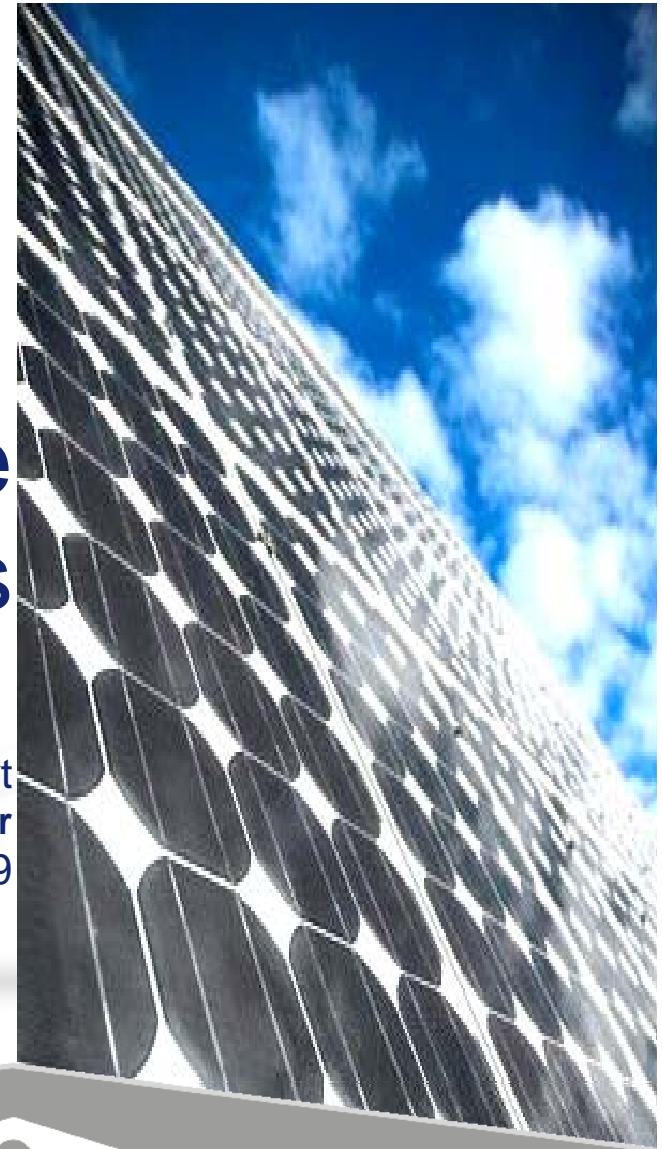


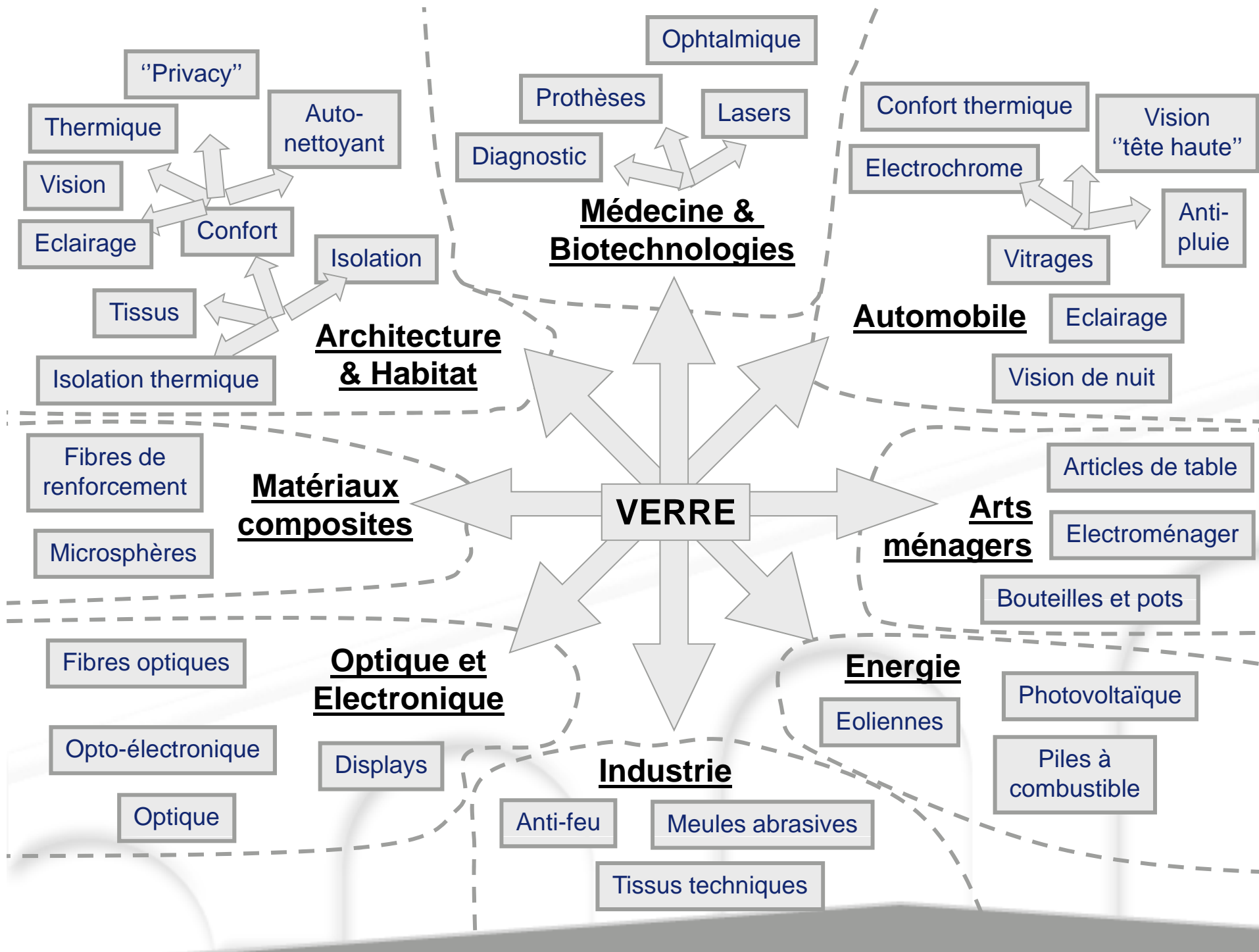
# Le verre à la conquête de nouveaux marchés

Hervé Arribart  
[herve.arribart@espci.fr](mailto:herve.arribart@espci.fr)  
Orléans, 6 novembre 2009

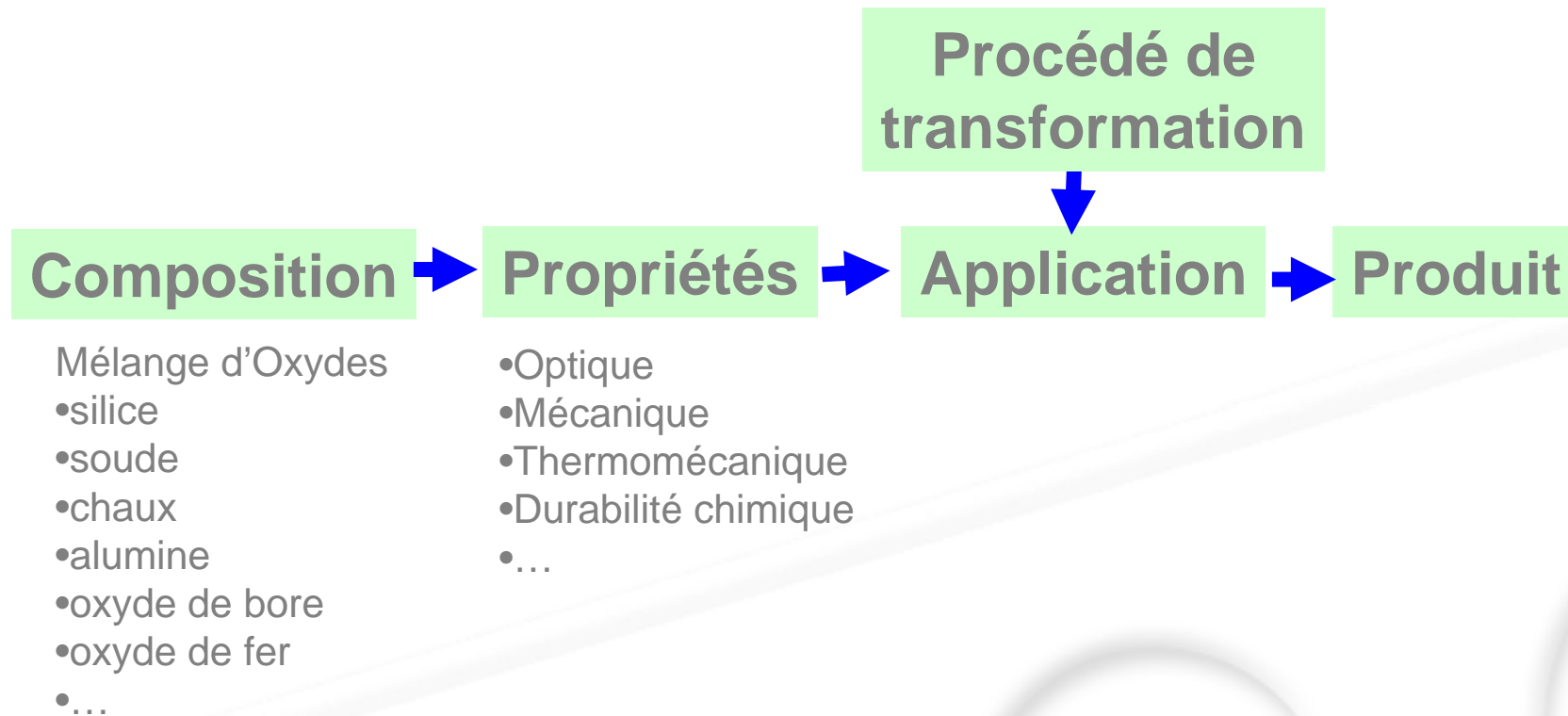


**SAINT-GOBAIN**



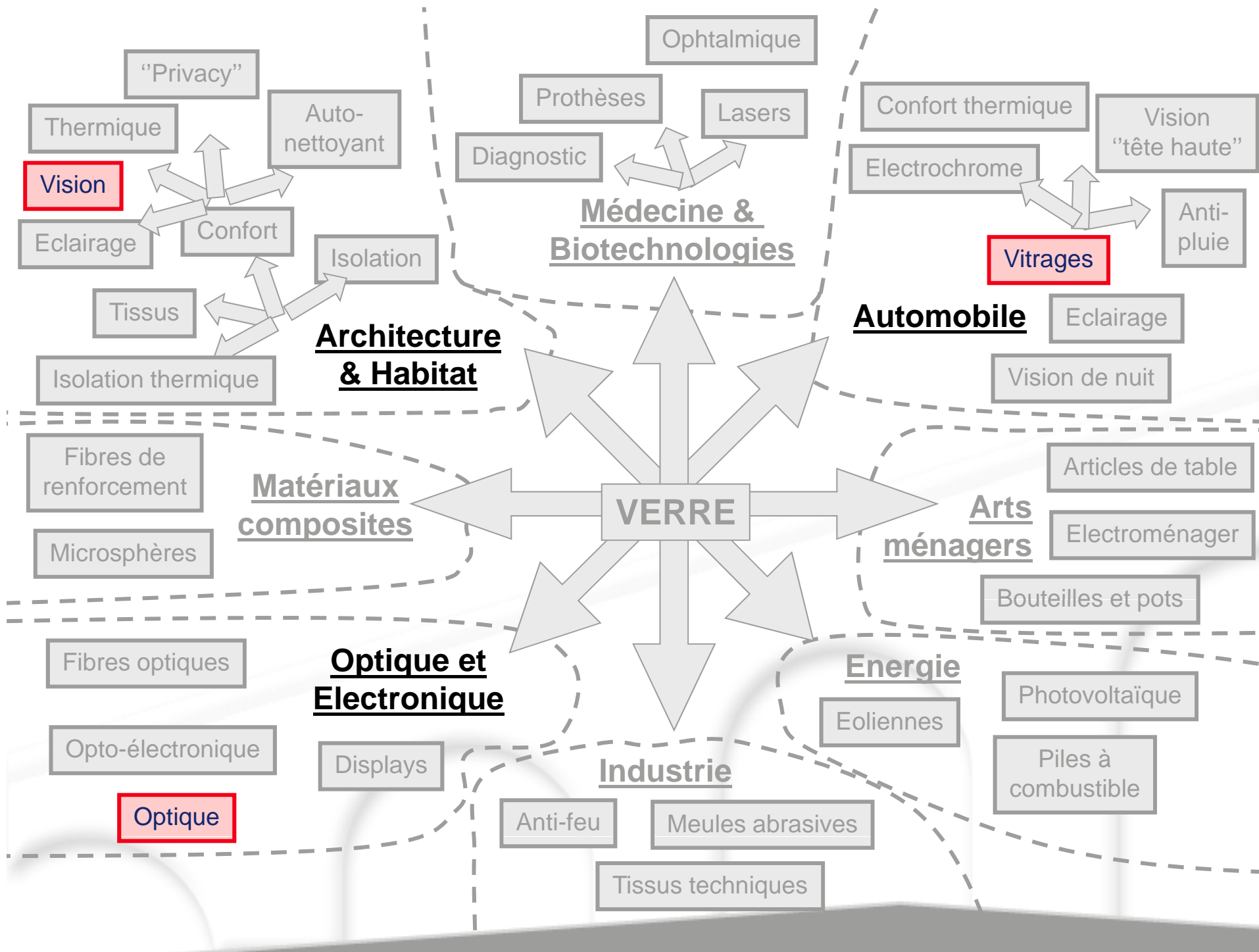


# Le modèle traditionnel d'innovation dans l'industrie verrière

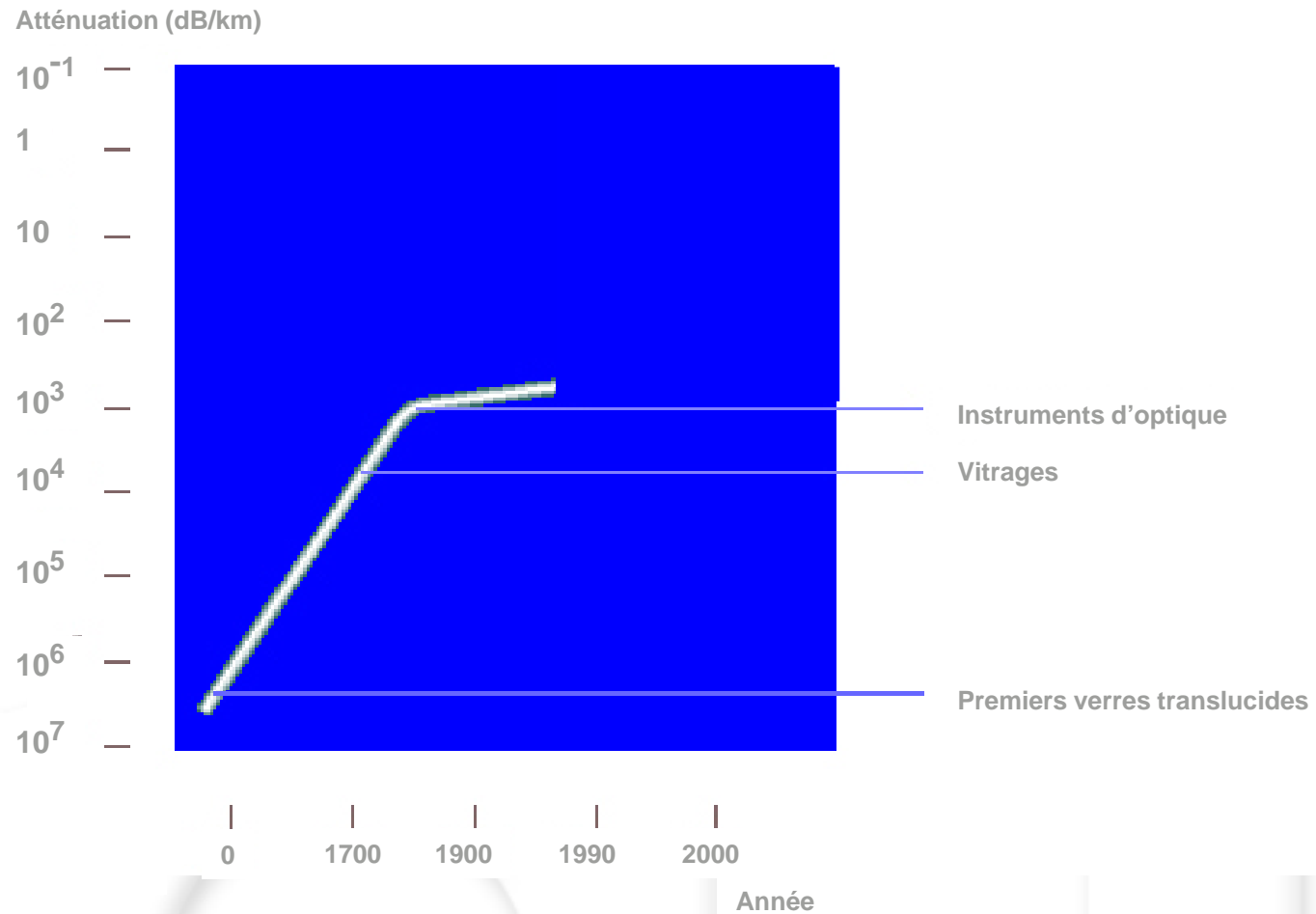


. Optique : la quête de la clarté

The background features a light grey gradient that darkens towards the bottom. Faint, semi-transparent arches are visible, suggesting a classical architectural style like a bridge or a series of vaults.



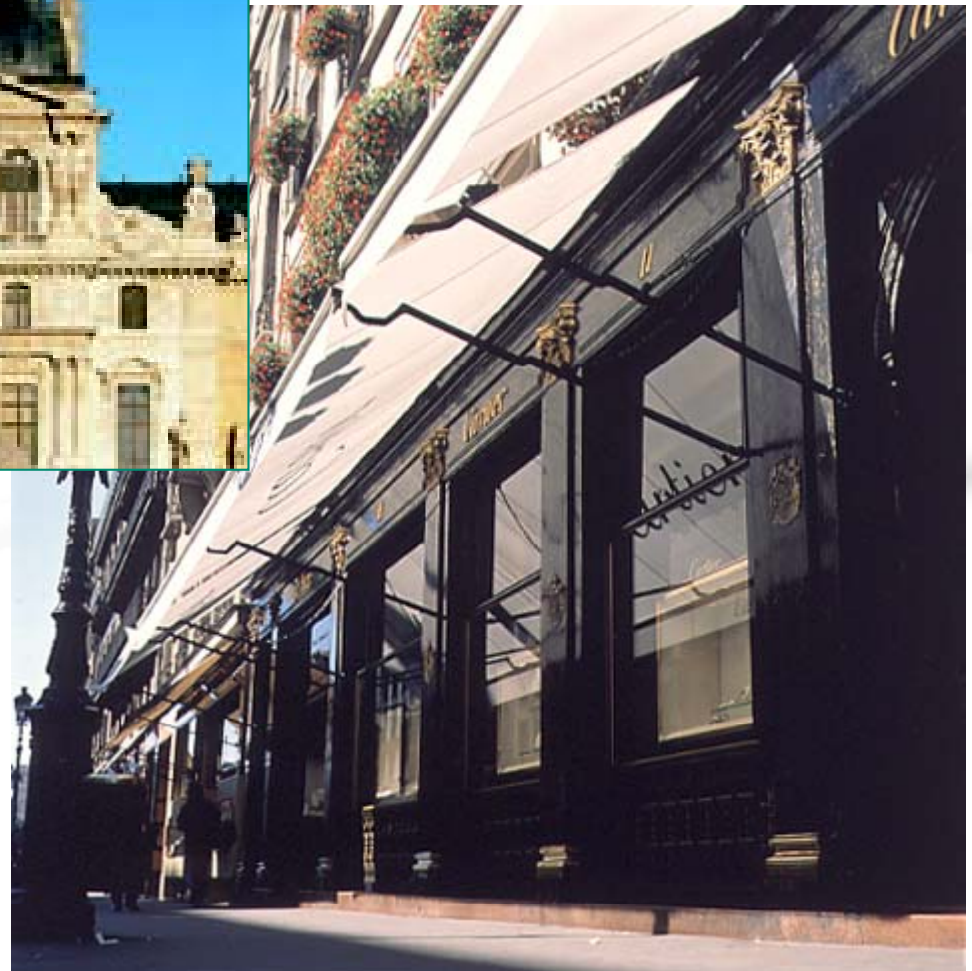
# La clarté du verre à travers les âges

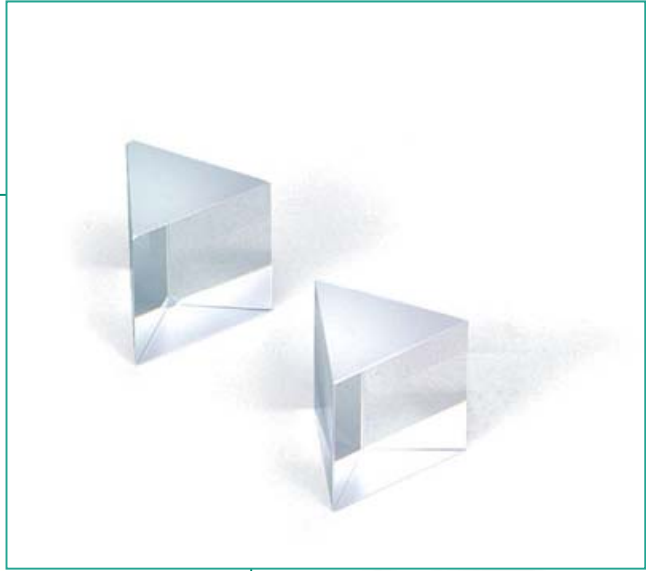




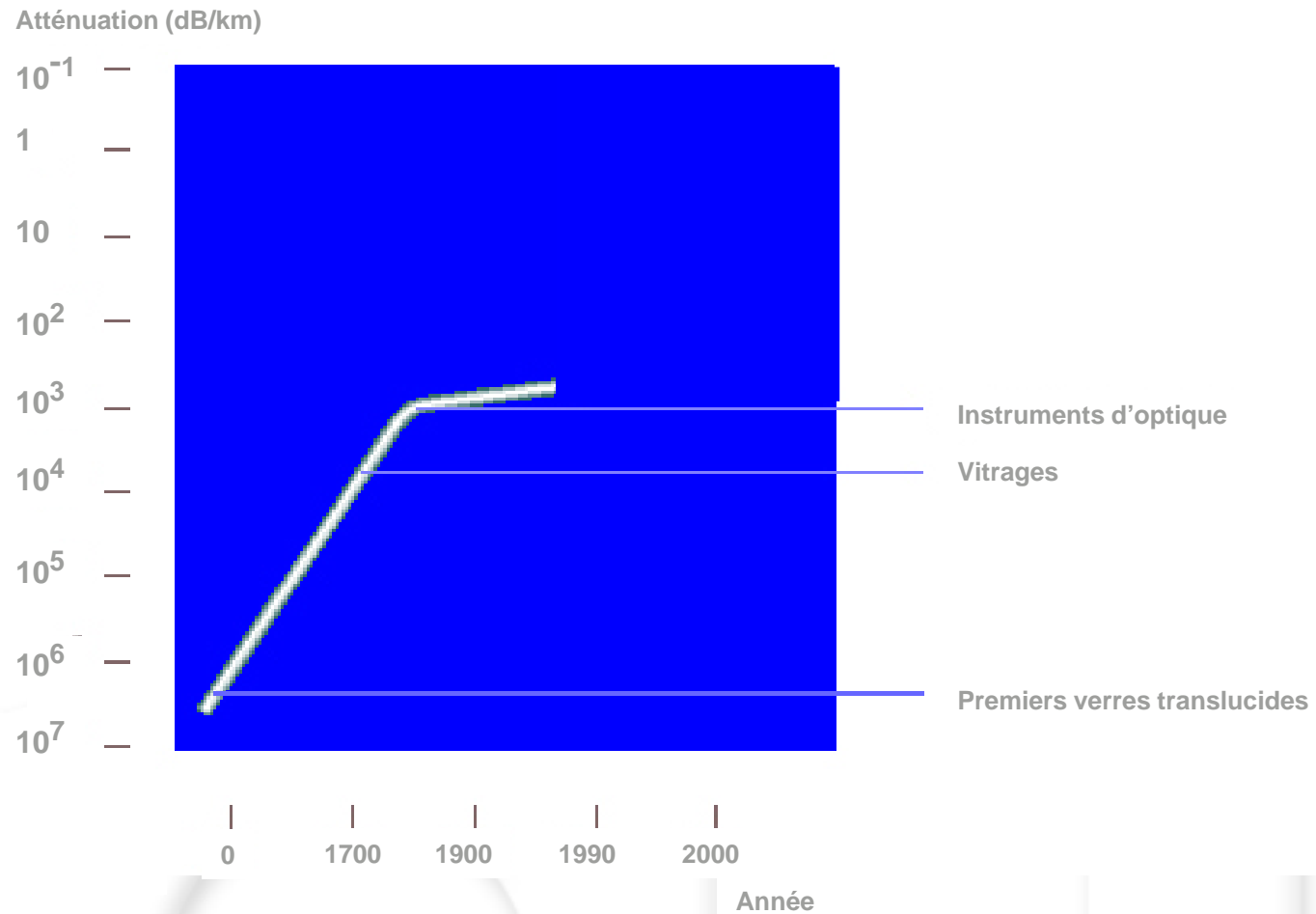






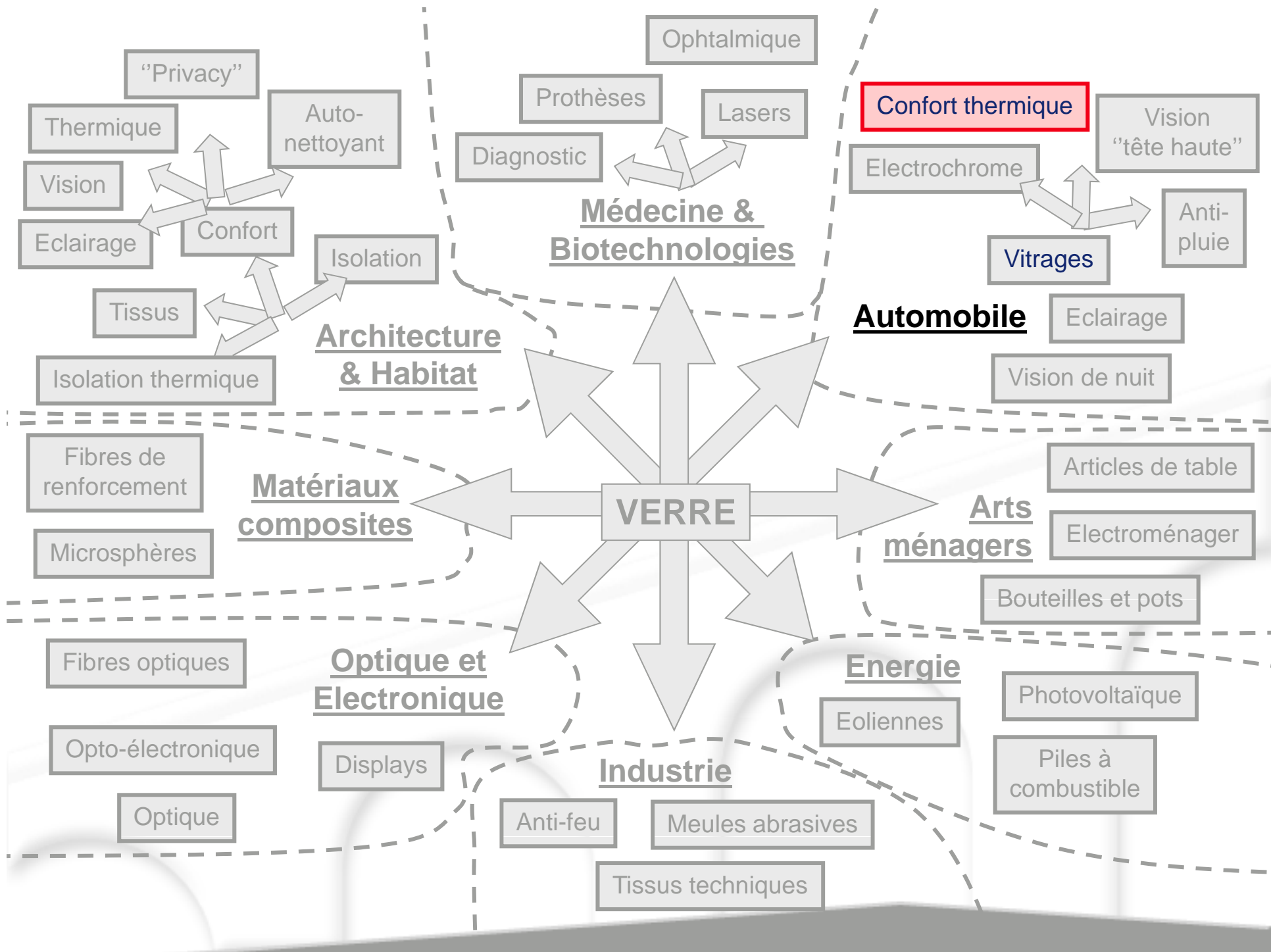


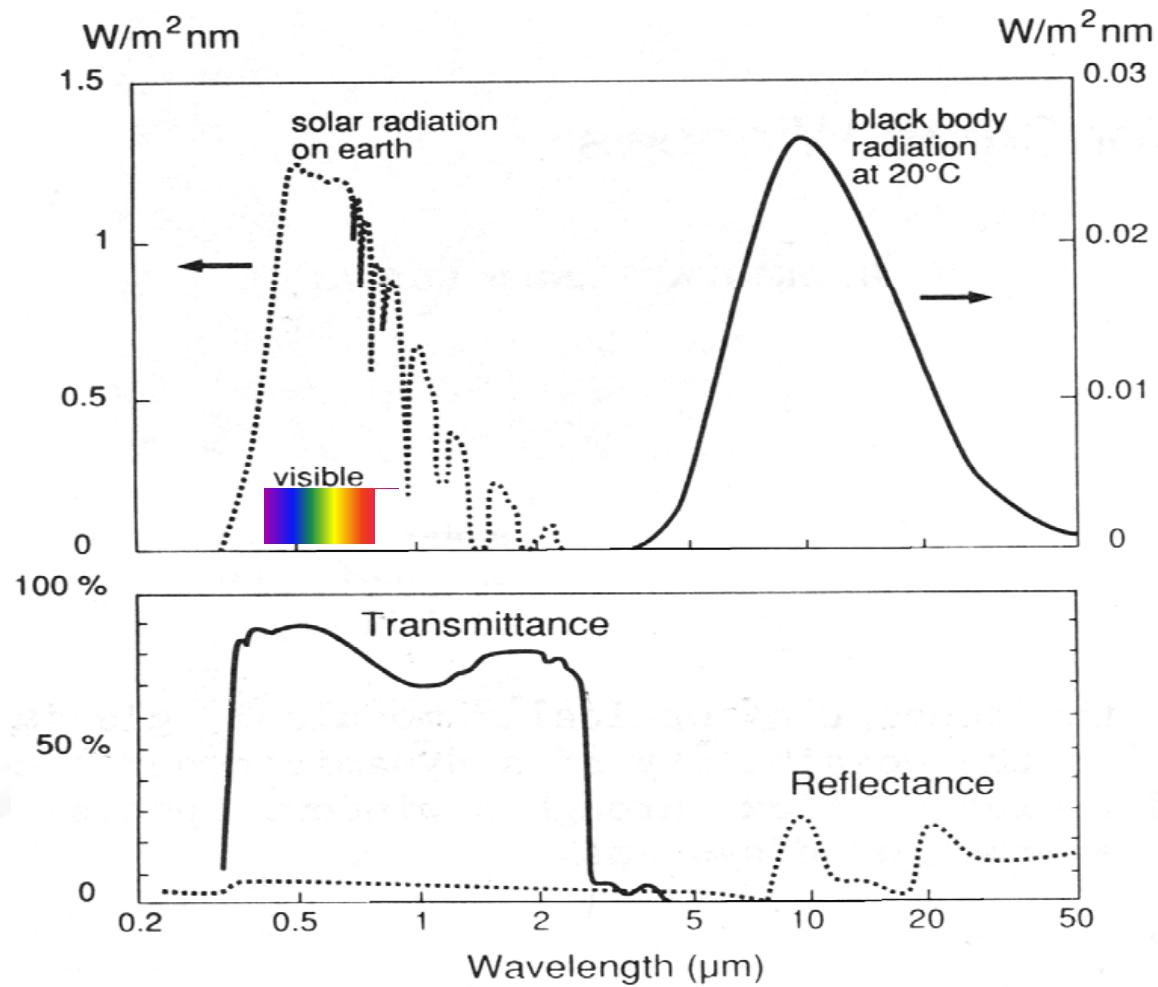
# La clarté du verre à travers les âges



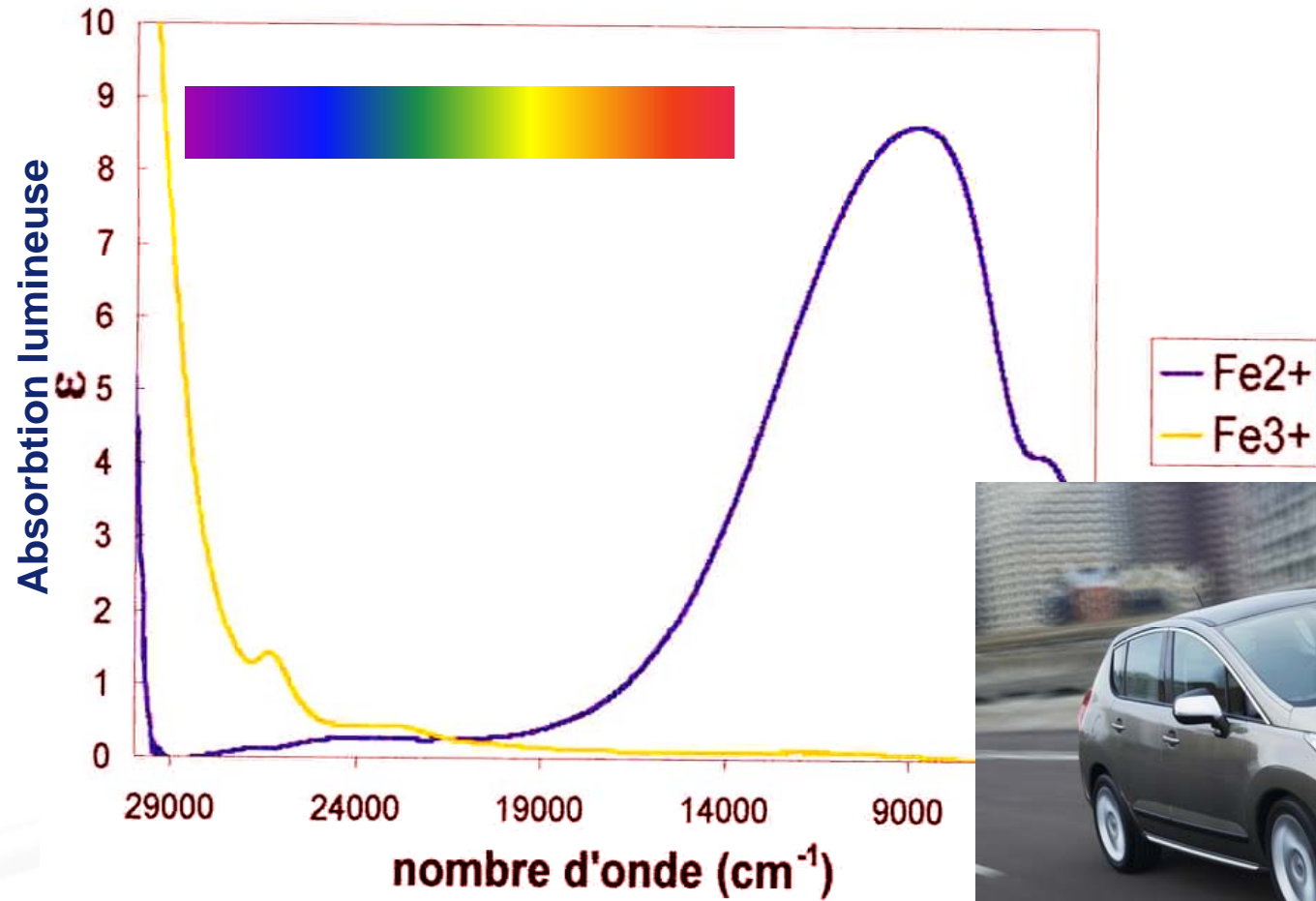
## . Optique : couleurs et filtres

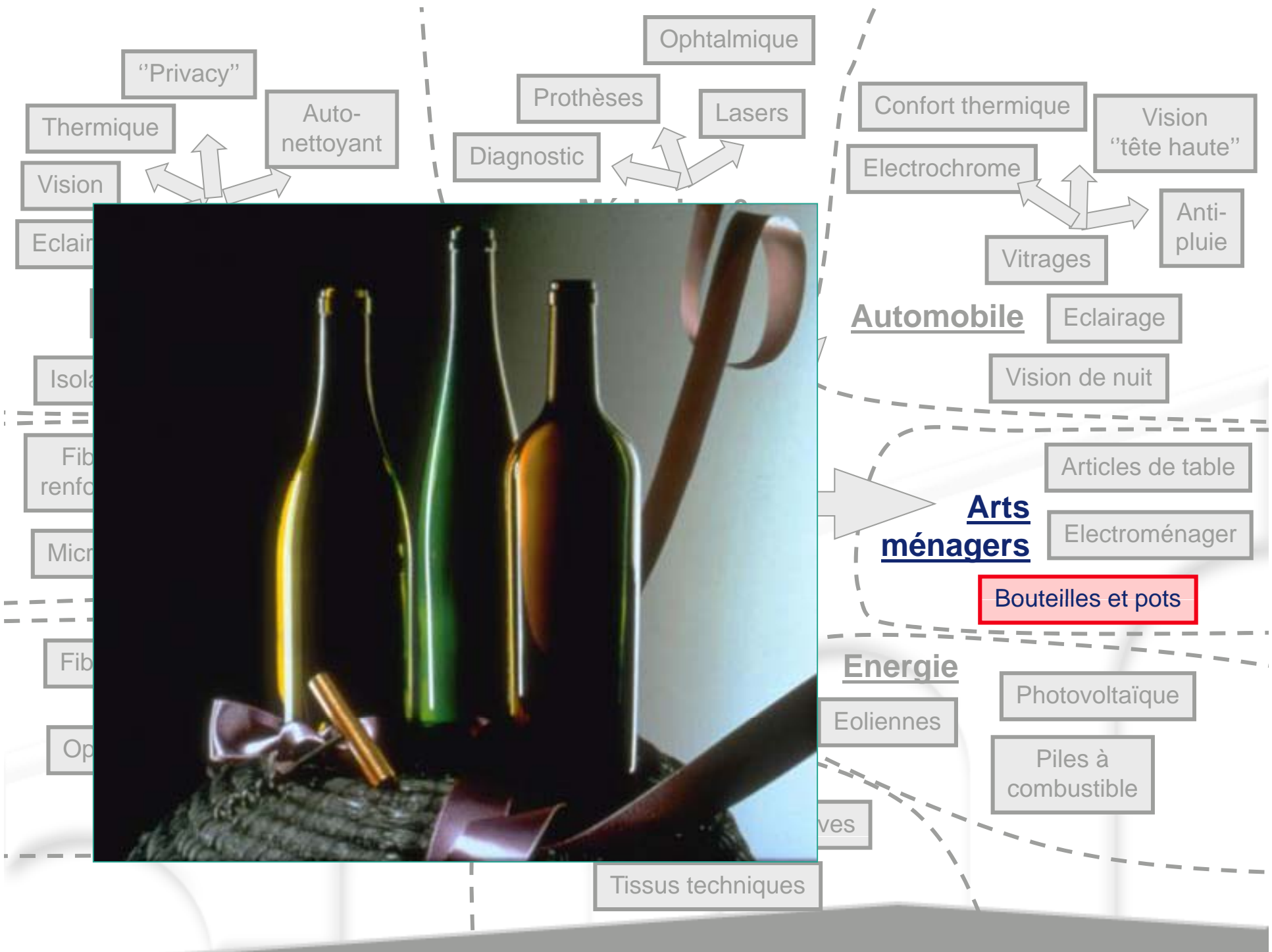




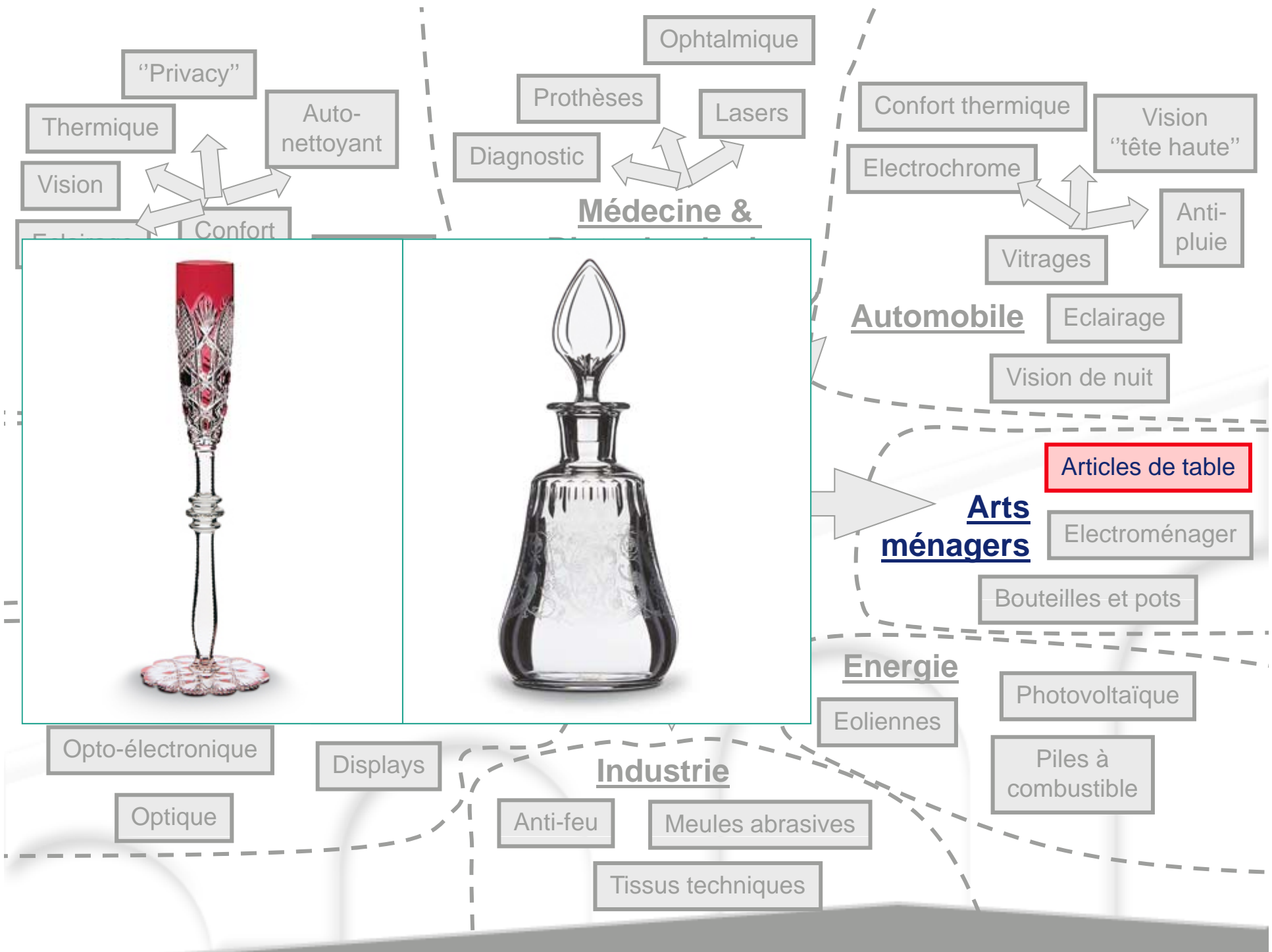


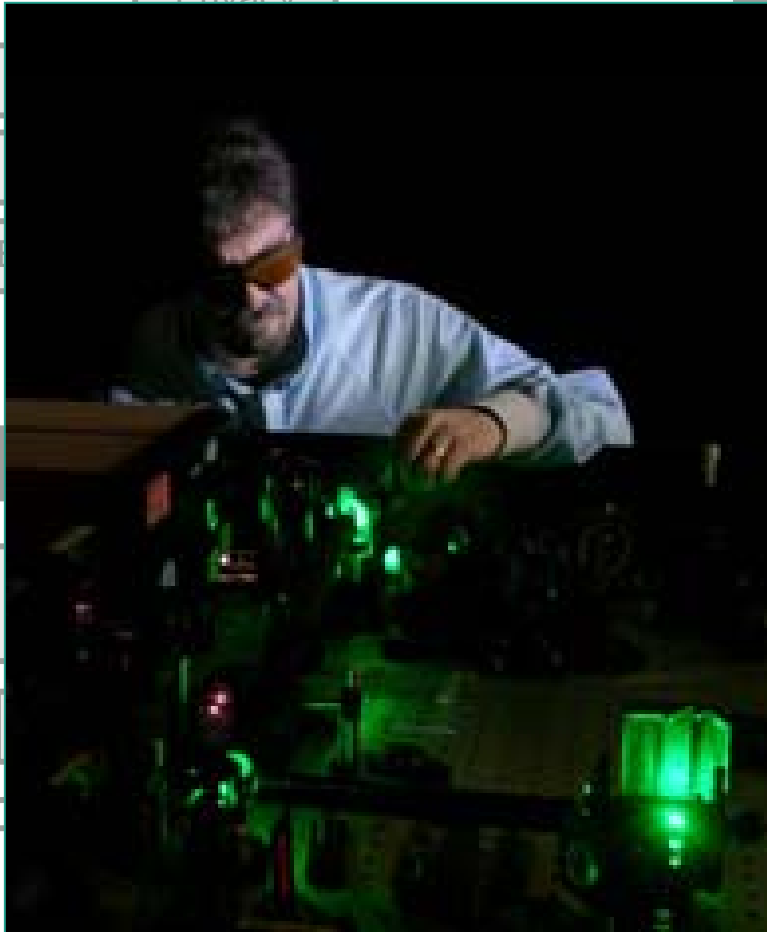
# Absorption infrarouge grâce à l'ajout de fer dans le verre











"Privacy"

Ophtalmique

Prothèses

Lasers

Médecine & Biotechnologies

Confort thermique

Vision "tête haute"

Electrochrome

Anti-pluie

Vitrages

Automobile

Eclairage

Vision de nuit

VERRE

Arts ménagers

Articles de table

Electroménager

Bouteilles et pots

Energie

Eoliennes

Photovoltaïque

Piles à combustible

Electronique

Opto-électronique

Displays

Optique

Industrie

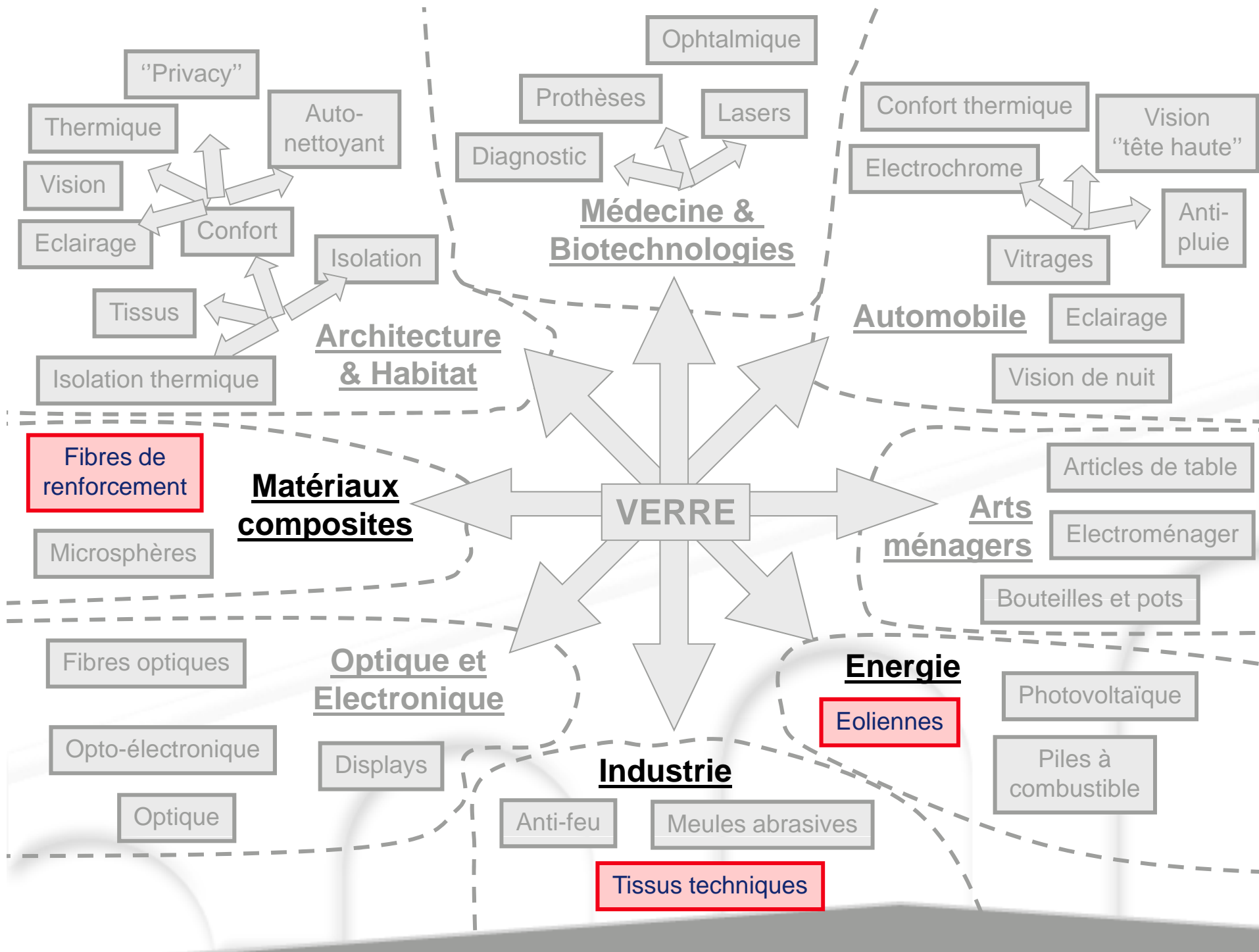
Anti-feu

Meules abrasives

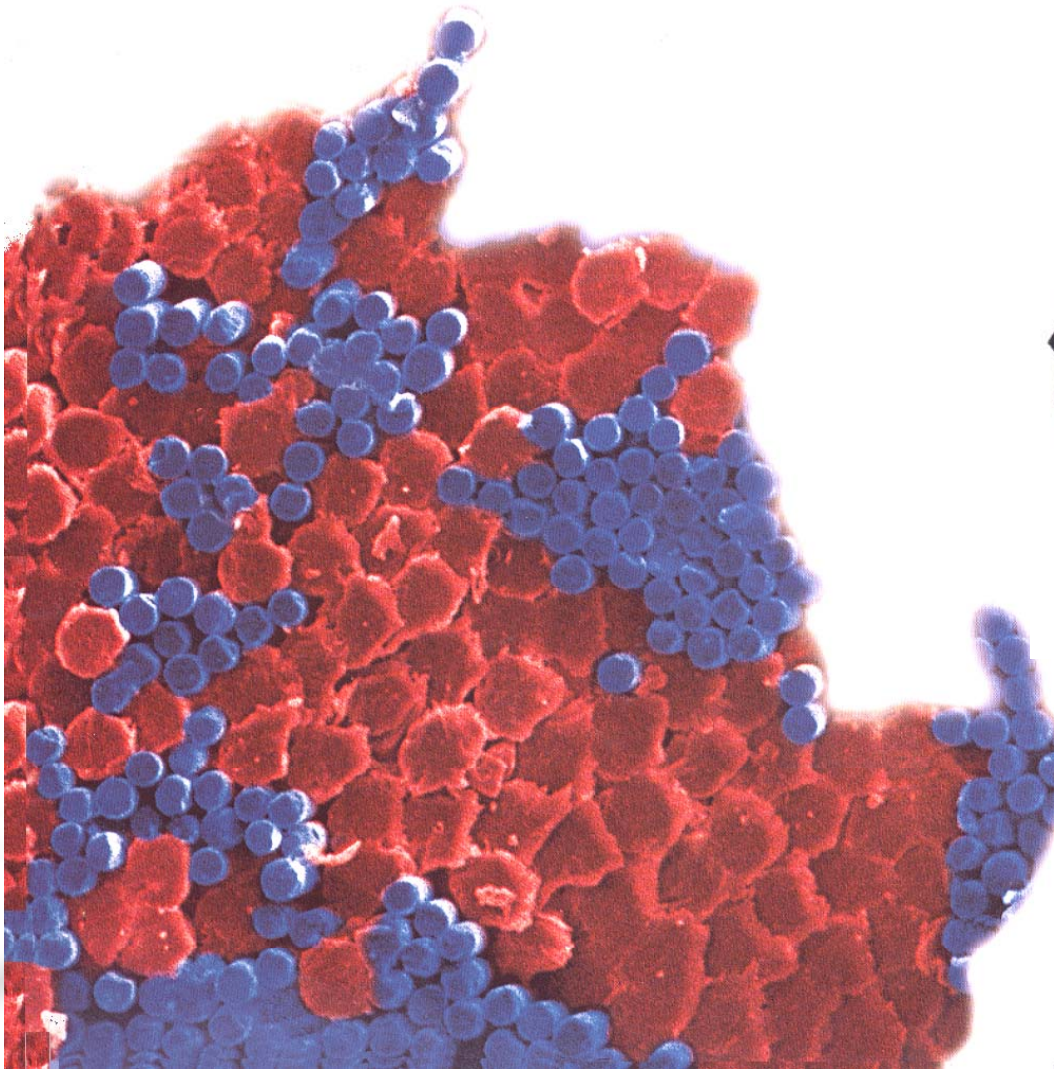
Tissus techniques



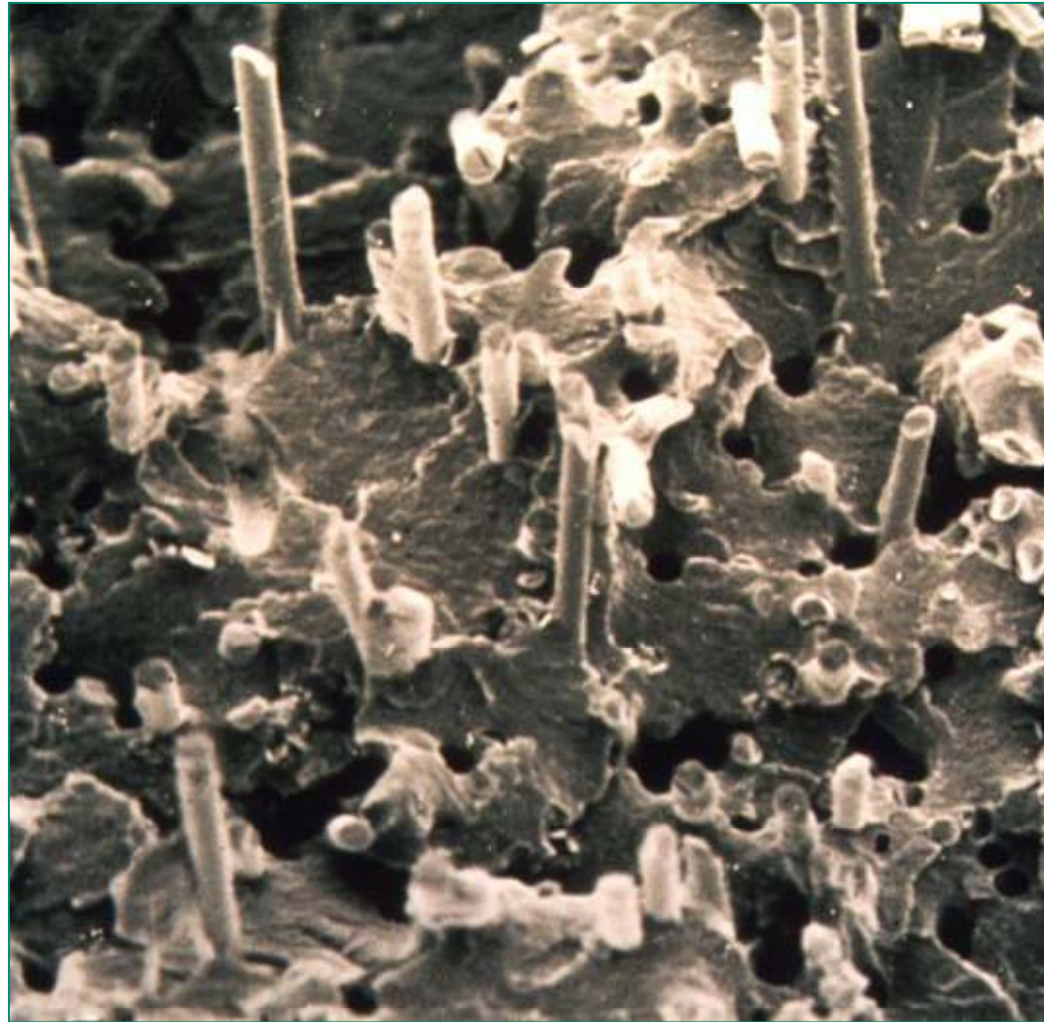
. Propriétés mécaniques et  
thermomécaniques



# Des fibres de verre pour renforcer les plastiques



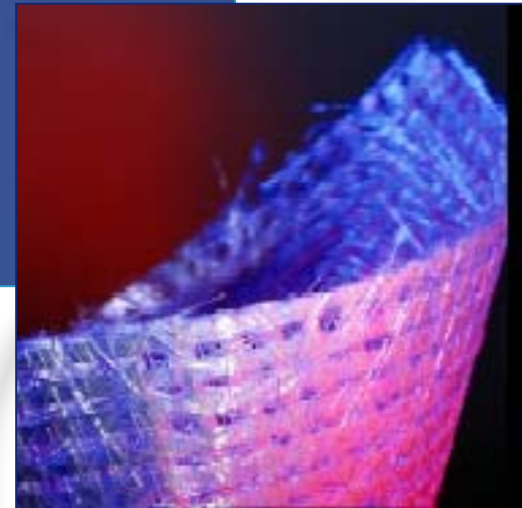
## Des fibres de verre pour renforcer les plastiques

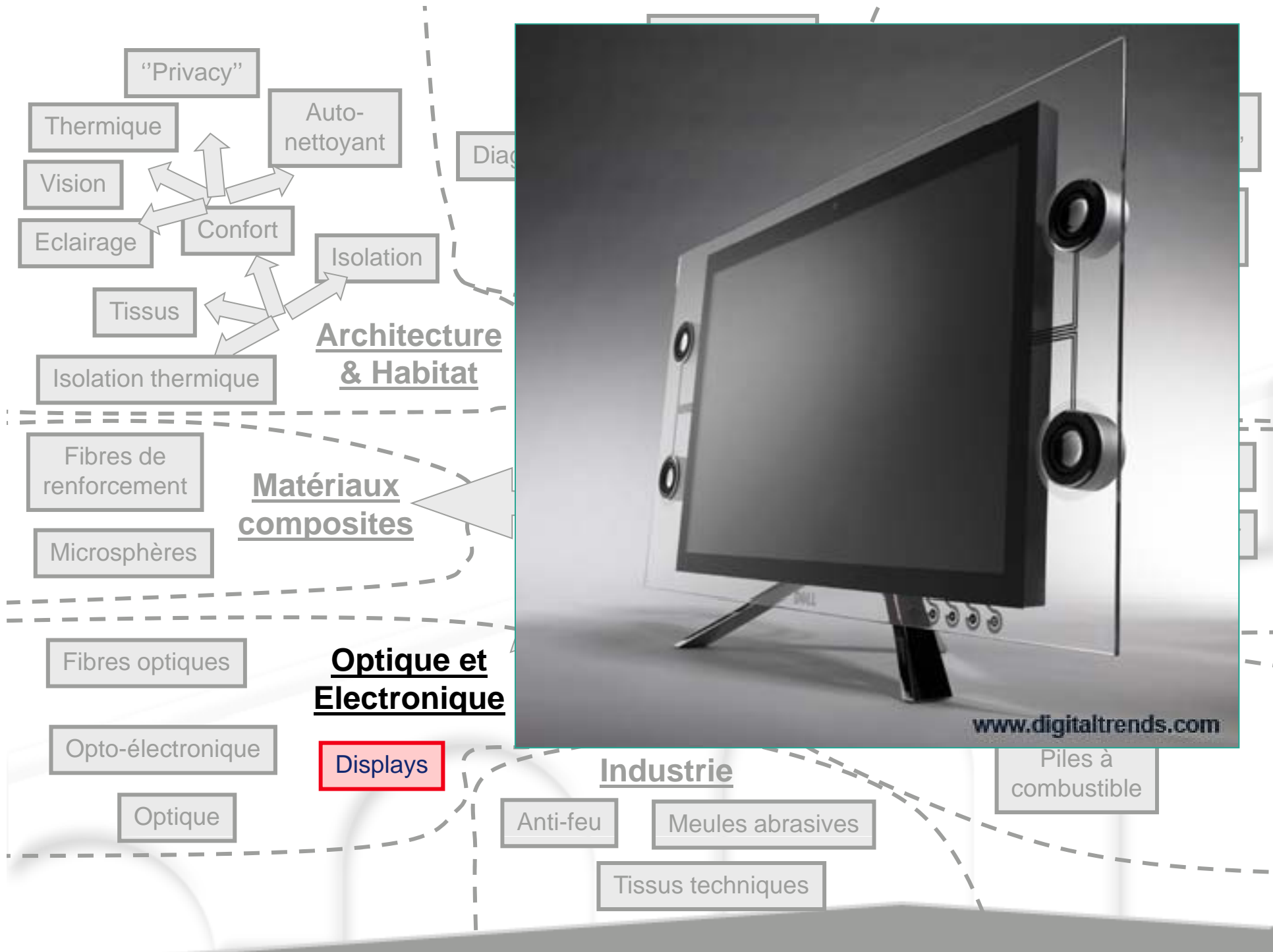


# Des fibres de verre pour renforcer les plastiques



**Tissus de verre 'haut module' pour éoliennes**







## Le modèle traditionnel d'innovation dans l'industrie verrière



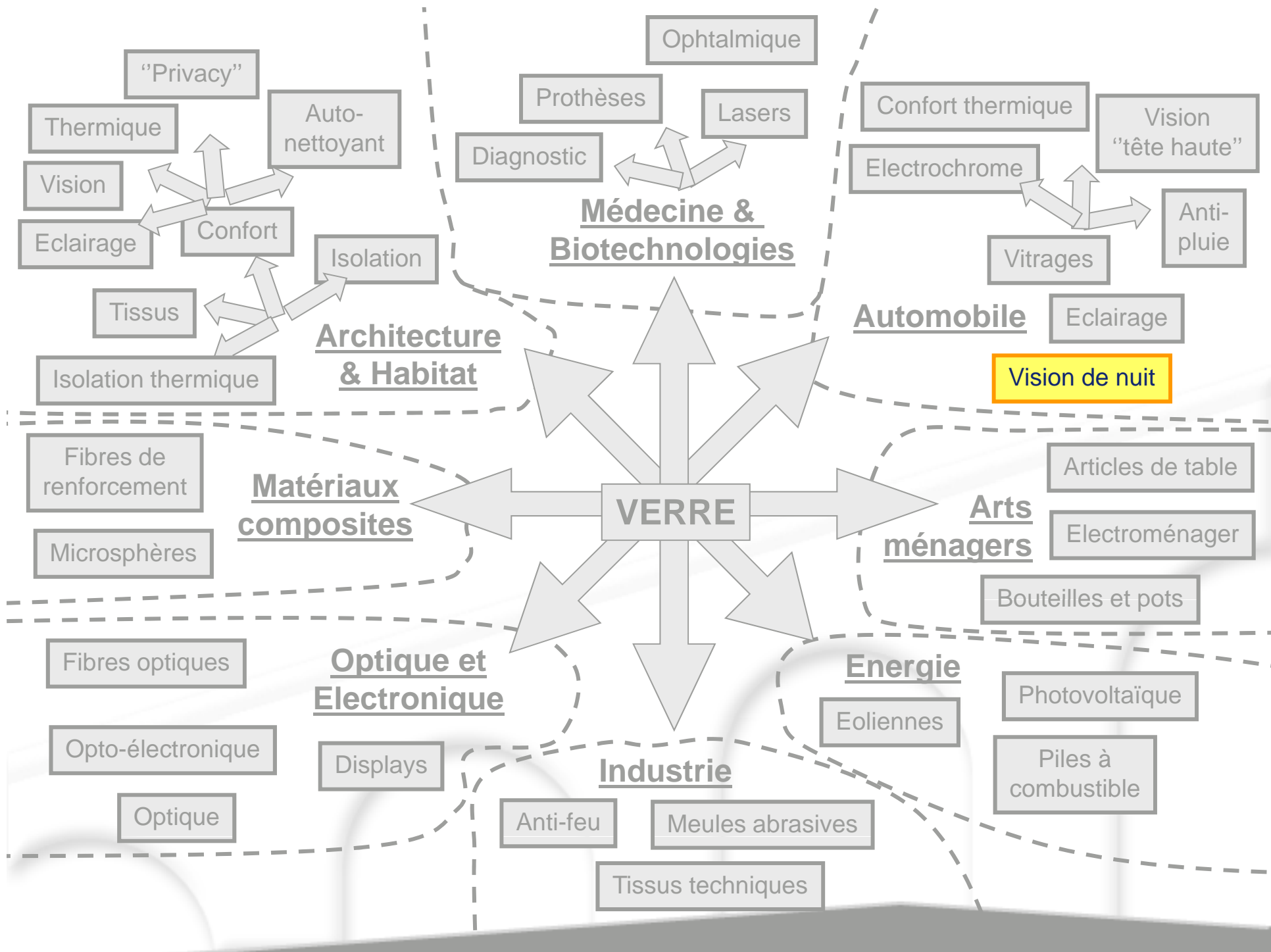
**Modèle qui a ses limites.**

**D'autres voies sont aujourd'hui explorées en parallèle :**

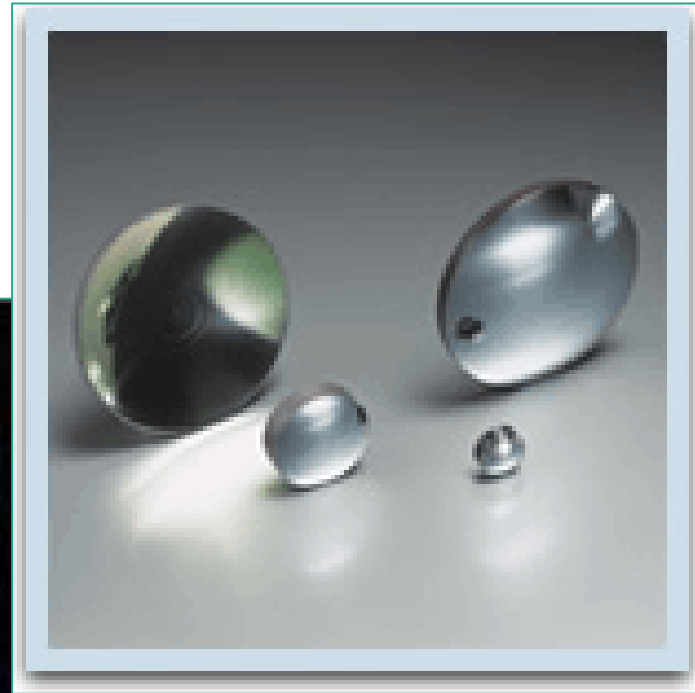
- des nouveaux verres,
- des "faux" verres,
- des nouvelles façons de faire du verre,
- la fonctionnalisation du verre par des couches minces de matériaux déposés en surface

. Des nouveaux verres





# Des verres transparents dans l'infrarouge thermique pour voir la nuit



Ophtalmique



Vision "à tête haute"

Anti-pluie

age

uit

s de table

oménager

pots

"Privacy"

Thermique

Vision

Eclairage

Confort

Tissus

Isolation thermique

Fibres de renforcement

Ma  
con

Microsphères

Fibres optiques

**Optique et  
Electronique**

**Energie**

Eoliennes

Photovoltaïque

Piles à combustible

Opto-électronique

Displays

**Industrie**

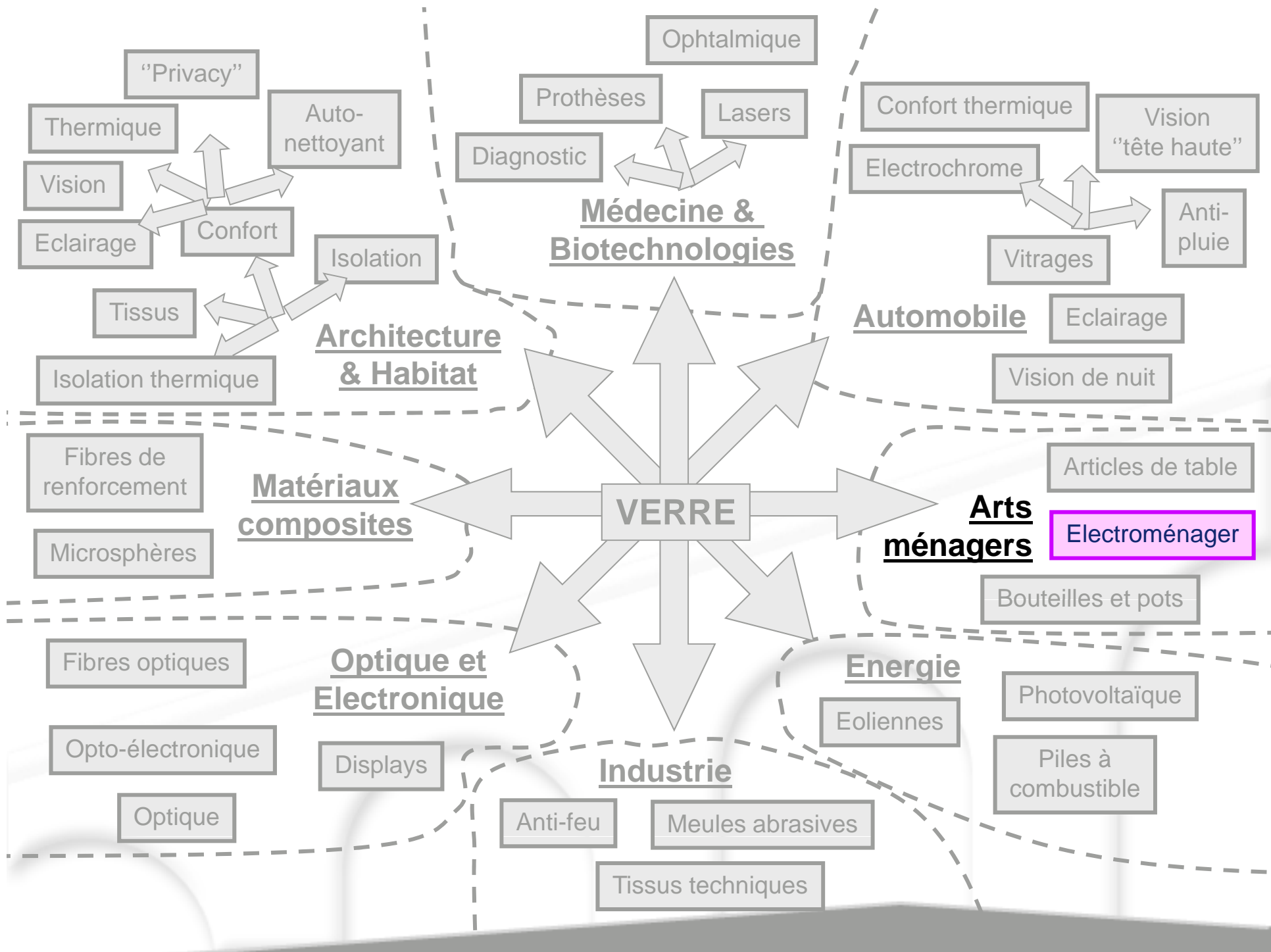
Anti-feu

Meules abrasives

Tissus techniques

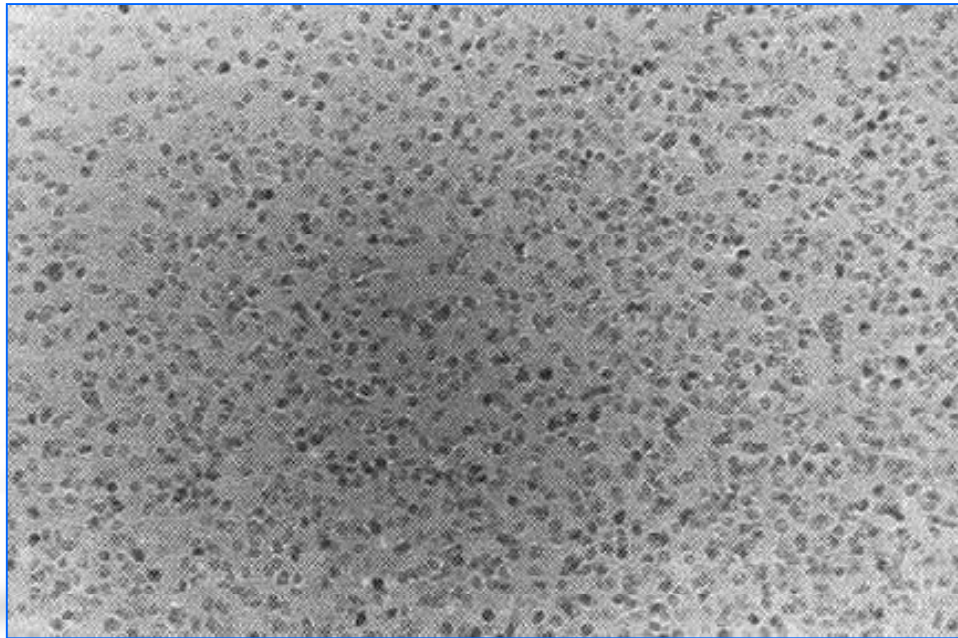
Optique

## . Des faux verres : les vitrocéramiques



Les vitrocéramiques : des verres presque ordinaires qu'on a fait dévitrifier partiellement ou totalement.

La phase cristalline apporte des propriétés thermomécaniques nouvelles





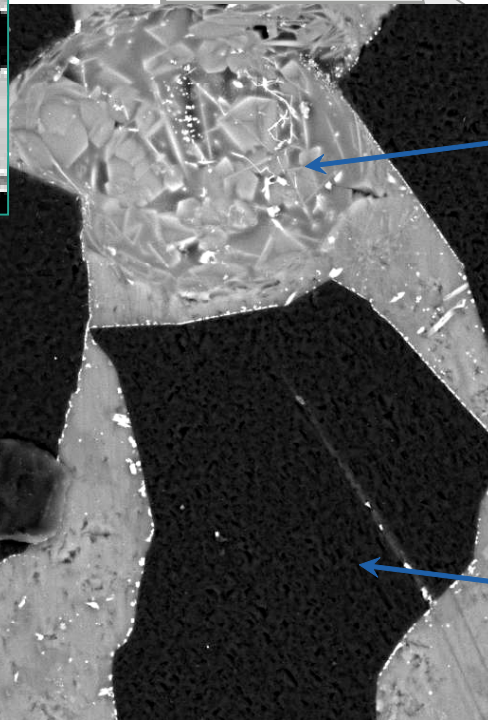
"Privacy"

Thermique

Auto-nettoyant

Vision

Eclair



GC Bond

cBN

Confort thermique

Electrochrome

Vision "tête haute"

**Industrie**

Meules abrasives

Tissus techniques

**Energie**

Eoliennes

Photovoltaïque

Piles à combustible

anti-feu

Isol

Fib renfo

Micr

Fib

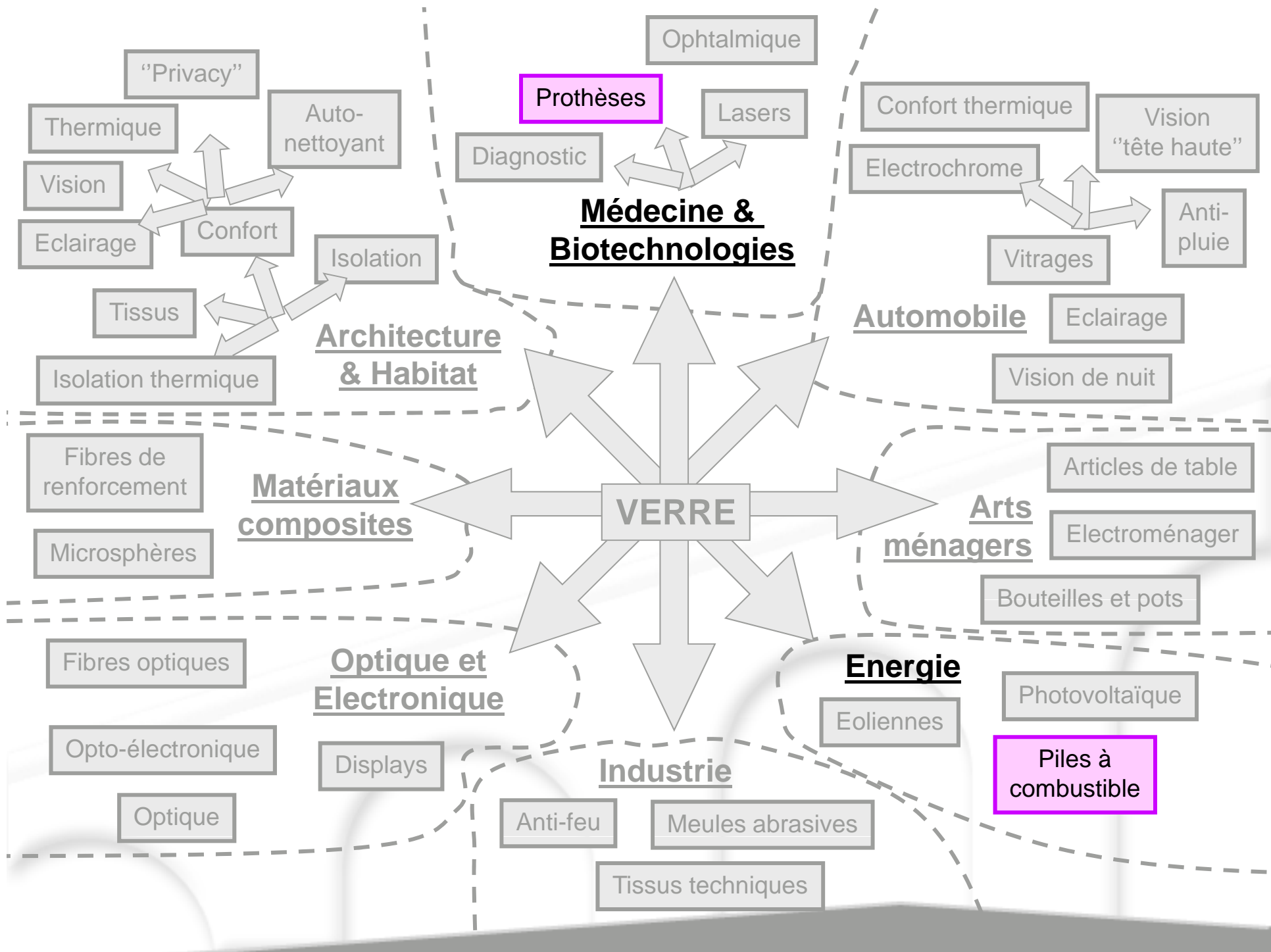
Op

nique

sers

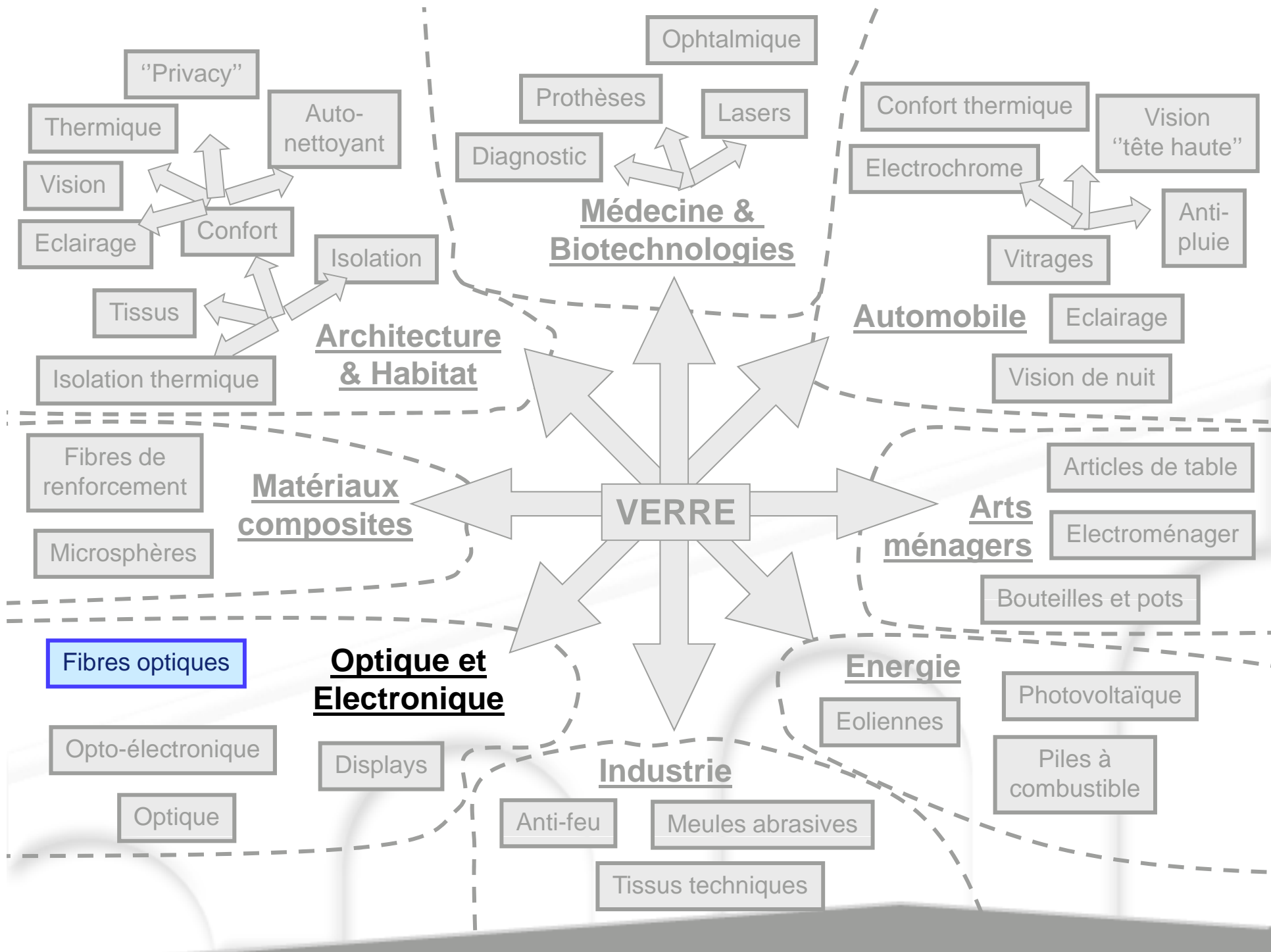
e

r

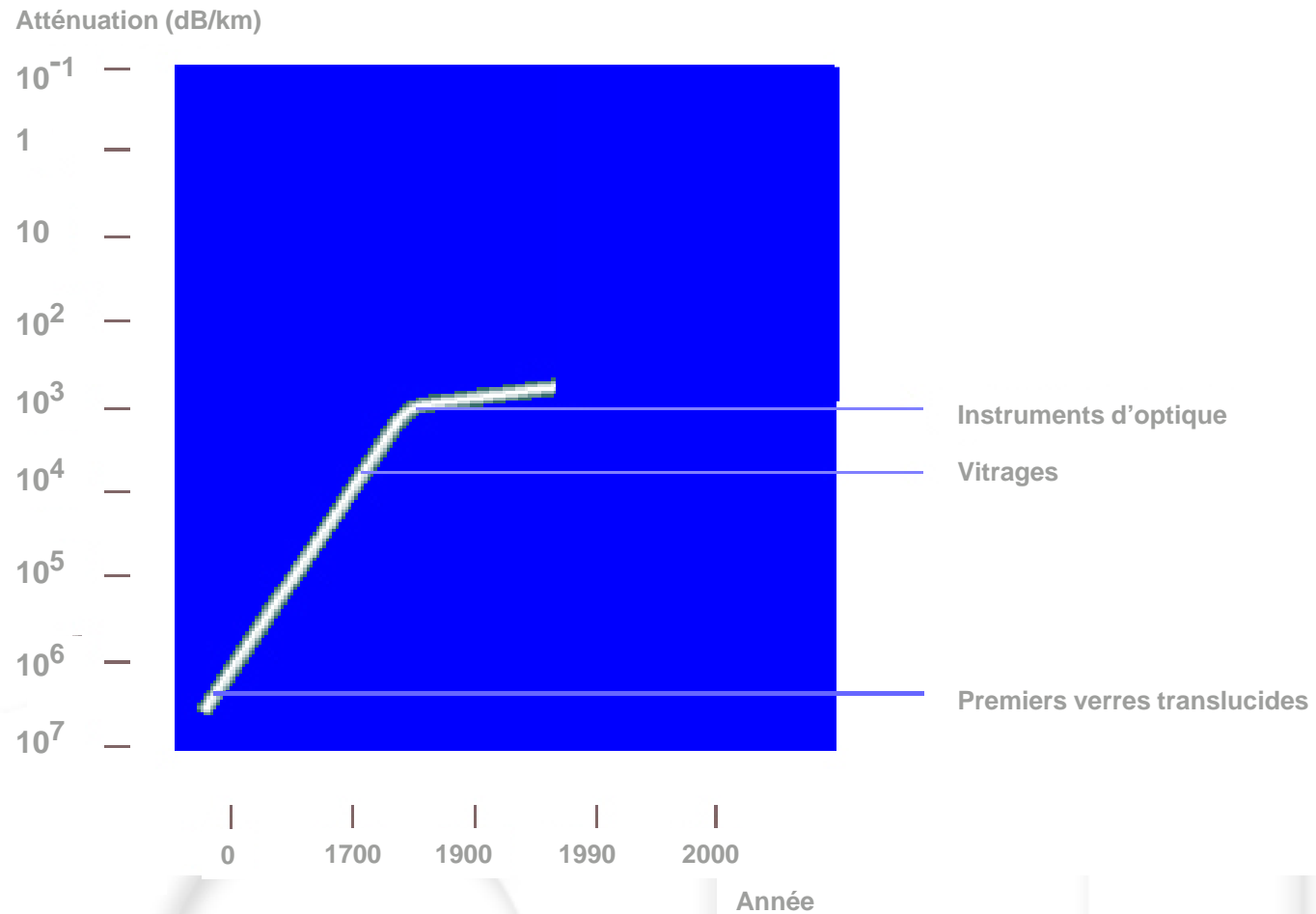


. De nouvelles façons de faire du  
verre

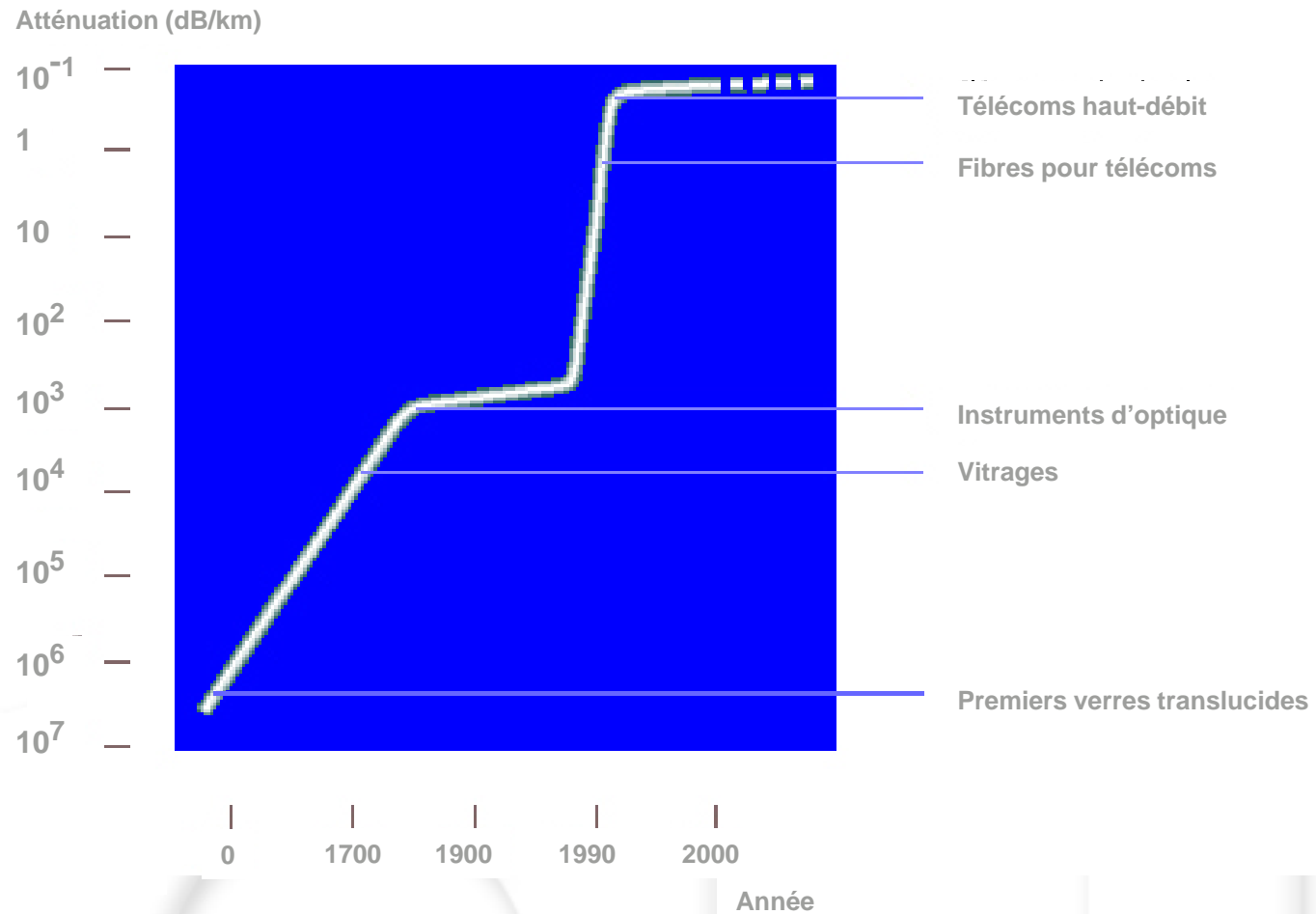
The background features a light grey gradient that transitions from white at the top to a darker grey at the bottom. A series of overlapping, semi-transparent arches are arranged in a row, creating a sense of depth and architectural structure. The arches are positioned below the main text, with the top one being the most prominent and the others receding into the background.



# La clarté du verre à travers les âges

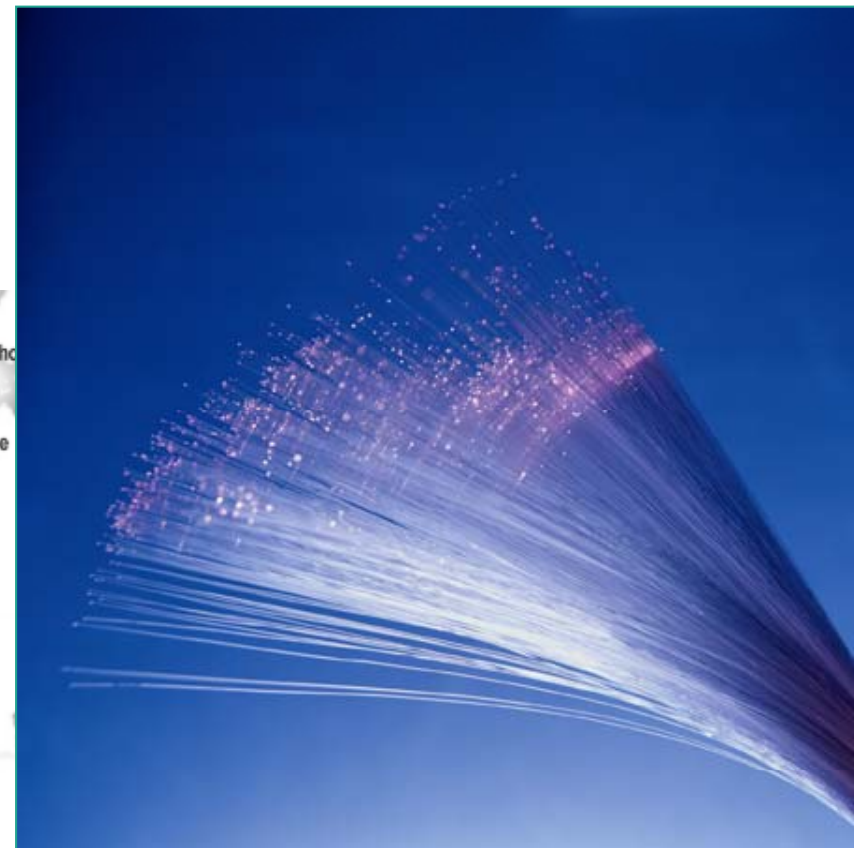
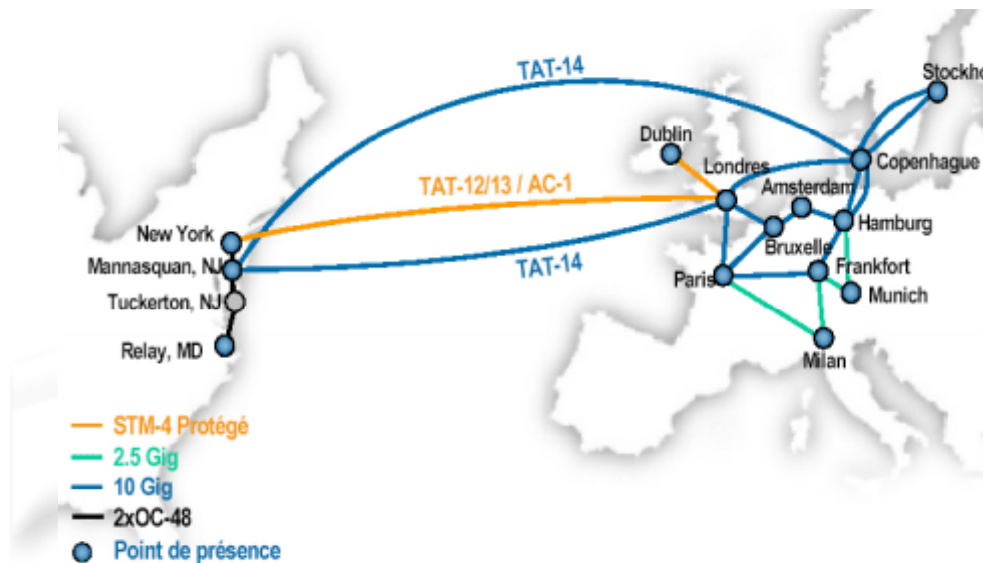


# La clarté du verre à travers les âges



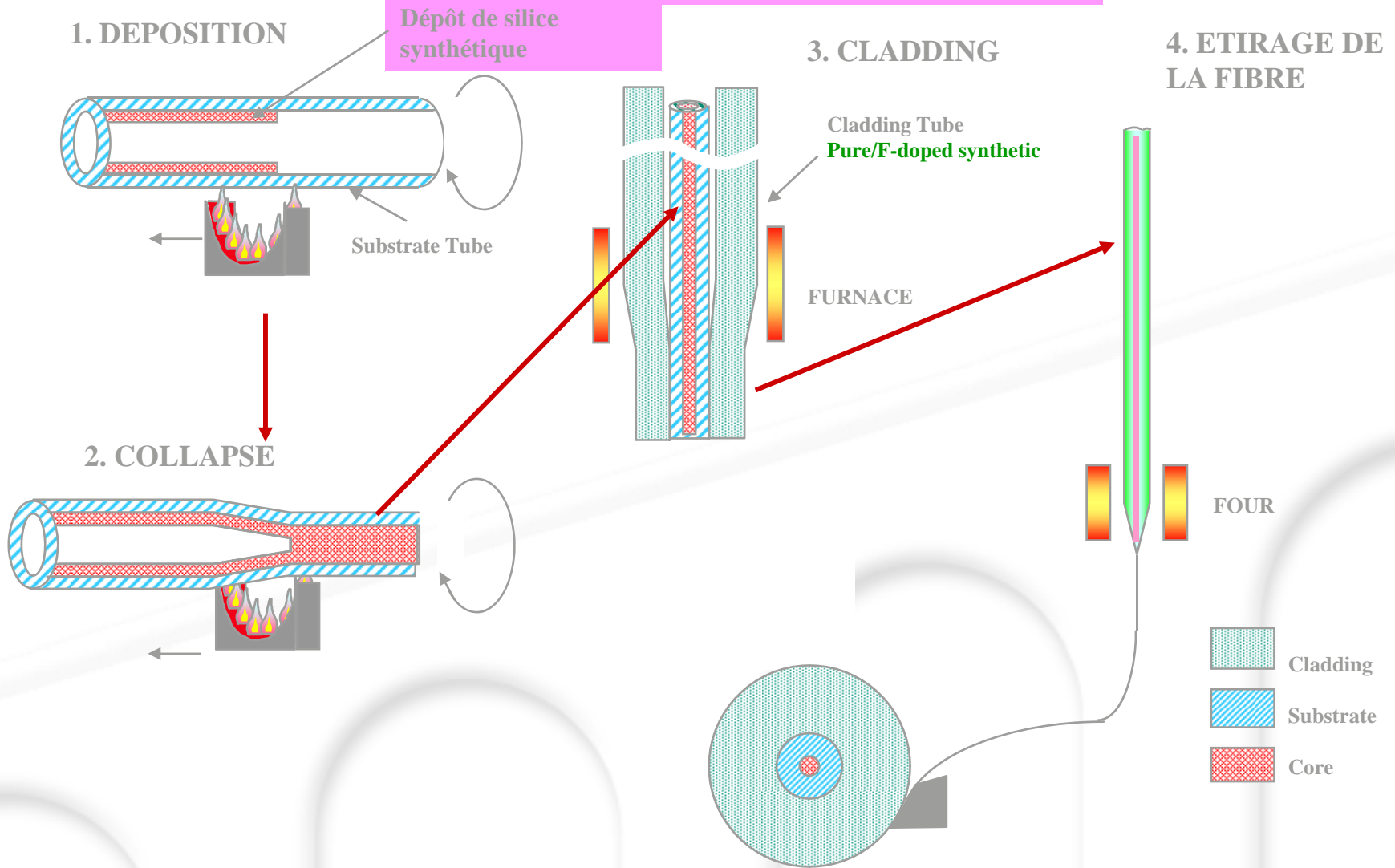
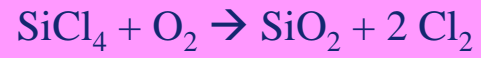
# Une nouvelle façon de faire du verre, en passant par la chimie fine

Pureté extrême → clarté extrême  
Pour les fibres optiques télécom



# PROCEDE DE DEPÔT EN PHASE VAPEUR

A partir de molécules :





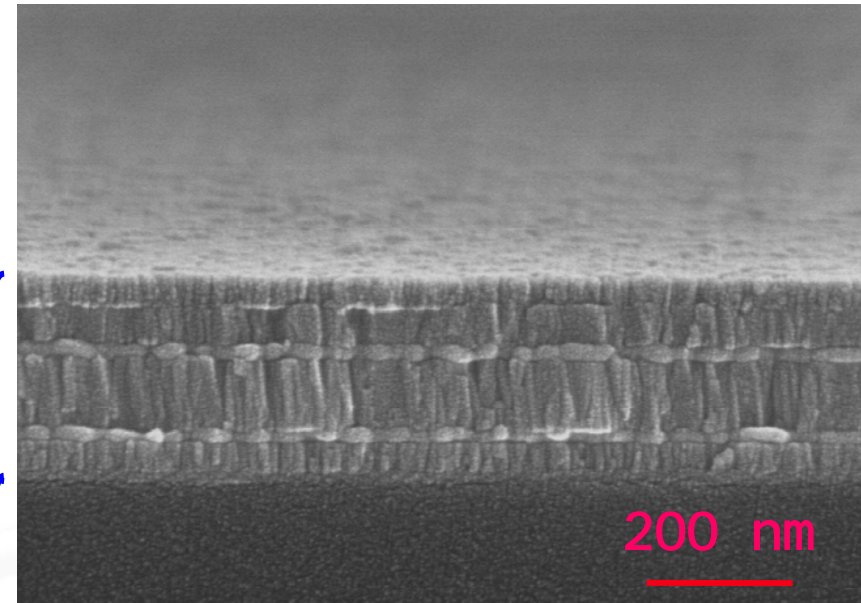
**. Et puis, les verriers ont inventé  
les couches minces**



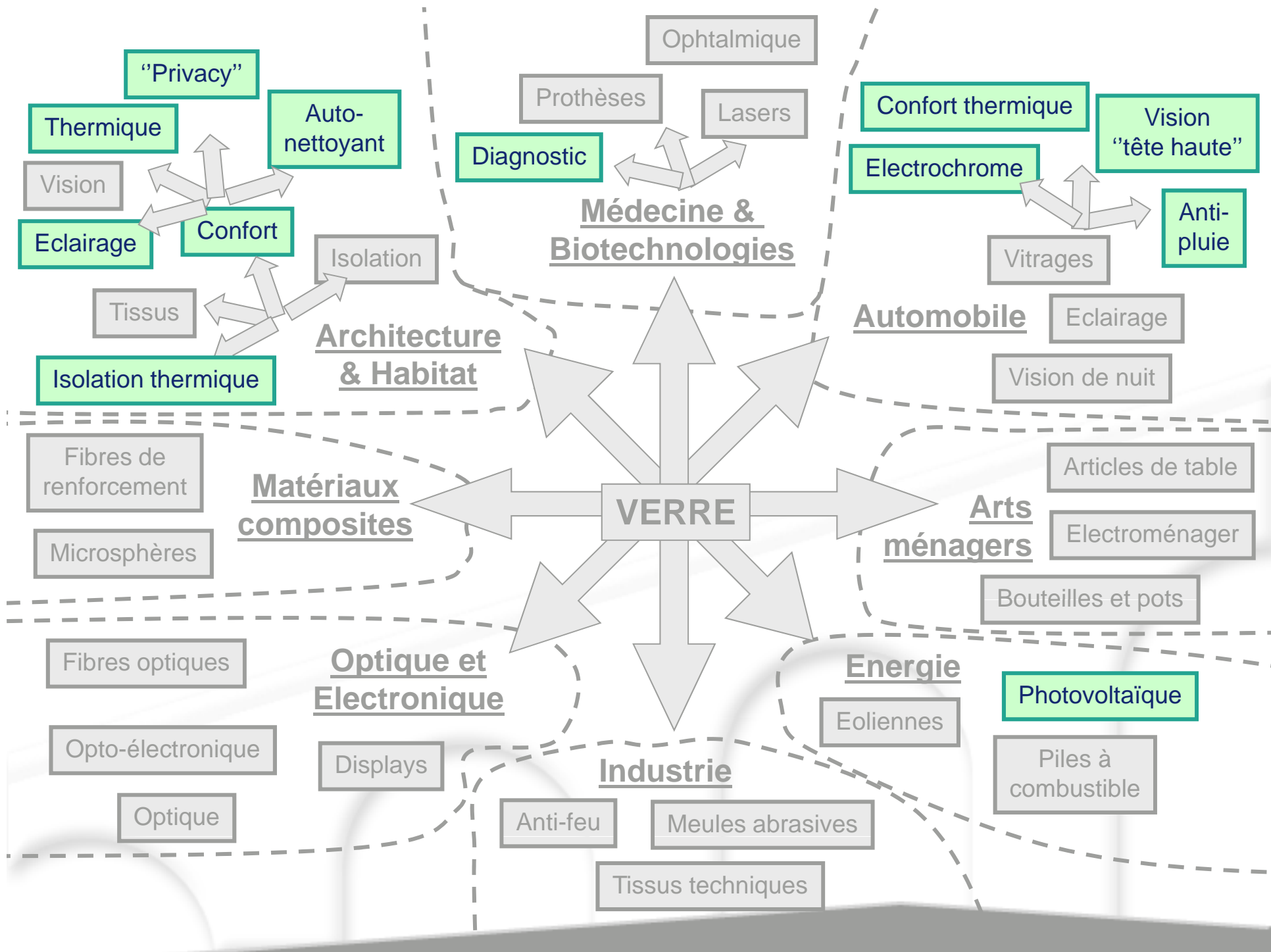
# ... et puis, les verriers ont inventé les couches minces

couches  
(épaisseur 300 nm)

verre  
(épaisseur 3 mm)



comme une couche de confiture (1 mm) sur une tartine de 10 mètres d'épaisseur



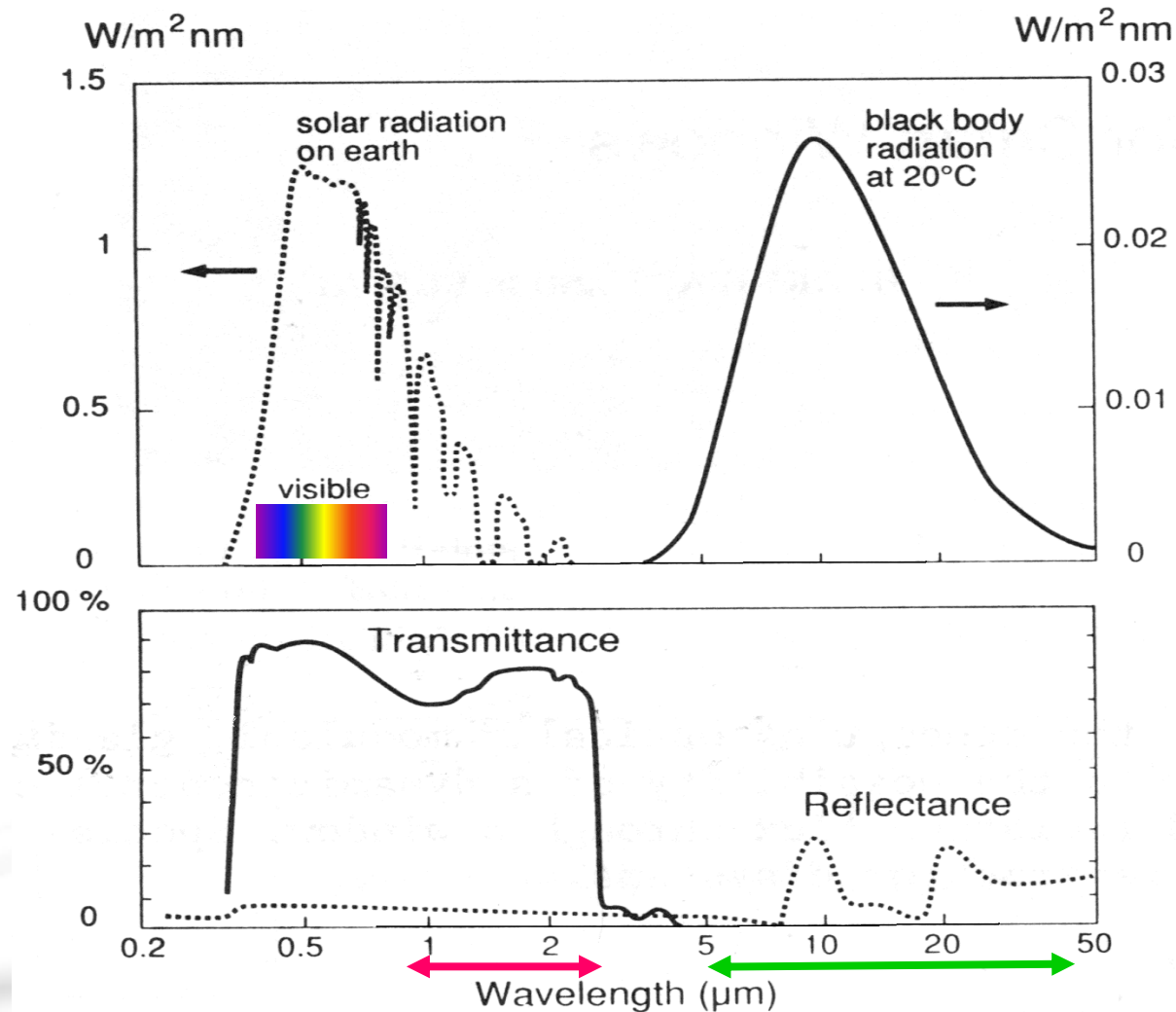
# Pertes thermiques par rayonnement



# Confort d'été

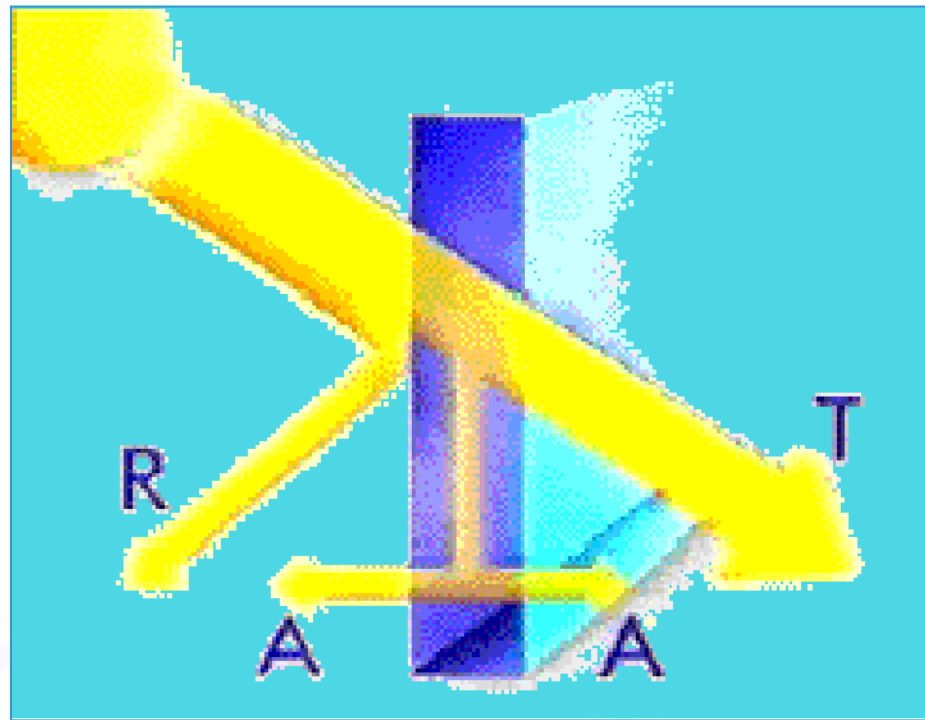


# Propriétés spectrales du verre



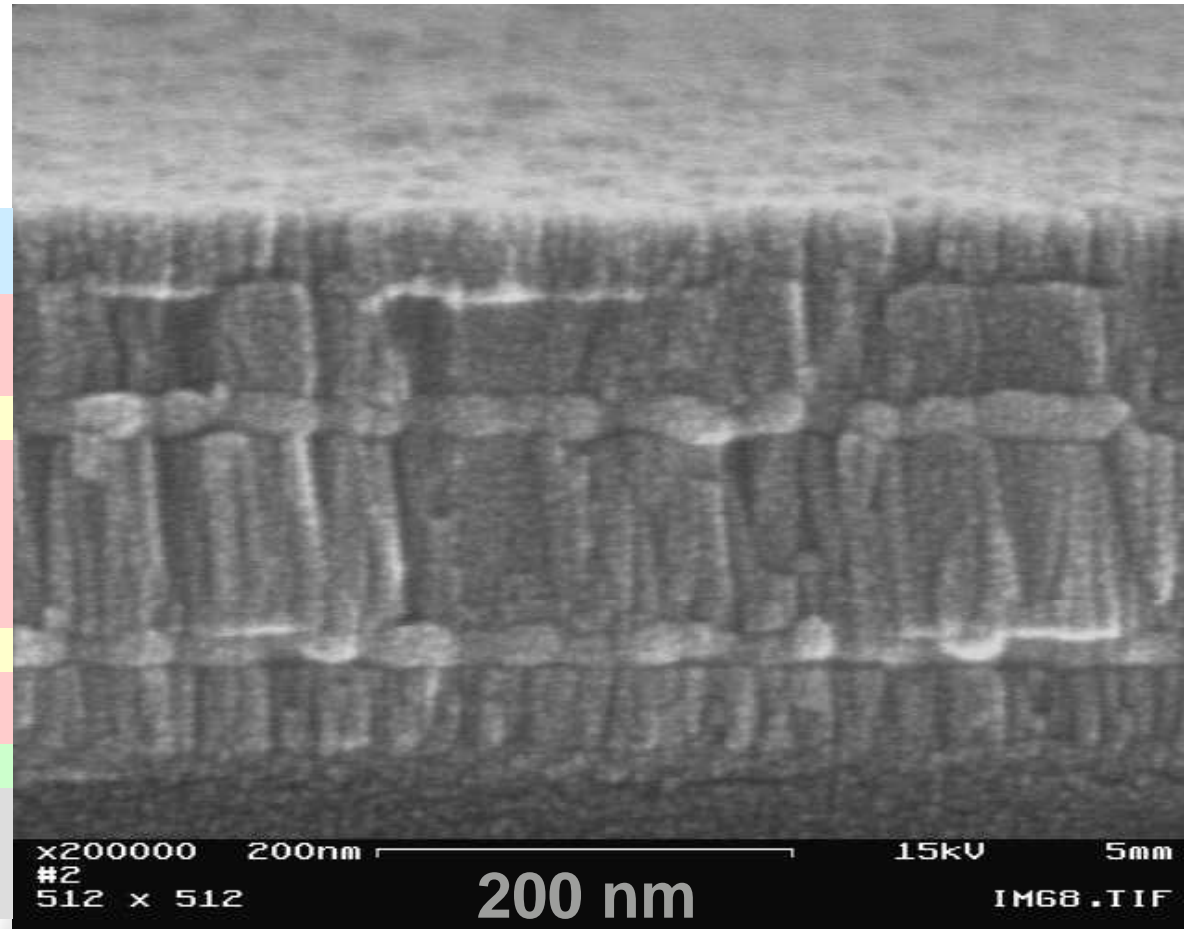
- Le verre est transparent dans le visible et dans le proche infra-rouge
- Il est absorbant dans l'infra-rouge thermique

# Propriétés spectrales du verre



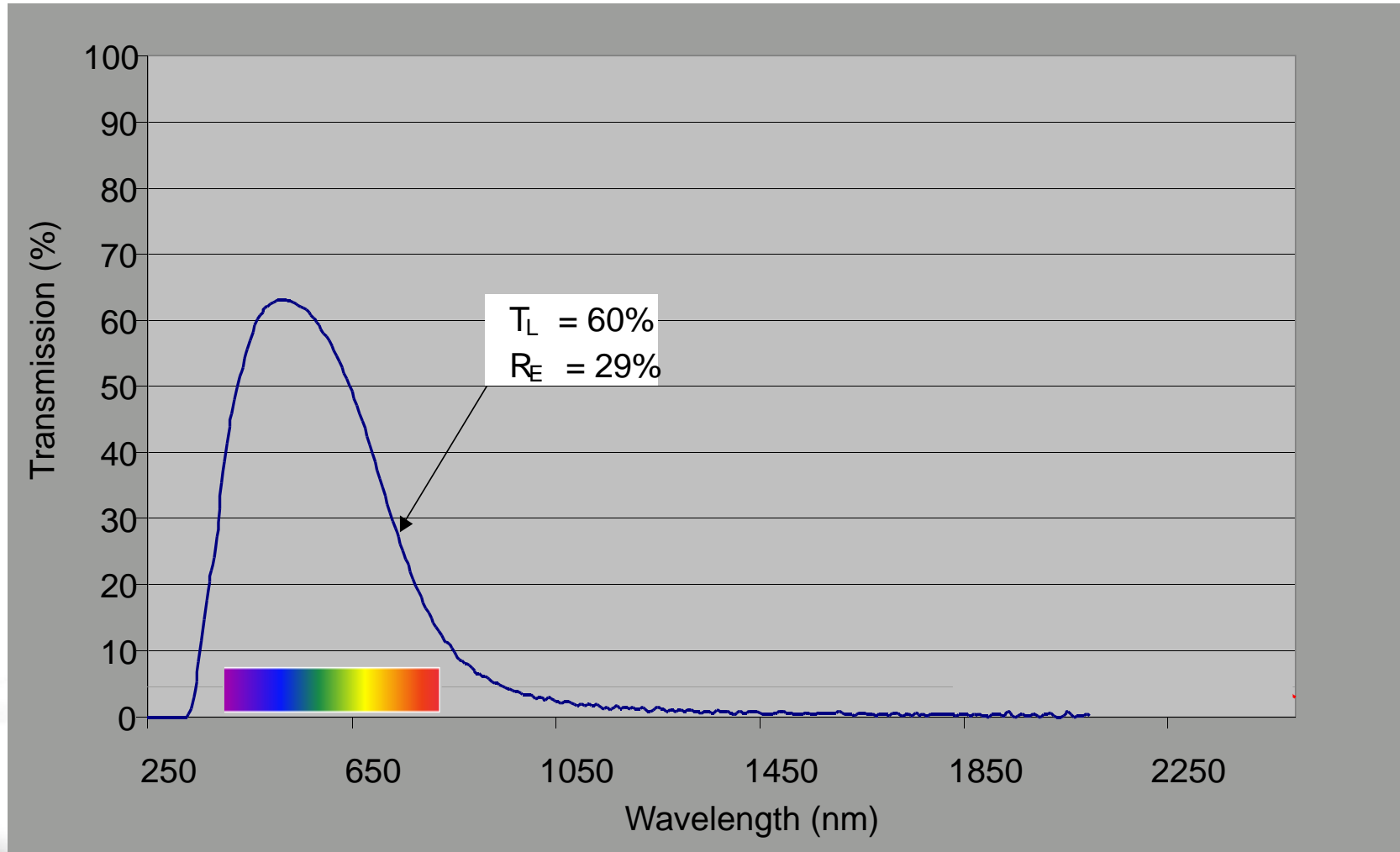
# La solution : les empilements de couches à l'argent

Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> - 40 nm
ZnO - 54 nm
Ag - 10 nm
ZnO - 100 nm
Ag - 11 nm
ZnO - 54 nm
SnO <sub>2</sub> - 16 nm
Substrat verre





# La solution : les empilements de couches à l'argent



Exemple : vitrage anti-solaire

# **Des produits d'avenir : les vitrages actifs, à propriétés optiques commutables**



# Vitrage à cristaux liquides

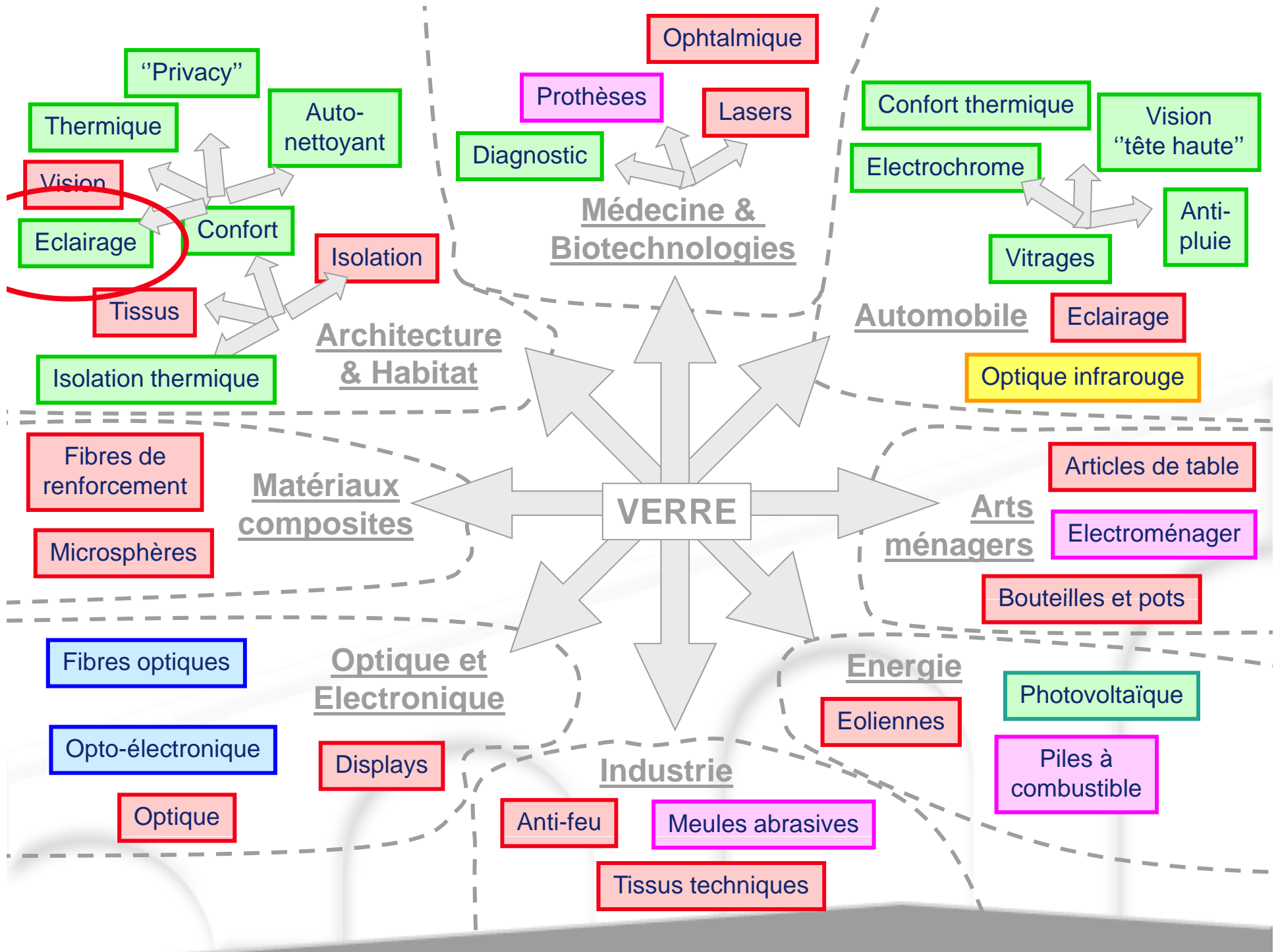


# Vitrage à cristaux liquides



# Vitrage électrochrome





# Le nouvel avenir du verre dans l'éclairage



# SGG Planilum®

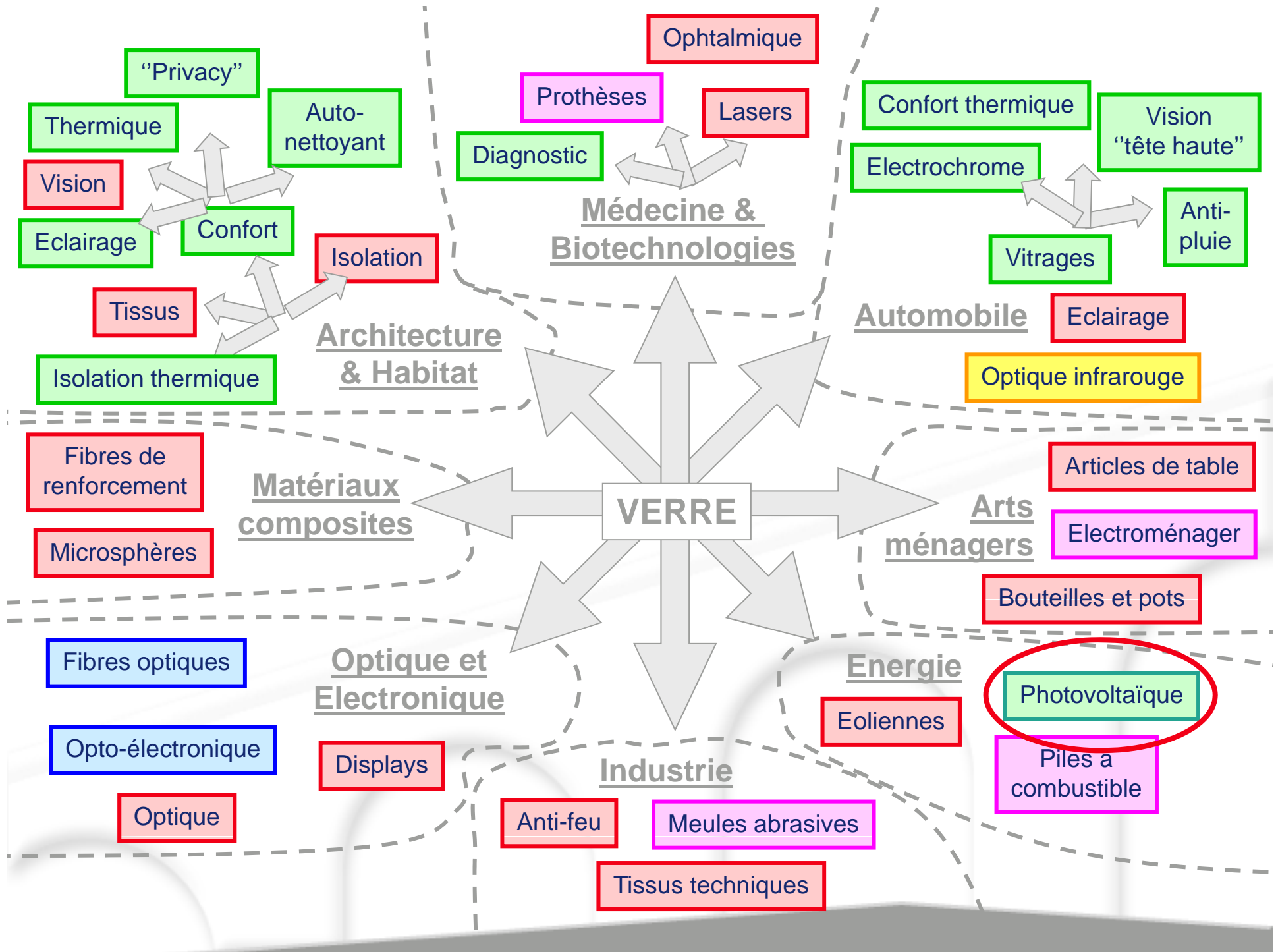




# La solution de demain

## *Diode électroluminescente organique (OLED)*





# Les technologies photovoltaïques

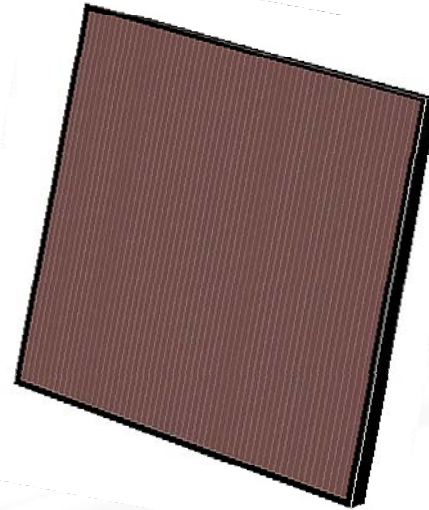
Silicium monocristallin



Silicium polycristallin



Silicium amorphe en couche mince



Cu-In-Se en couches minces



Rendement :

13% - 19%

Face avant en verre trempée

11% - 15%

Face avant en verre trempée

6% - 8%

Face avant en verre revêtu de couche anti-reflet à l'extérieur et conductrice transparente à l'intérieur

9% - 12%

Face avant en verre trempé.  
Face arrière en verre à couche Molybdène.

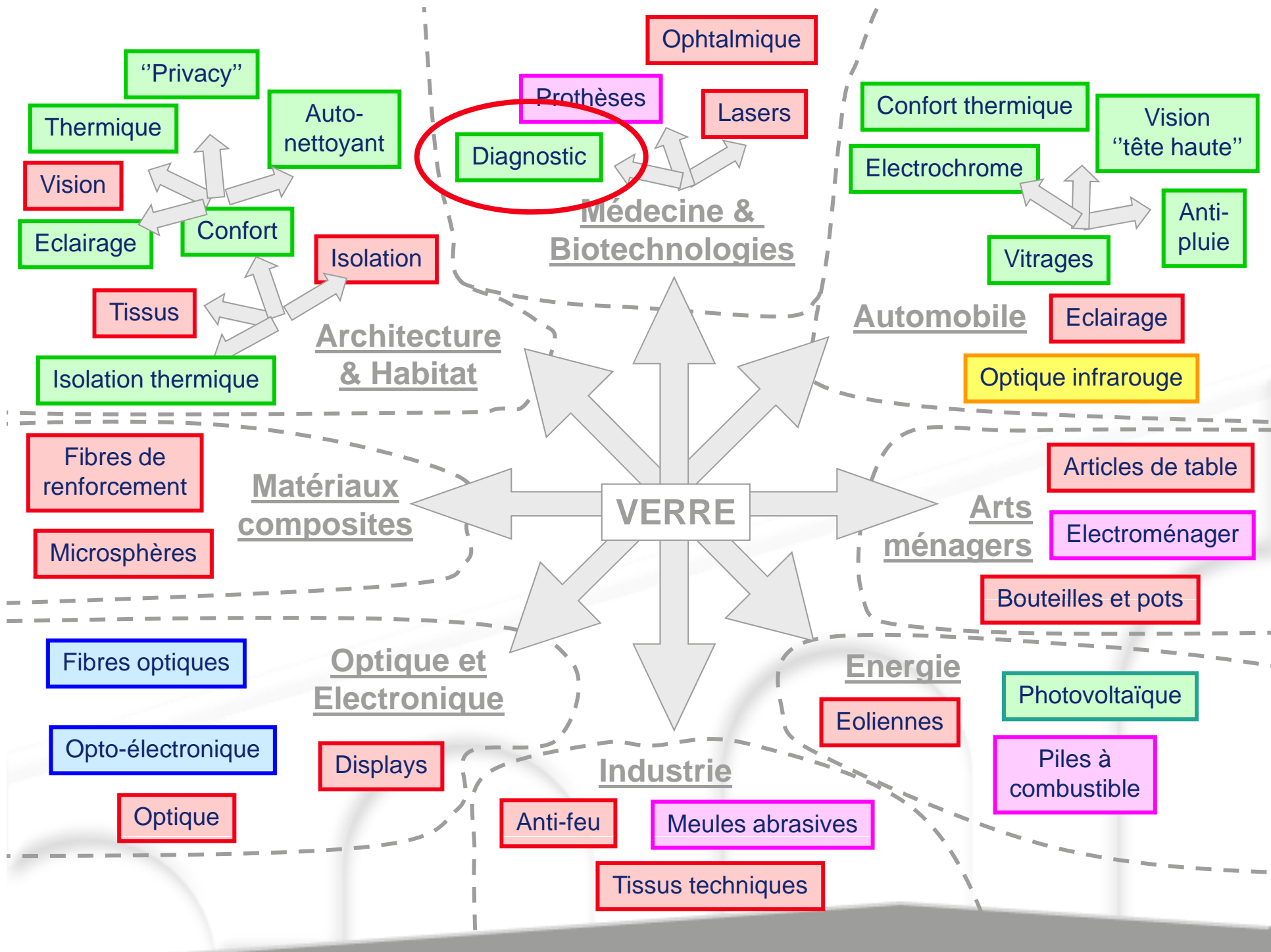
# Photovoltaïque et bâtiment

Non Intégré



Intégré

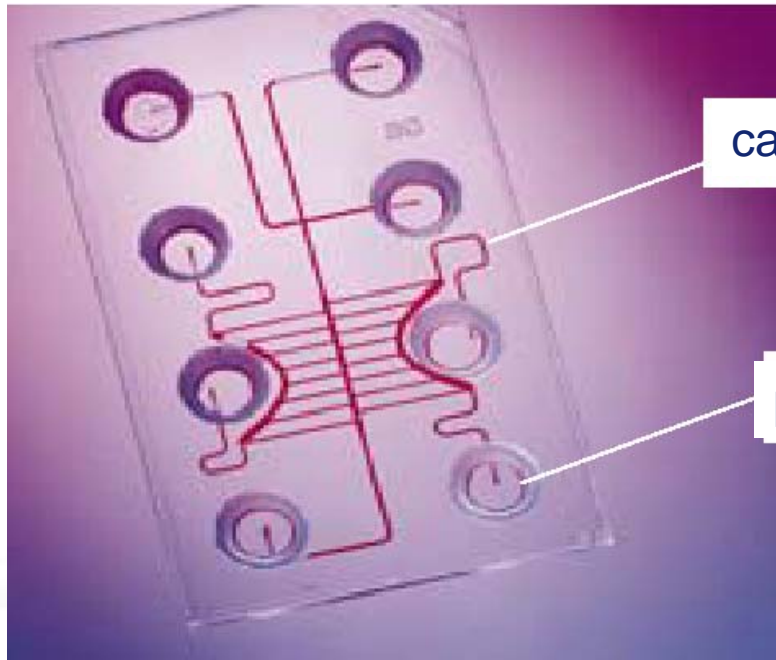




# Microfluidique

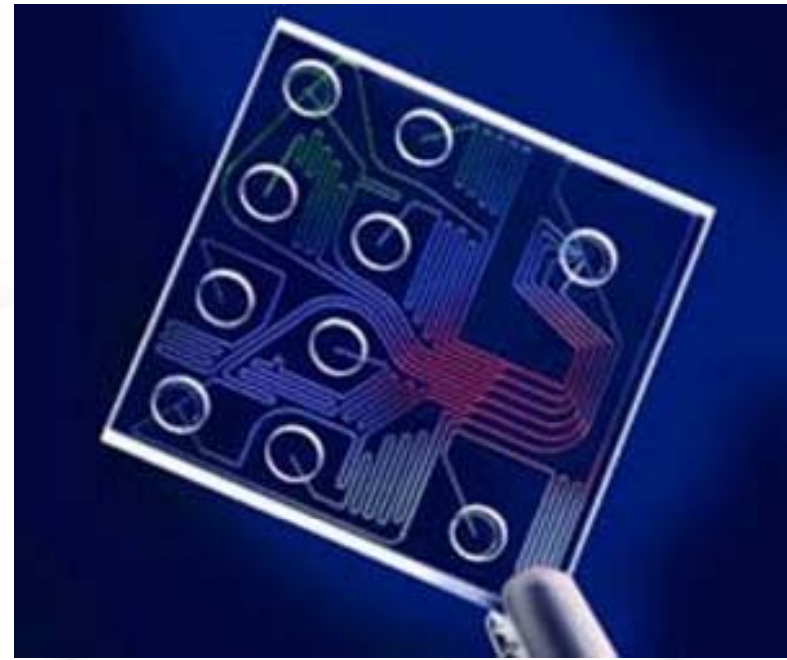
Laboratoire d'analyse biomédicale miniaturisé

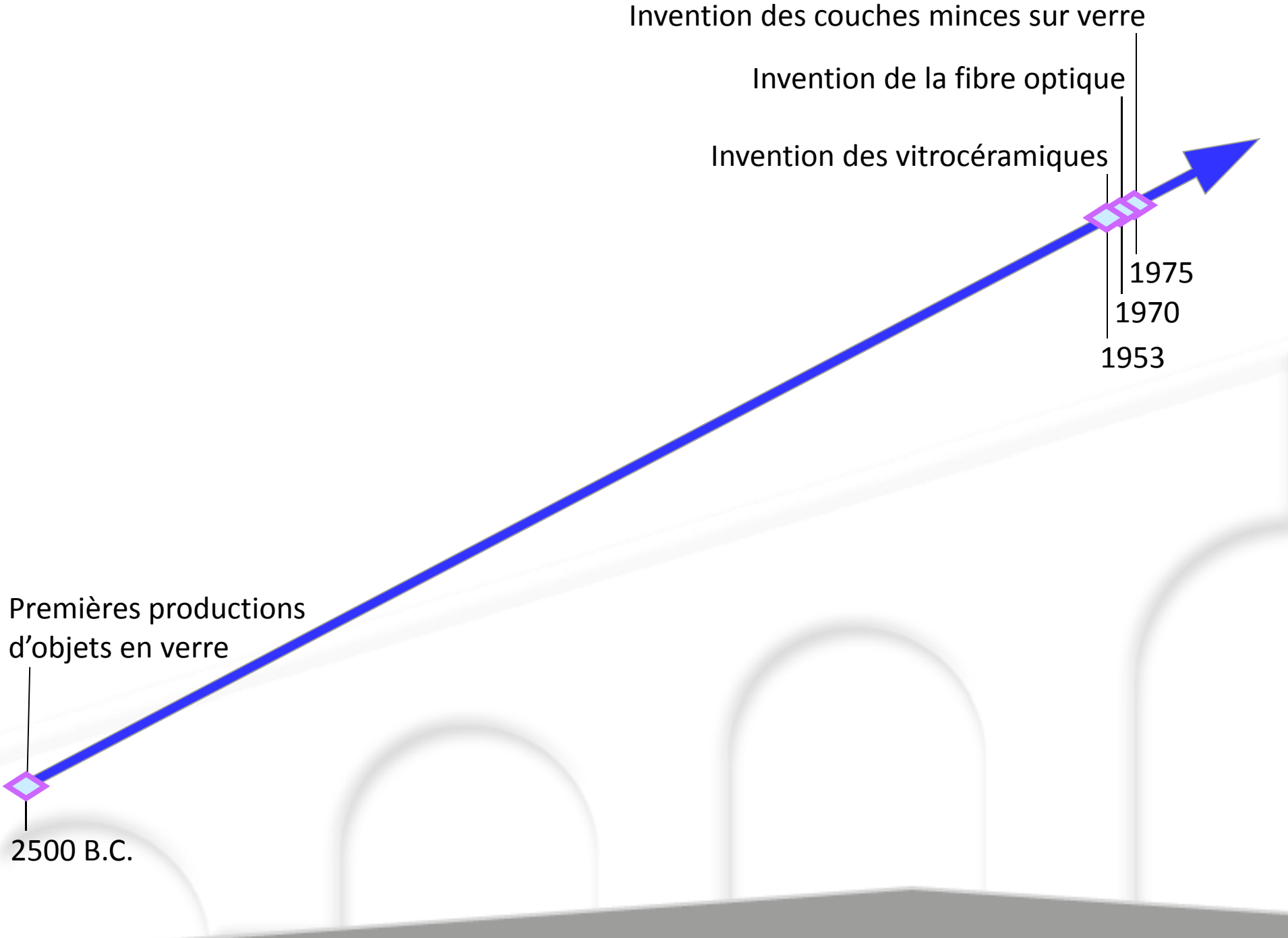
*Réseau de microcanaux, d'électrodes, de capteurs et de circuits électroniques intégrés.*



canal

puits





Invention des couches minces sur verre

Invention de la fibre optique

Invention des vitrocéramiques

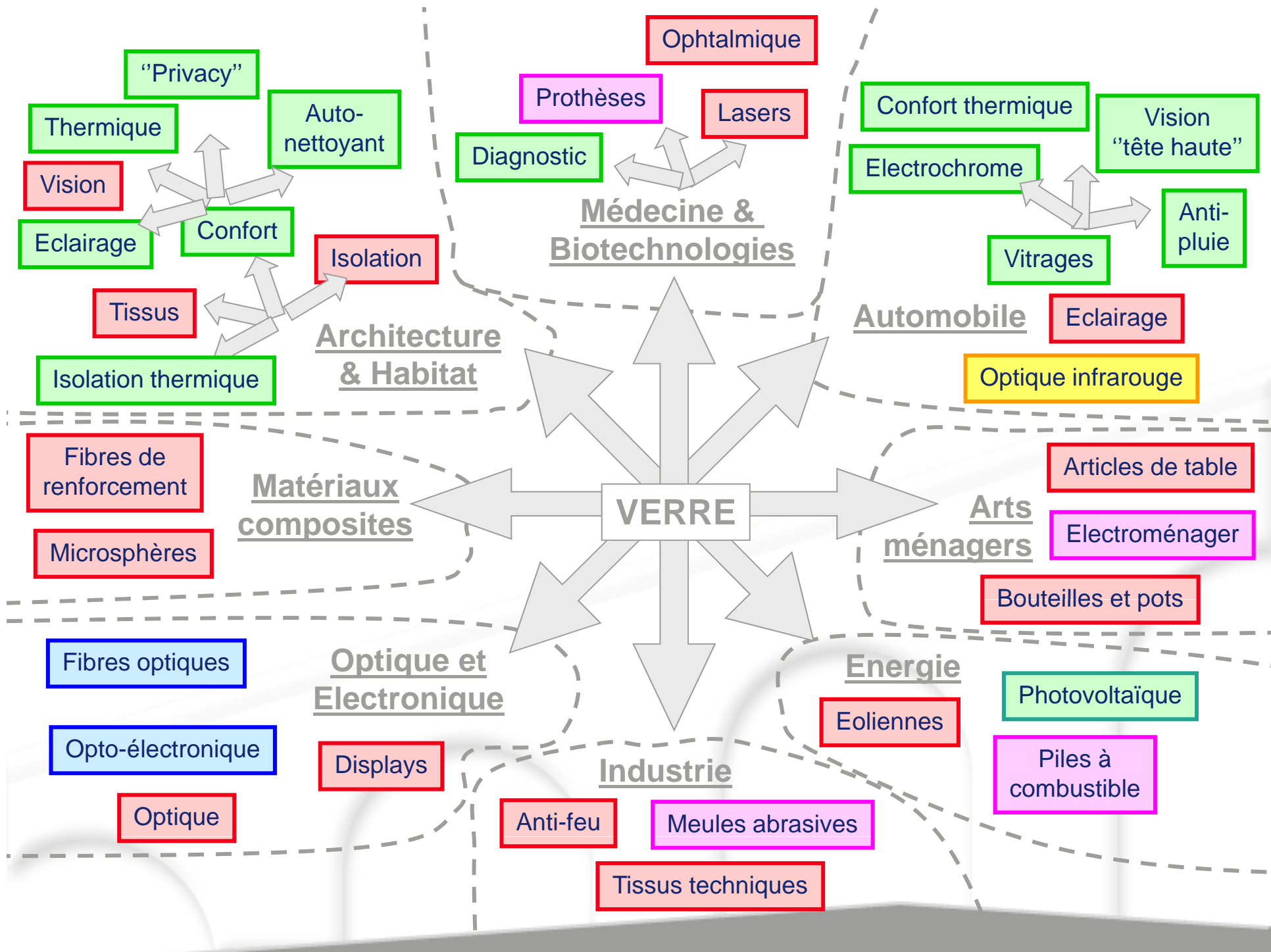
1975

1970

1953

Premières productions d'objets en verre

2500 B.C.

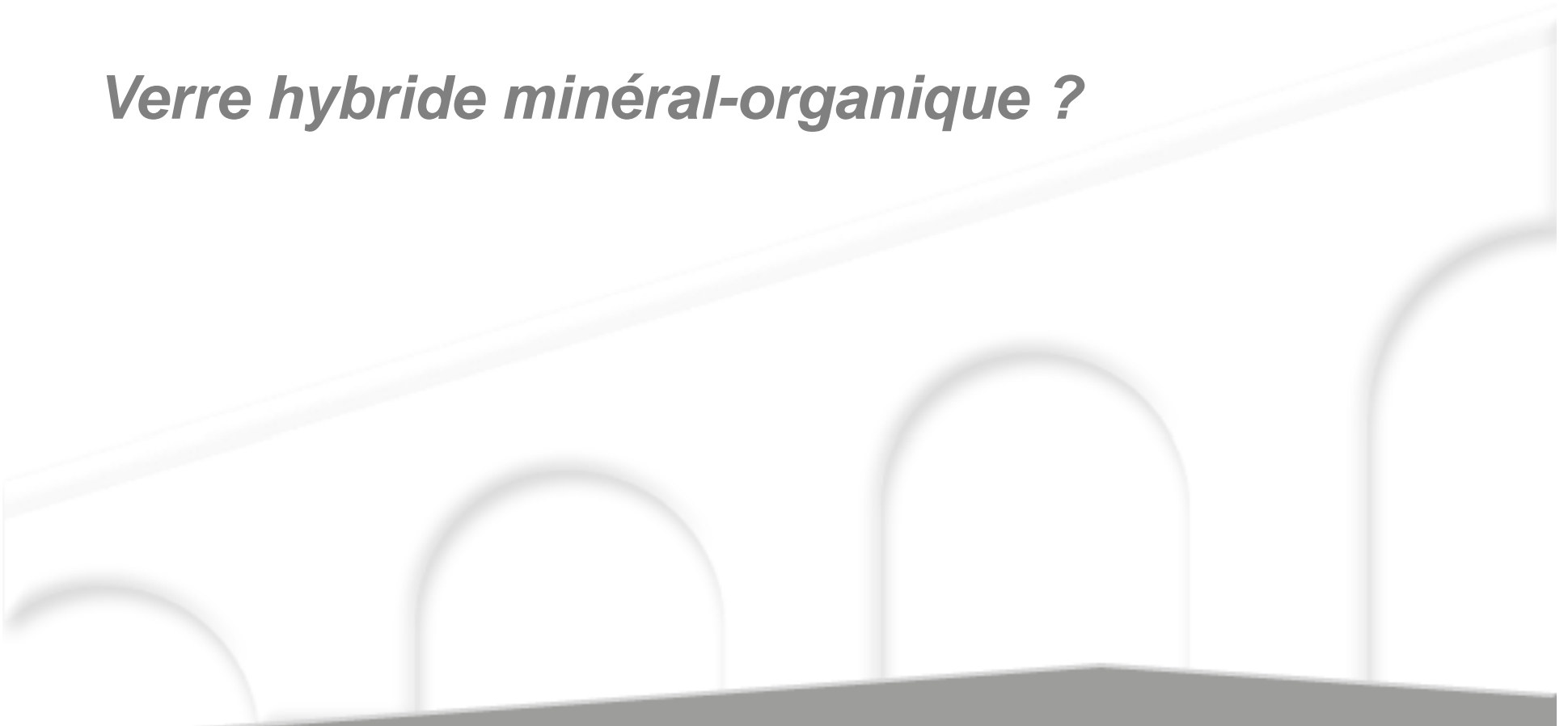




- **Et ensuite ?**

*Micro et nano-texturation de surface ou en volume*

*Verre hybride minéral-organique ?*



*Merci pour votre attention !*