

CONFÉRENCE SCOLAIRE

Lycée Léonard de Vinci Antibes

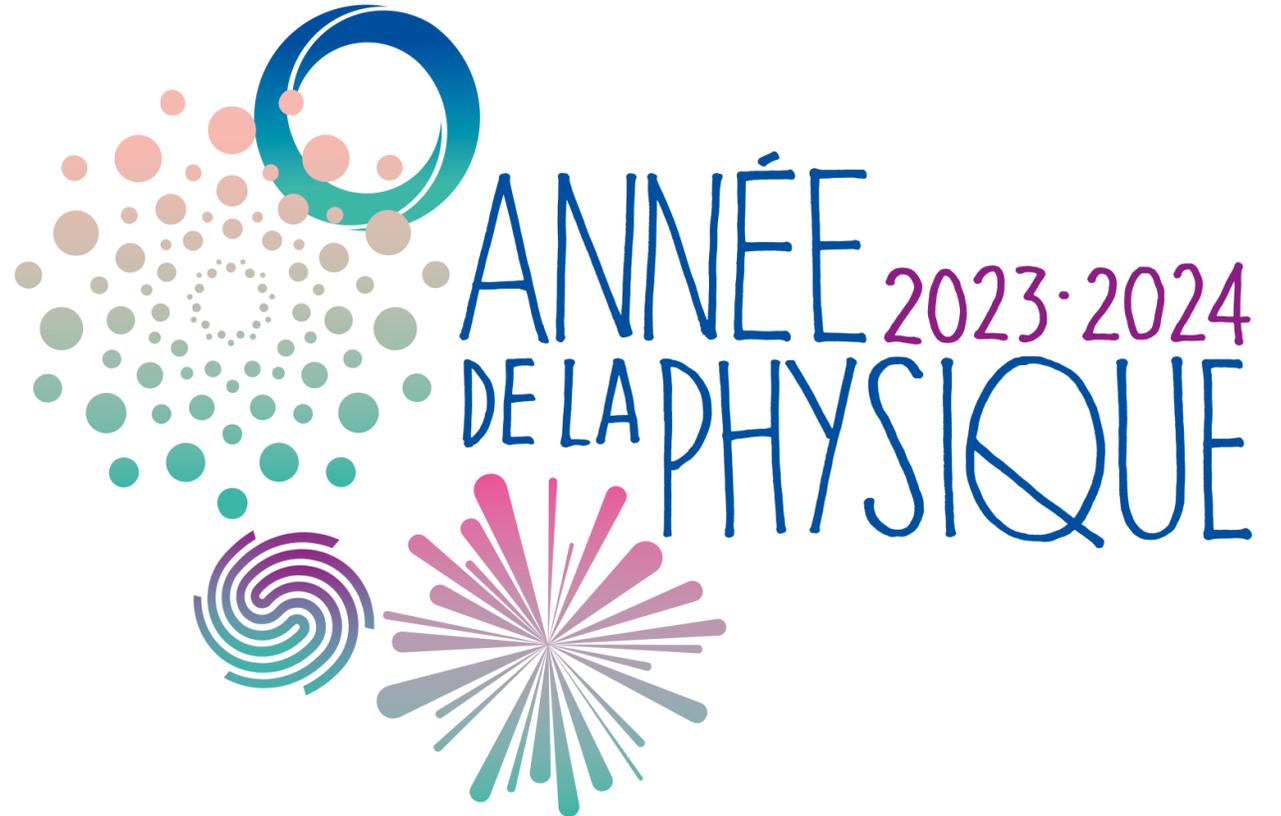


22 février 2024

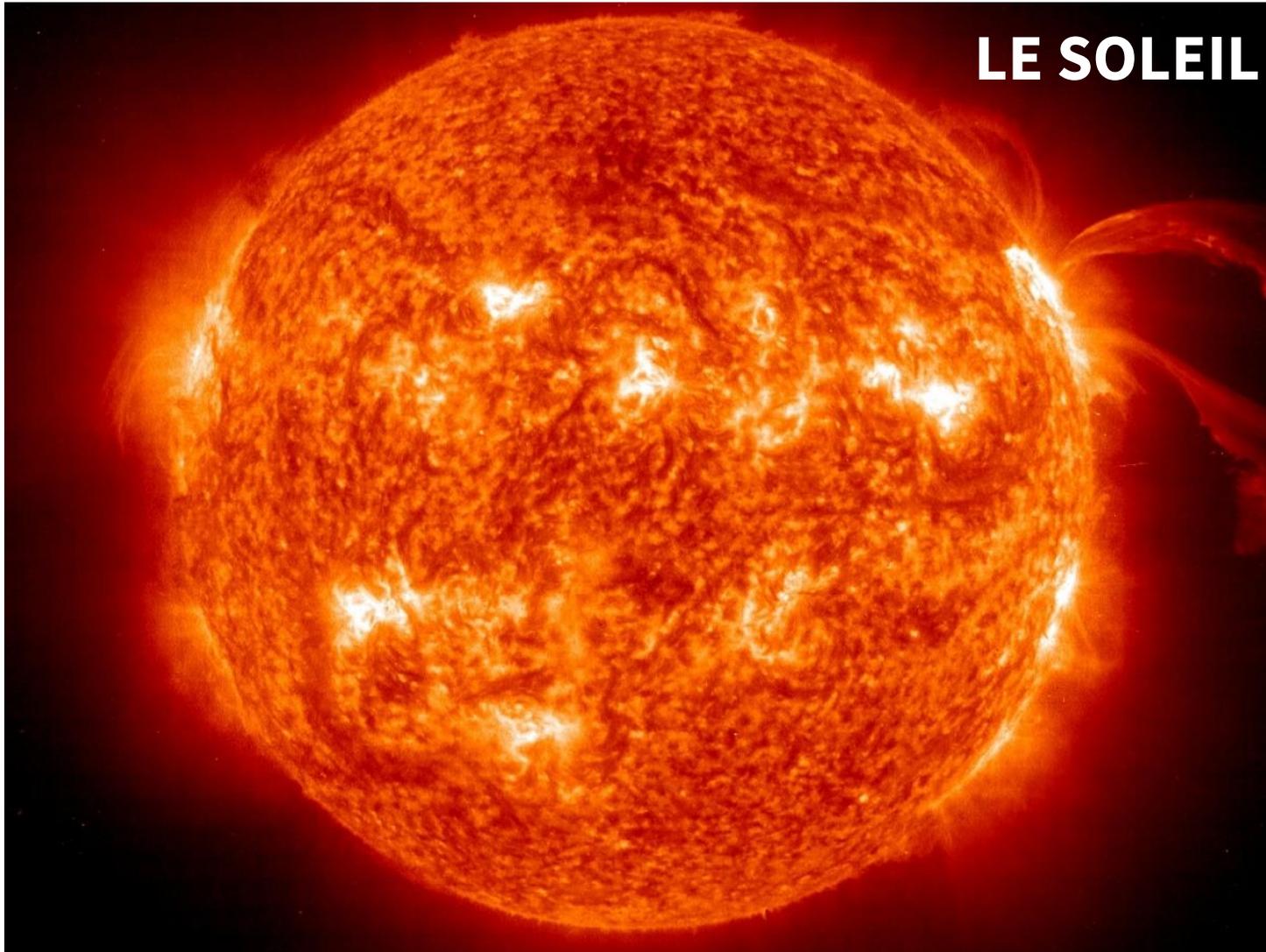
« La LED : du smartphone aux neurones »

Blandine Alloing
Chercheuse CNRS

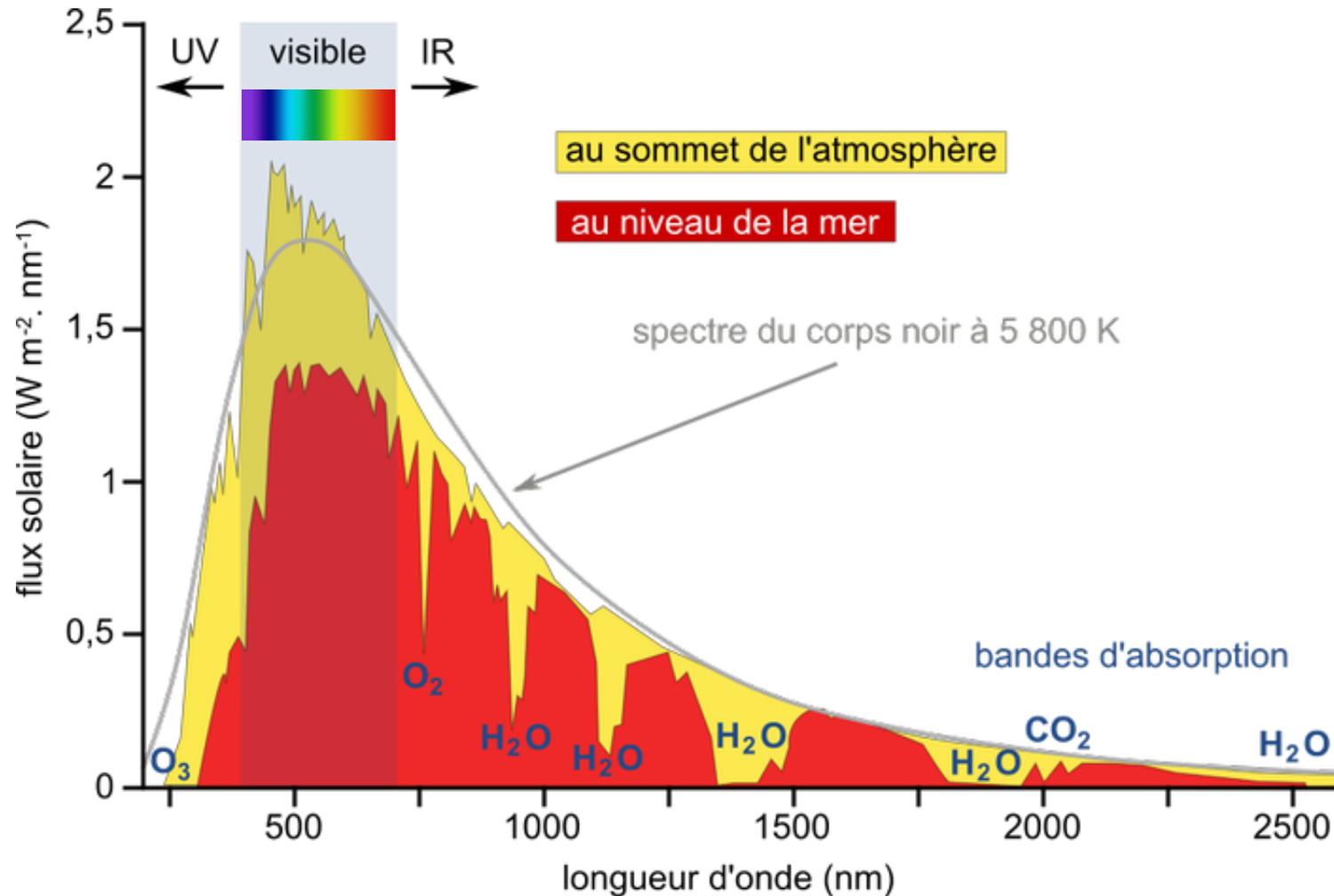
Centre de Recherche sur l'Hétéro-
Epitaxie et ses Applications



Source lumineuse par excellence:



Source lumineuse par excellence: le soleil



50% énergie solaire émise dans le visible: hasard, chance ?

Petite histoire de l'éclairage



Feu
(700 000 av JC)



Torche
(400 000 av JC)



Huile
(8000 av JC)



Bougie
(2000 av JC)

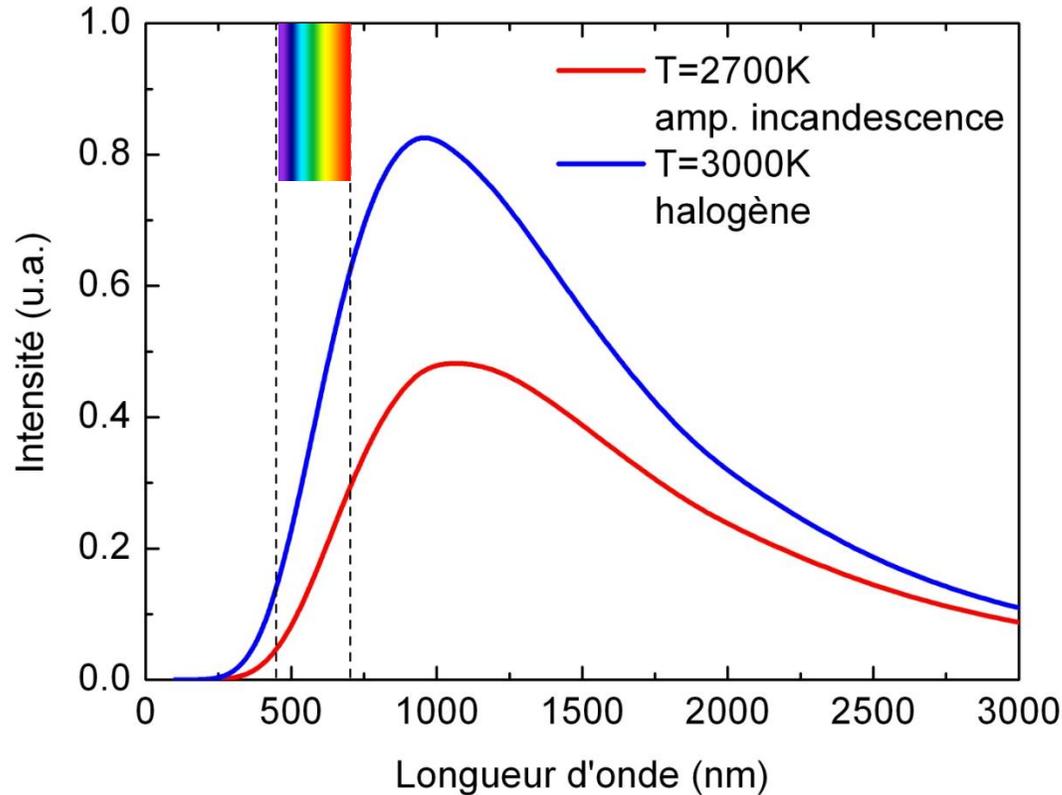


Lampe à pétrole
(1853)



Ampoule à incandescence
T. Edison (1880)

Petite histoire de l'éclairage



Ampoule & Halogène:
seulement **2 à 6%** de
l'énergie est émise
dans le visible

**94-98% de
chaleur**

Petite histoire de l'éclairage

Lampes à décharge:

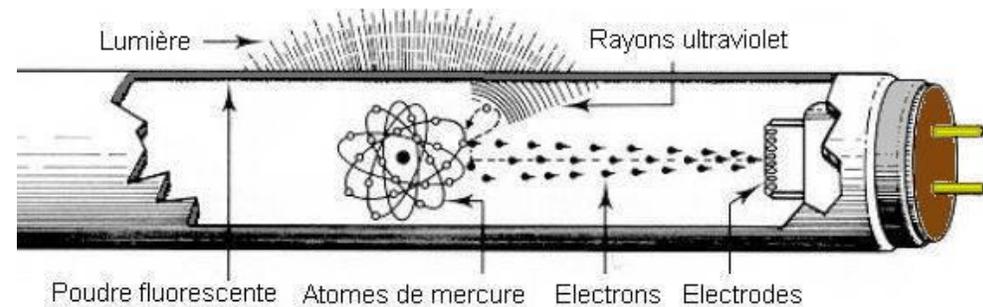


Lampe Néon - Georges Claude, (1910)



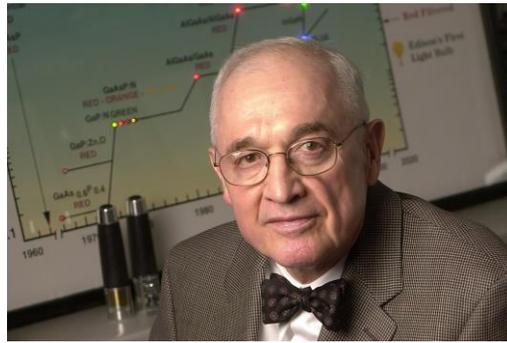
Tube Fluorescent- (1936)

+ efficaces mais + polluantes...



Invention de la LED

En 1962 par Nick Holonyak
(General Electric)



En 1968 par ingénieurs de
Monsanto



50-70% lumière

Invention de la LED

En 1962 par Nick Holonyak
(General Electric)



En 1968 par ingénieurs de
Monsanto



Applications:
indicateurs, calculateurs,
montres etc...



Invention de la LED

En 1962 par Nick Holonyak
(General Electric)



En 1968 par ingénieurs de
Monsanto



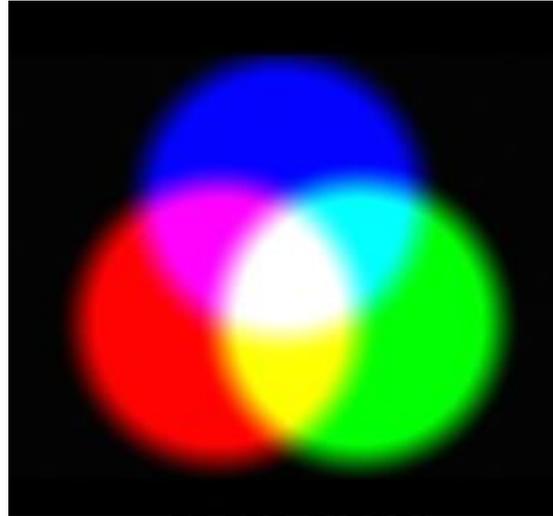
Mais pour l'éclairage il
manque:

La LED bleue!

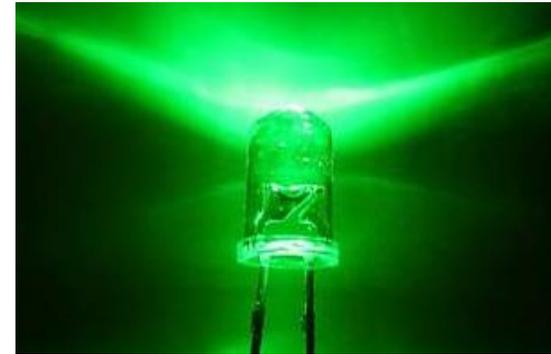


Invention de la LED

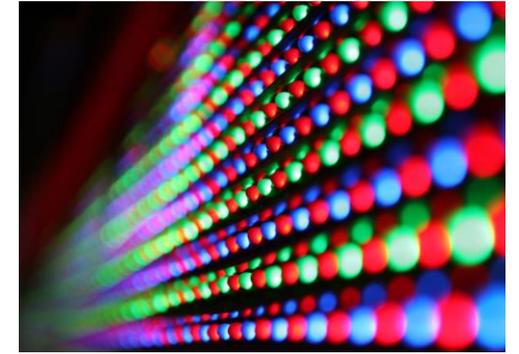
En 1962 par Nick Holonyak
(General Electric)



En 1968 par ingénieurs de
Monsanto



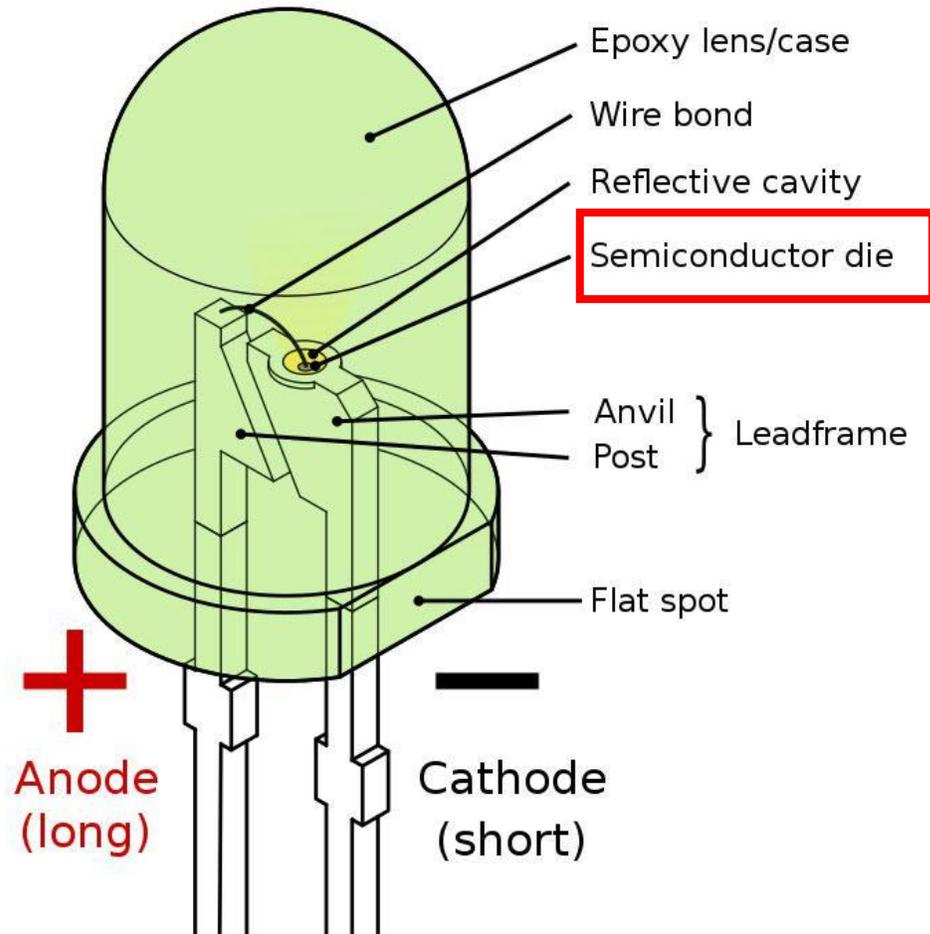
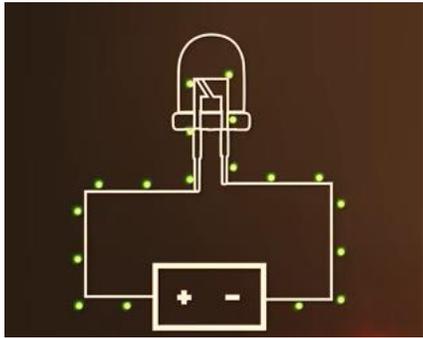
des LEDs ...on en trouve partout



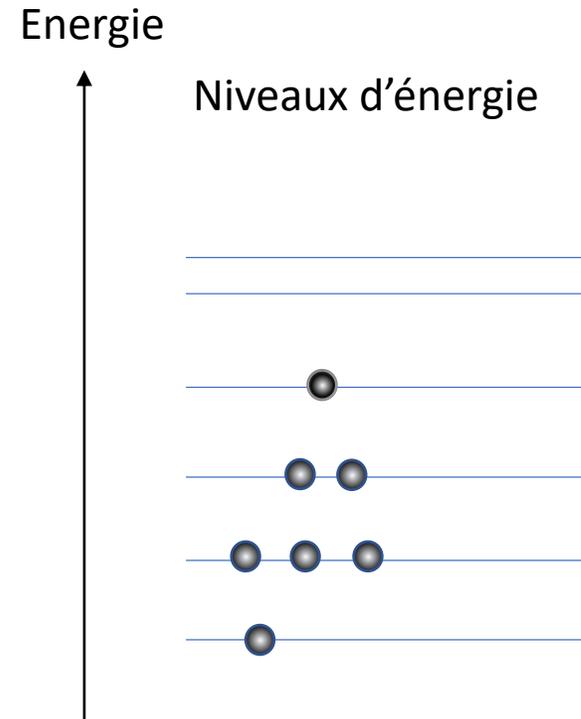
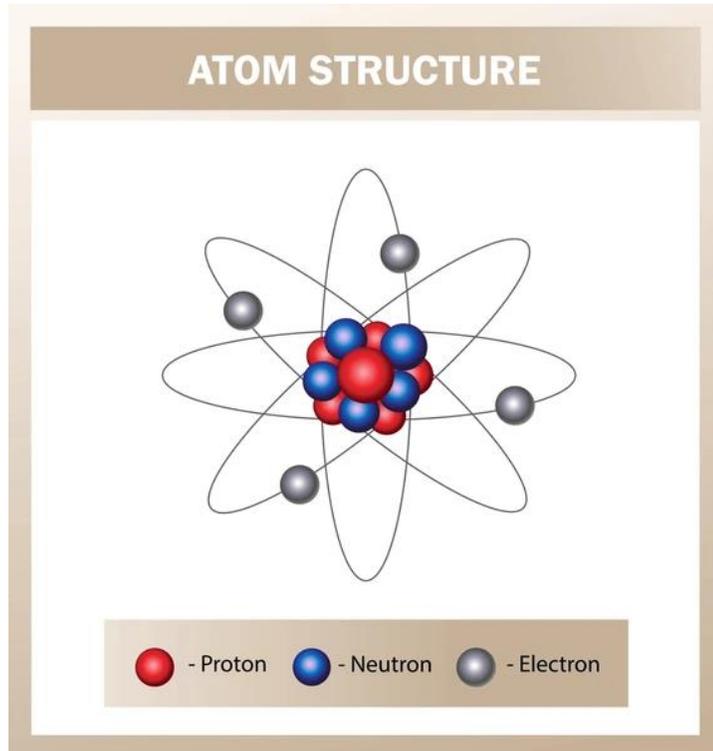
Et pourtant il fallut 30 ans pour parvenir à la LED bleue, pourquoi??



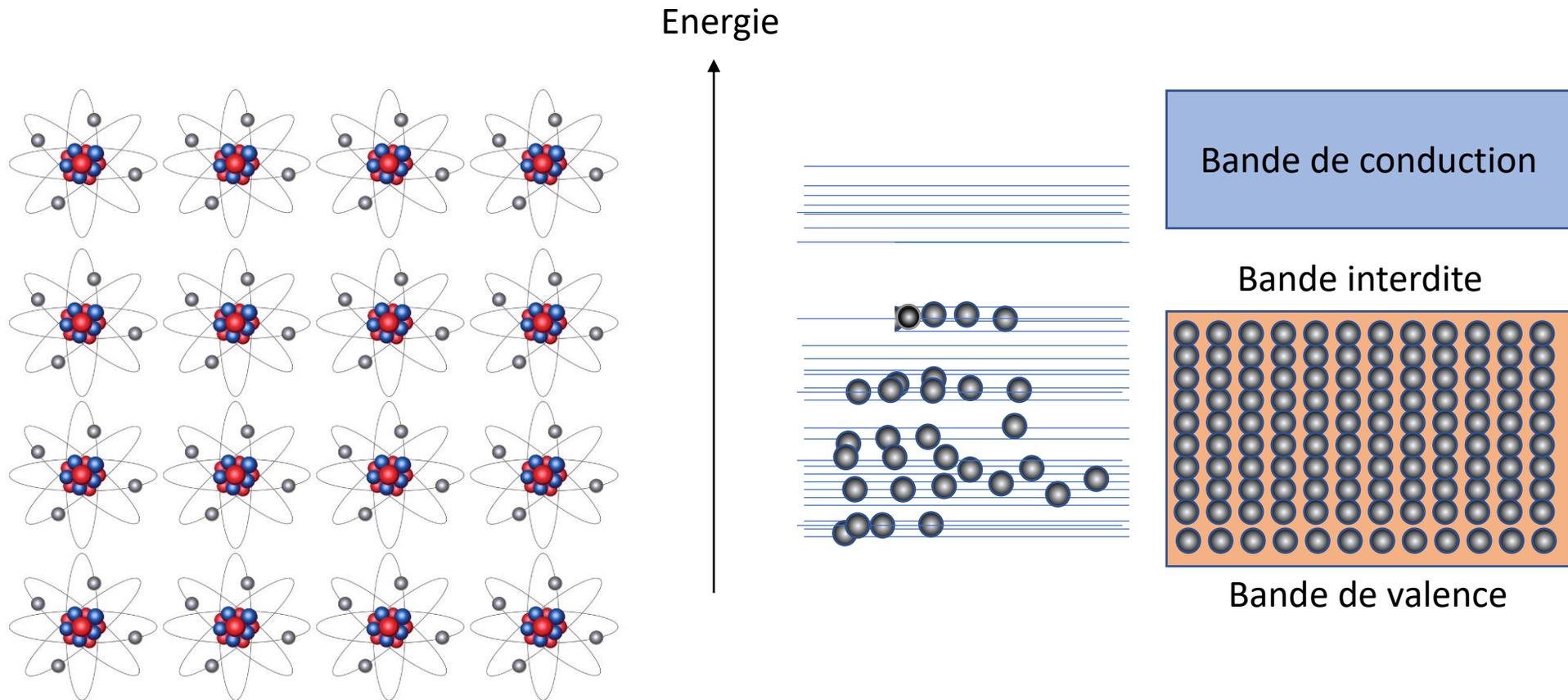
Invention de la LED: tout est une question de matériau



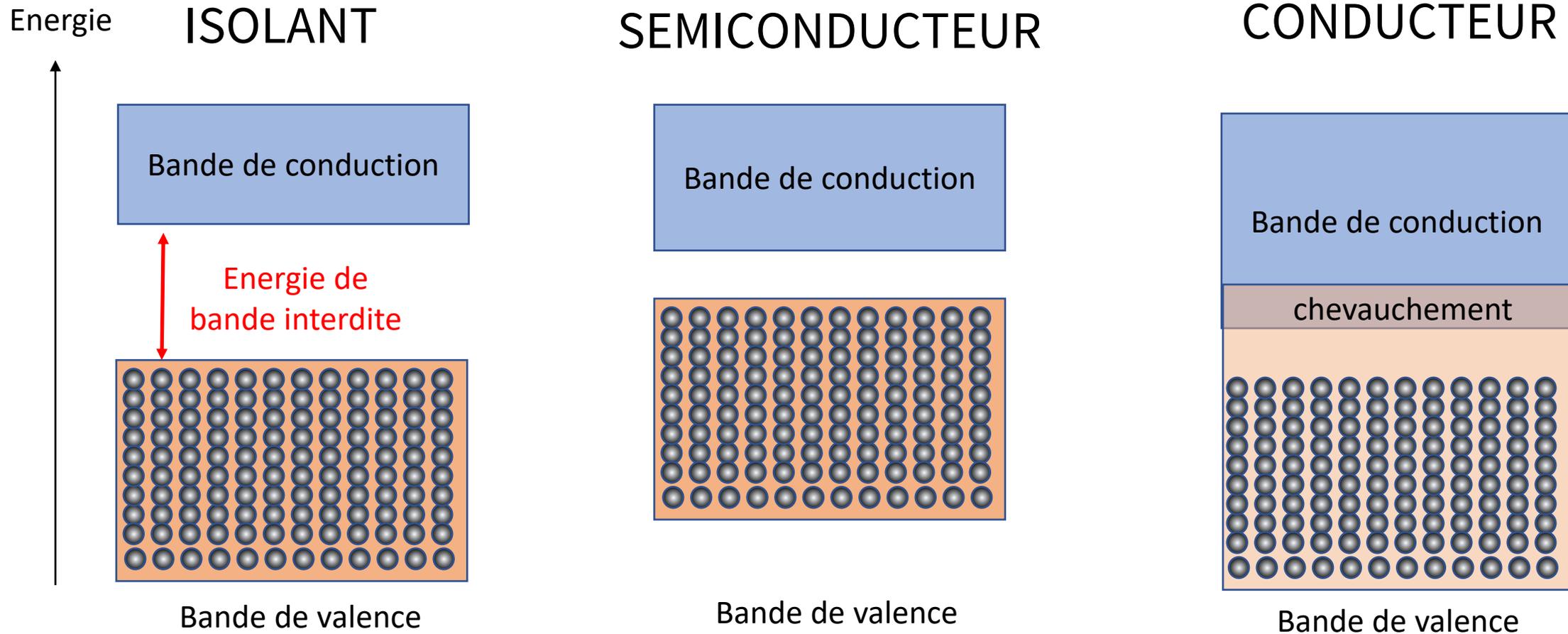
Invention de la LED: le semiconducteur



Invention de la LED: le semiconducteur

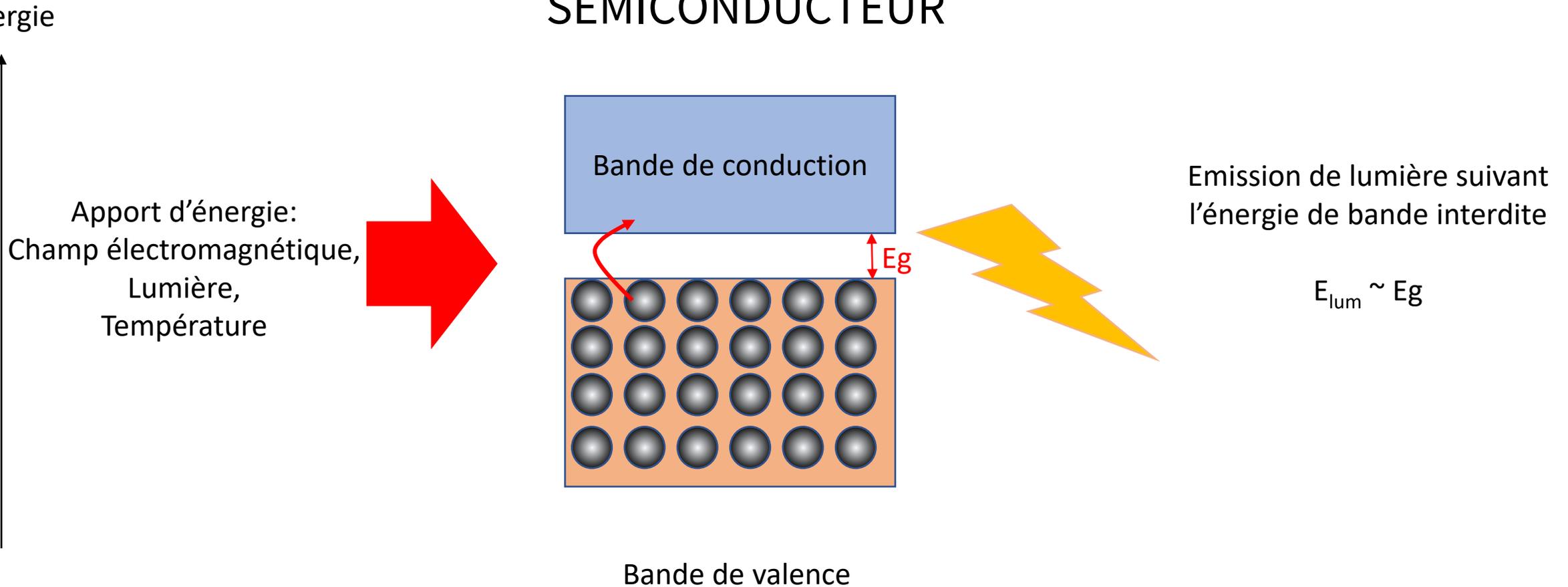


Invention de la LED: le semiconducteur



Invention de la LED: le semiconducteur

SEMICONDUCTEUR

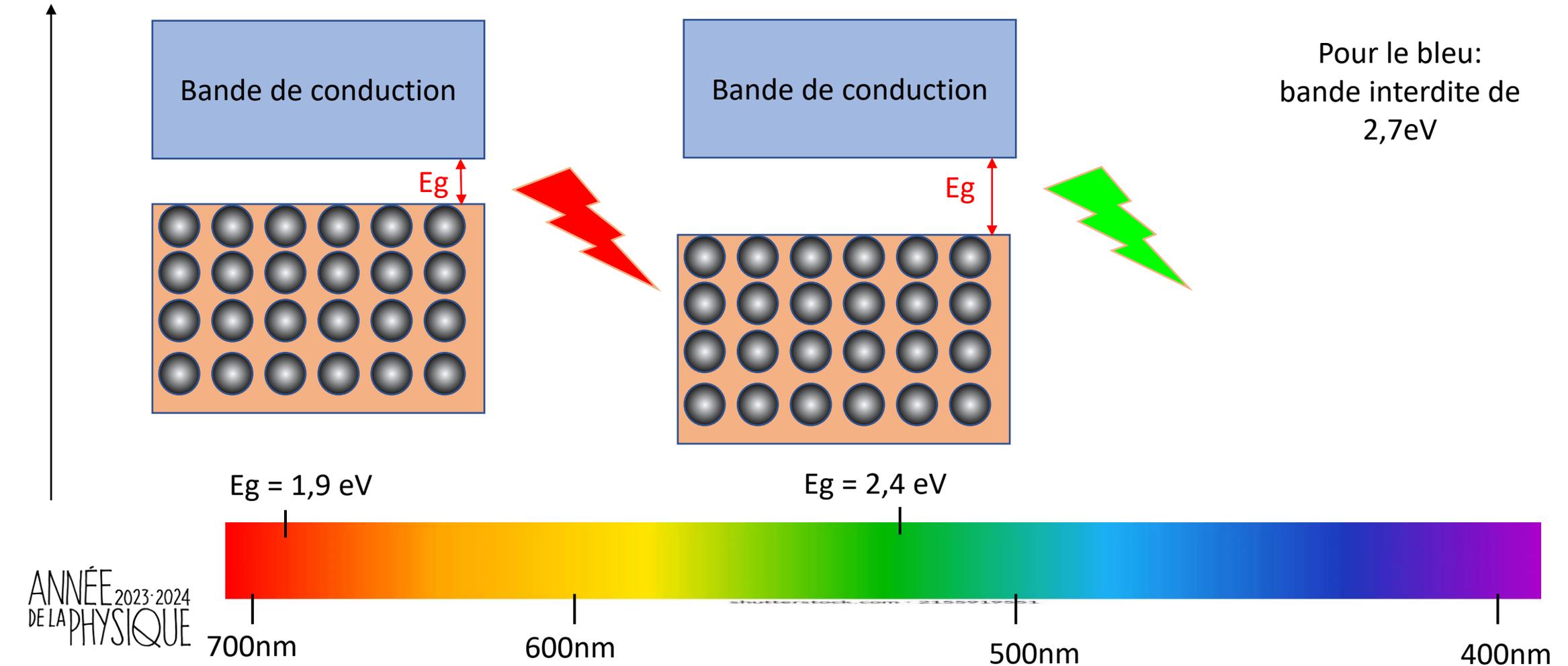


Dans un semiconducteur, si l'on apporte un peu d'énergie, les électrons peuvent atteindre la bande de conduction, conduire le courant et pour certains...émettre de la lumière

Invention de la LED: le semiconducteur

SEMICONDUCTEUR

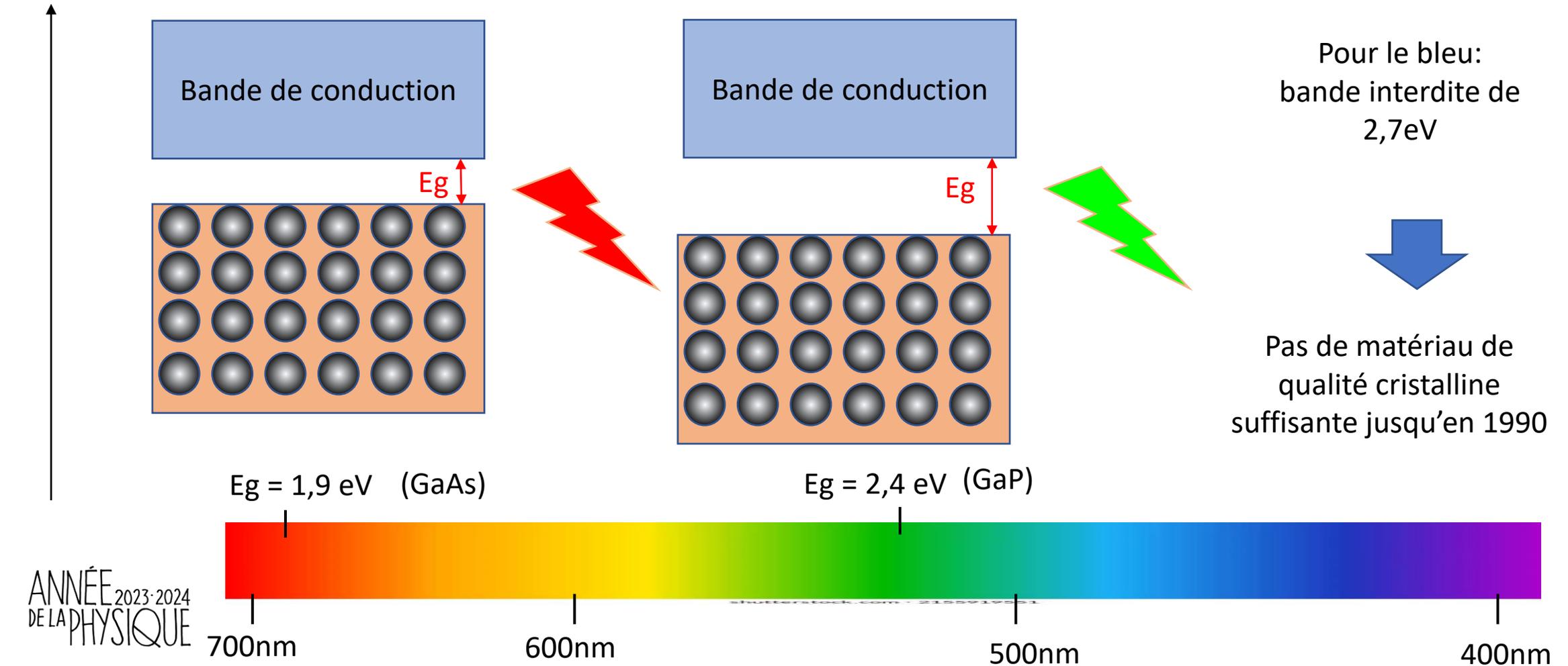
Energie



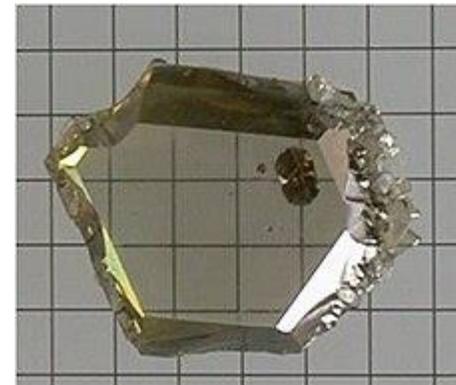
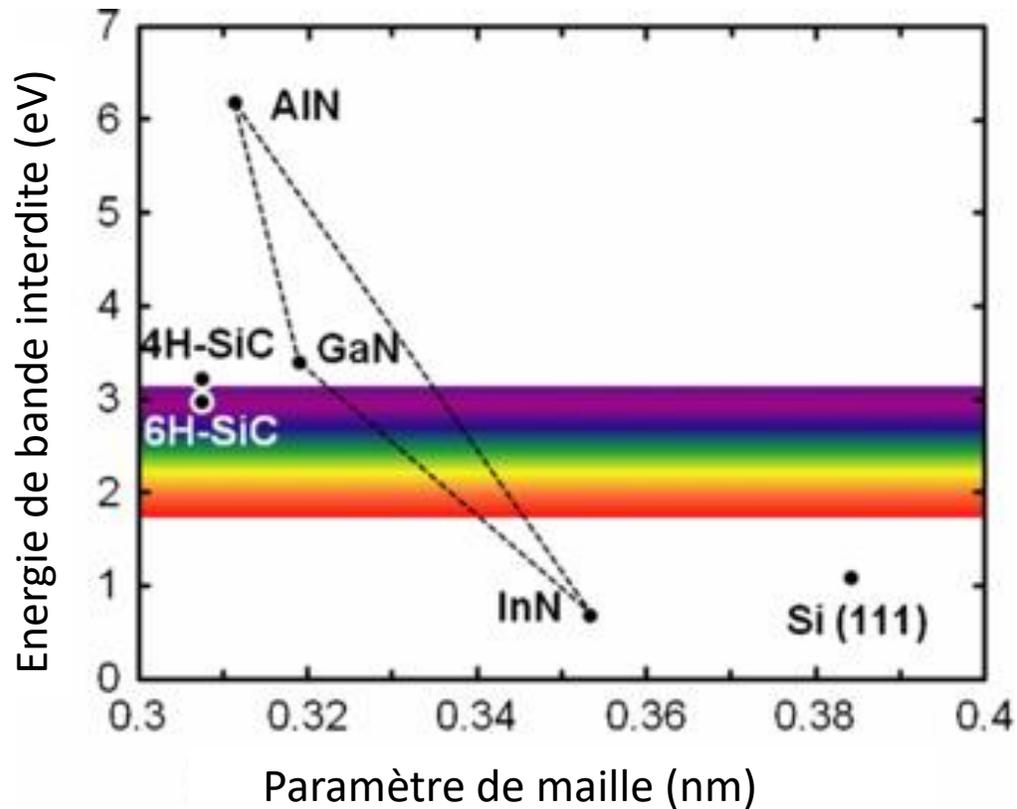
Invention de la LED: le semiconducteur

SEMICONDUCTEUR

Energie



Invention de la LED: le Nitrure de Gallium



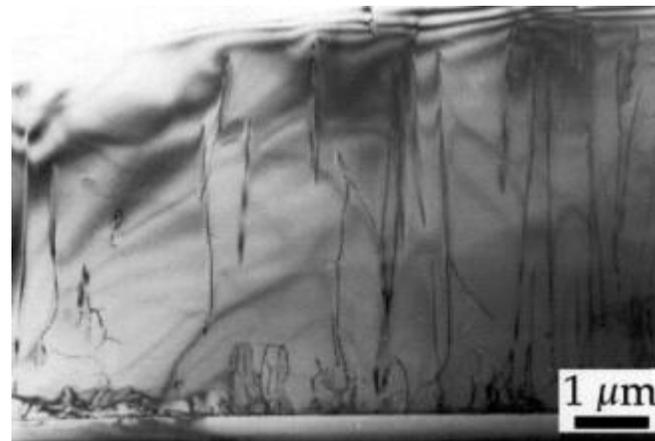
Cristal de GaN rare et cher
→ Dépôt sur support (ou « substrat »)



Très grande densité de dislocations ($>10^{10} \text{ cm}^{-2}$)



Faible performance



substrat



Longueur d'onde: 380-450-540 nm (proche UV, bleu, vert)

Invention de la LED: le Nitrure de Gallium



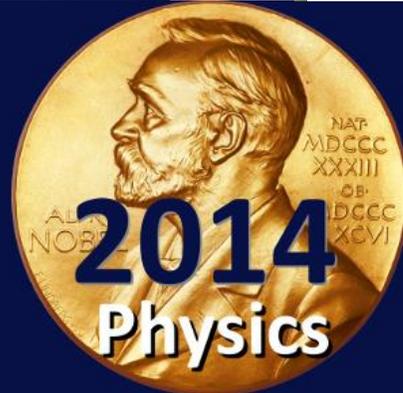
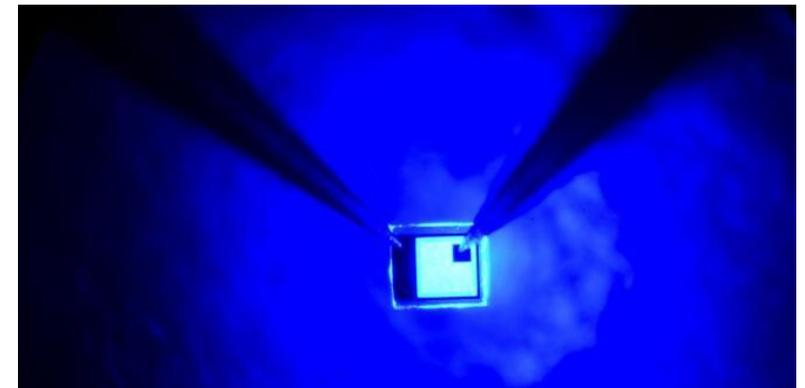
Dr. Isamu Akasaki

Dr. Hiroshi Amano

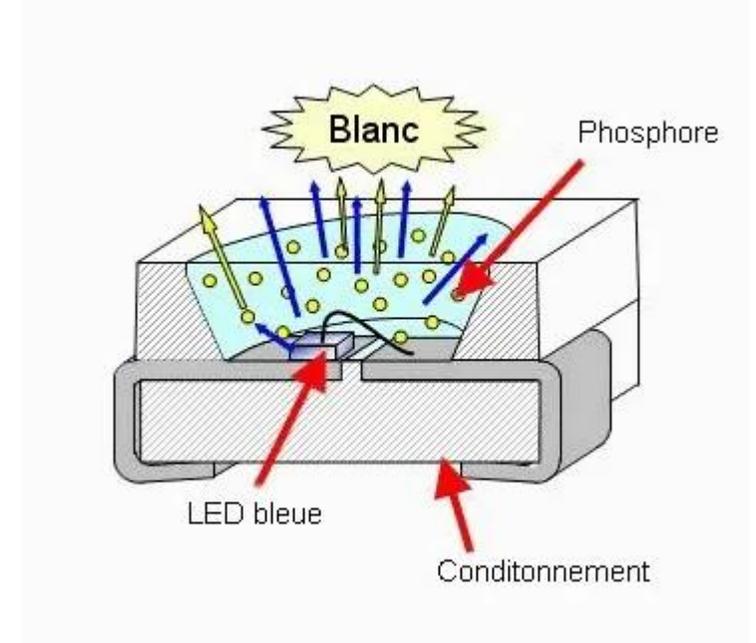
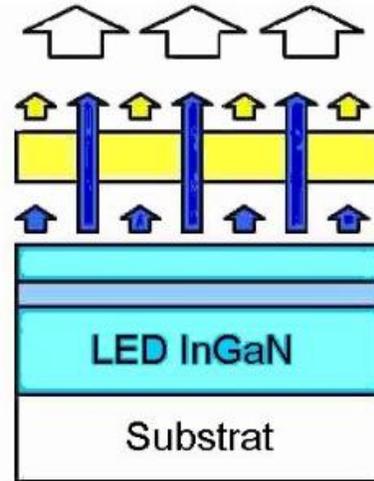
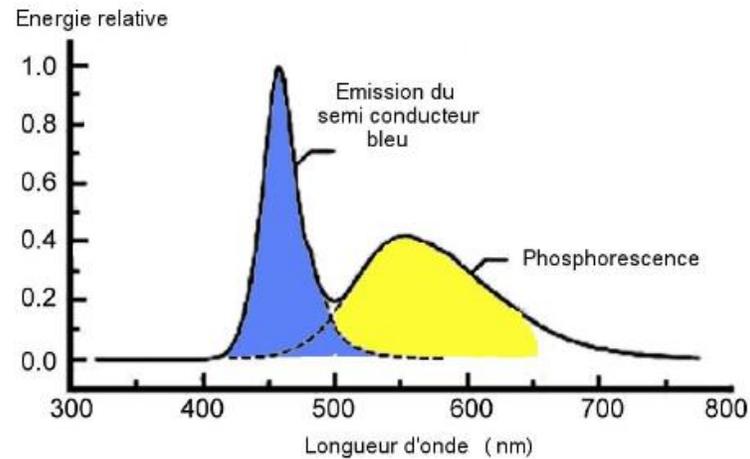


Shuji Nakamura

- ✓ Ont réussi la « croissance cristalline de GaN »
- ✓ Sont parvenus à la première LED bleue à base d' InGaN en 1992



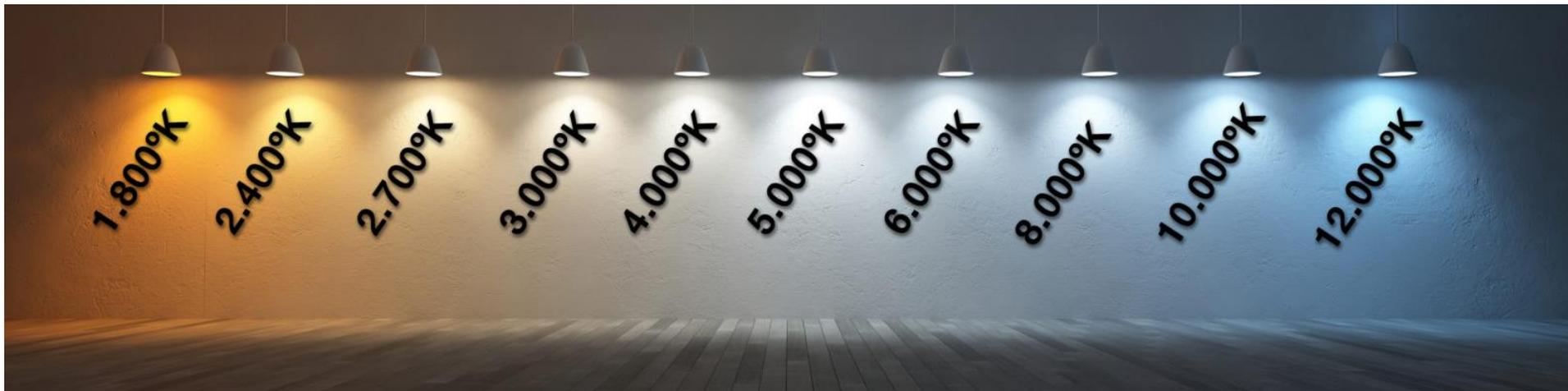
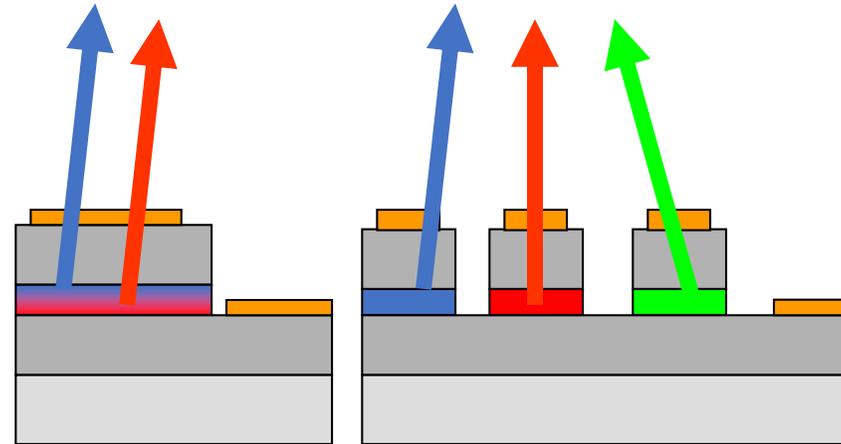
Invention de la LED: 1996: du bleu au blanc



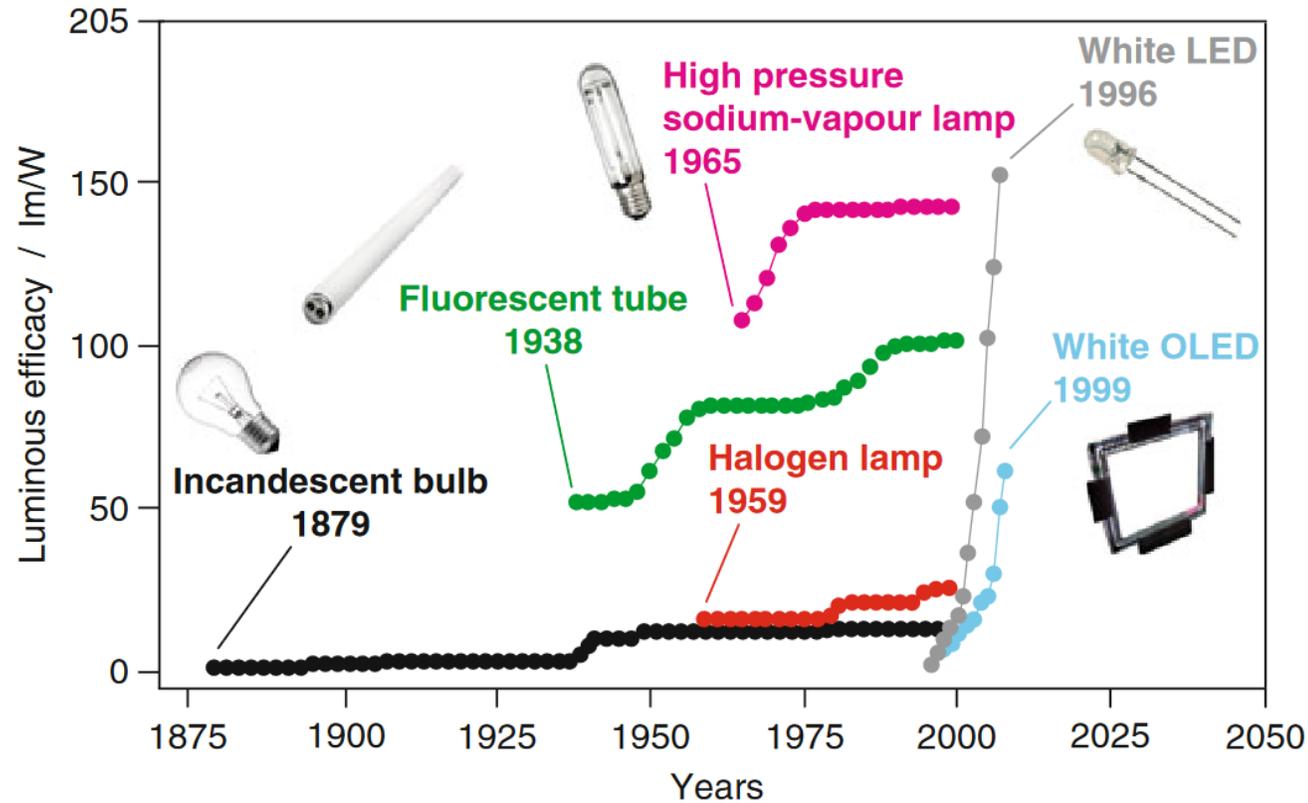
Invention de la LED: 1996: du bleu au blanc

Approche intégrée :

Emission directe des 3 couleurs primaires



Avantage de la LED



2 points remarquables: en y la performance très élevée,
en x la rapidité de l'évolution (**révolution**)

Avantage de la LED

Durée de vie (en heure)



Tungsten
800



Halogen
5000



CFL
5000



LED
50000



OLED
20000

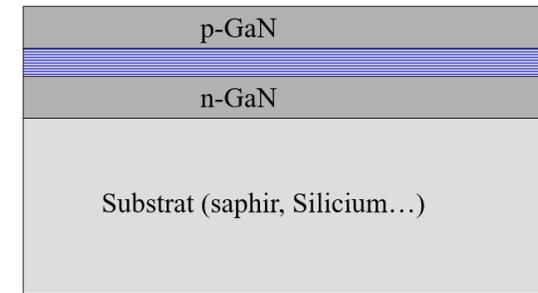
Là encore, un énorme avantage pour les LEDs

1: Epitaxie (croissance cristalline) des matériaux (couches actives) sur un substrat

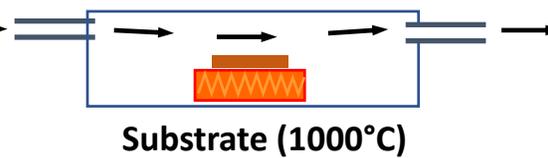
Epitaxie

Structure

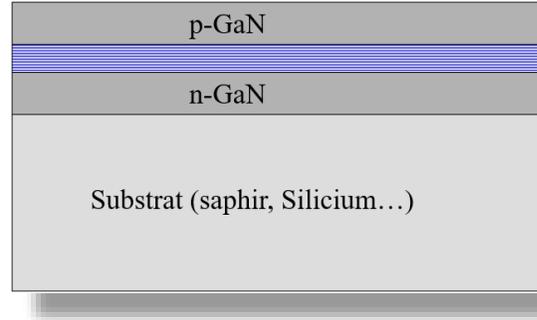
Substrat



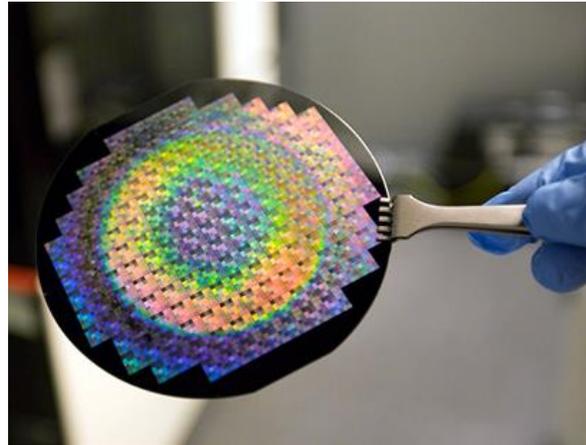
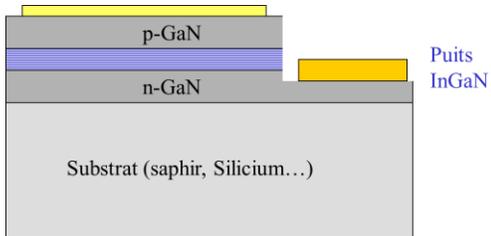
Carrier gaz: N_2 , H_2
Precursors :
TMGa, TMAI, TMIIn,
 NH_3 , SiH_4



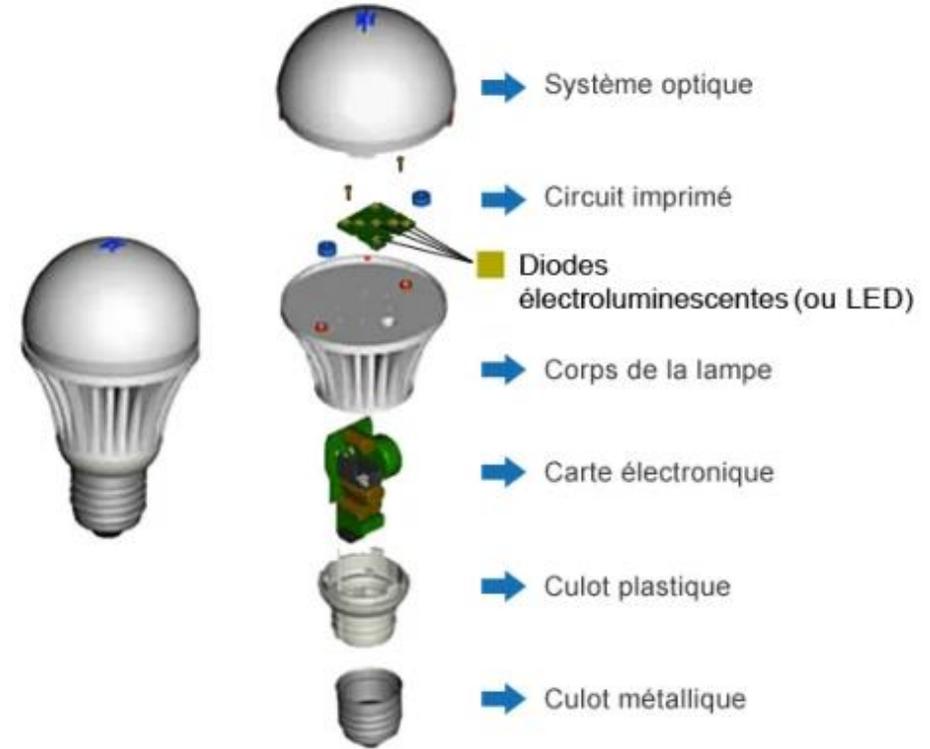
1: Epitaxie (croissance cristalline) des matériaux (couches actives) sur un substrat



2: Fabrication des composants en salle blanche



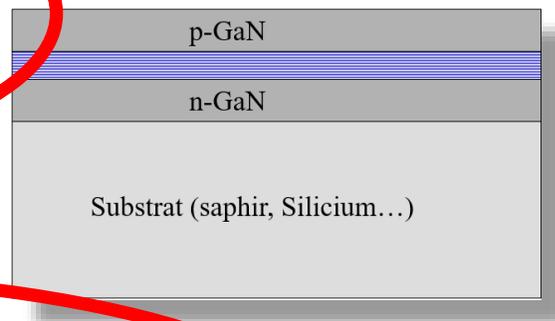
3: Packaging et intégration



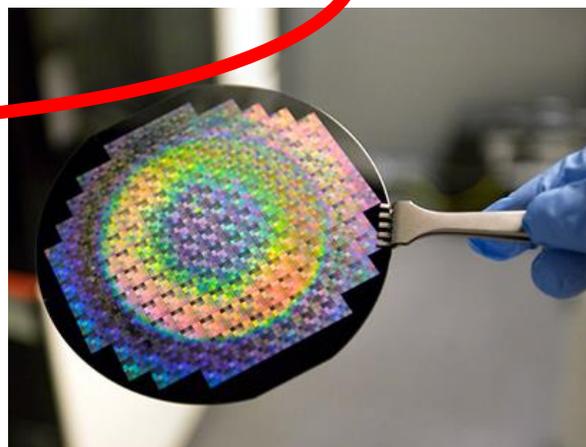
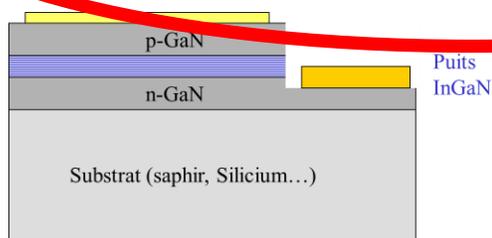
Sur un substrat de 100mm de diamètre :

10 000 – 100 000 DELs (OSRAM)

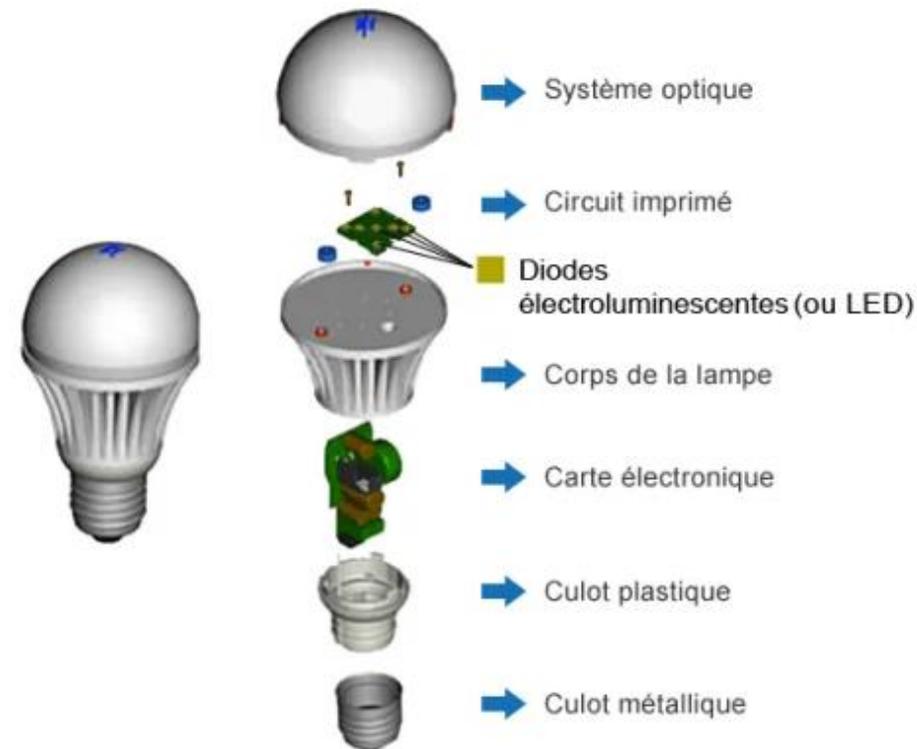
1: Epitaxie (croissance cristalline) des matériaux (couches actives) sur un substrat



2: Fabrication des composants en salle blanche



3: Packaging et intégration



Sur un substrat de 100mm de diamètre :

10 000 – 100 000 DELs (OSRAM)

CRHEA : Centre de **R**echerche sur l'**H**étéro**E**pitaxie et ses **A**pplications

Unité mixte du CNRS - Sophia-Antipolis

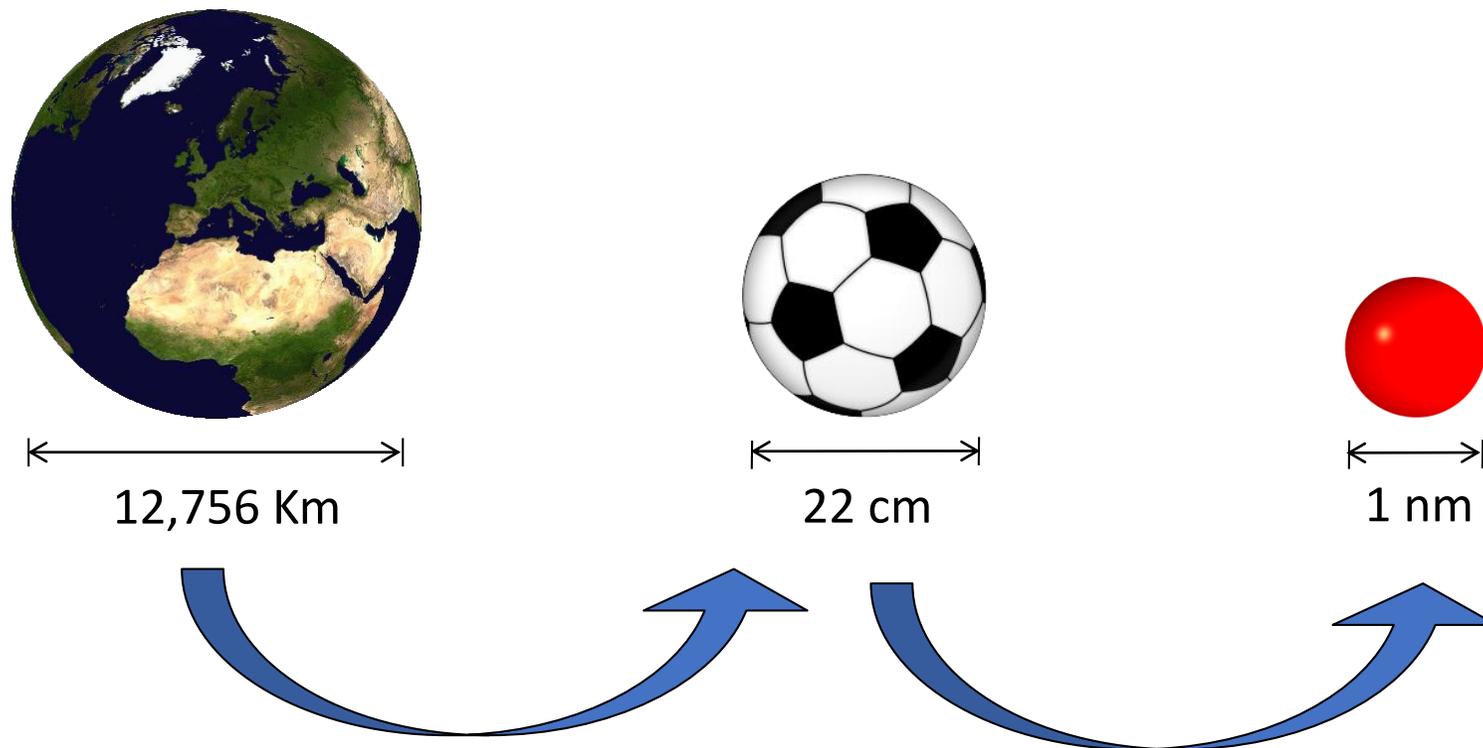
Environ 50 membres :

- 17 Chercheurs
- 20 Ingénieurs et Techniciens
- 15 Post-Doctorants, Doctorants et Stagiaires

<http://www.crhea.cnrs.fr/crhea/>



1 nanomètre ça représente quoi??

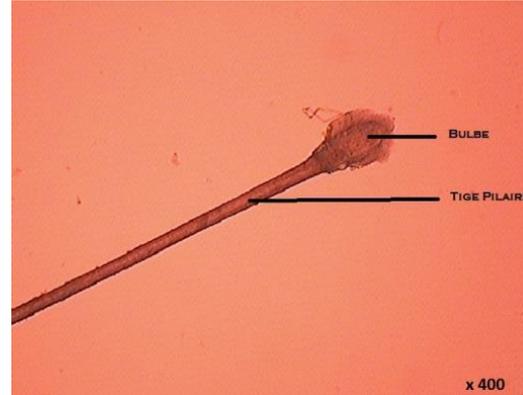


10 millions
de fois plus petit

1 billion
de fois plus petit

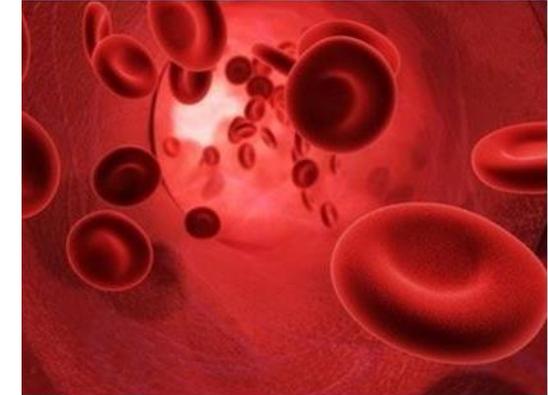
L'échelle Nano

Quelques
ordres
de grandeurs...



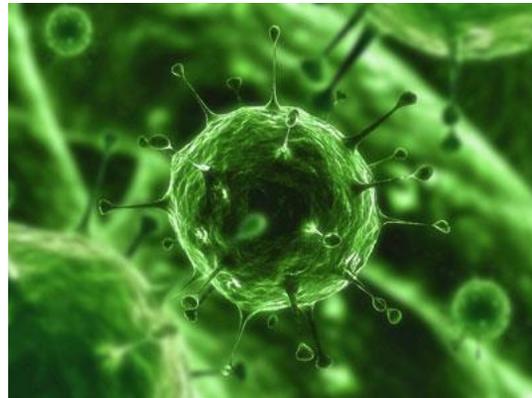
cheveu

≅ 50000nm de diamètre



globule rouge

≅ 1000-5000nm de diamètre



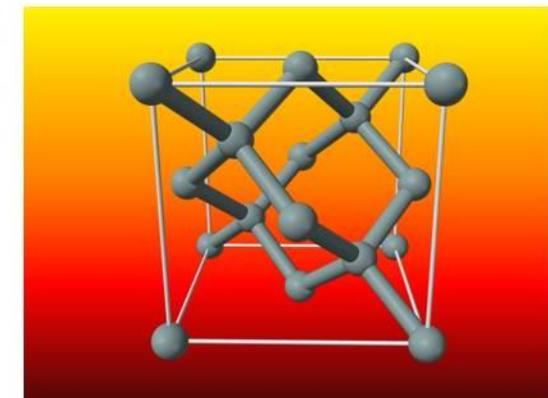
virus

≅ 100-500nm de diamètre



molécule d'ADN

≅ 2-10nm



maille de Silicium

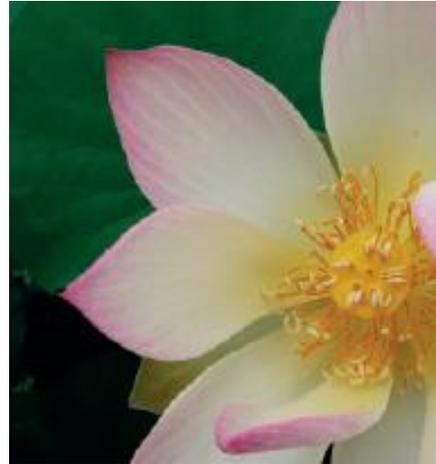
≅ 0.54nm

Dans la nature...



Tressage nanométrique

Résistance, capacité d'allongement, légèreté



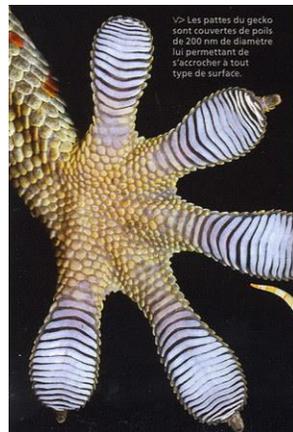
Nanopointes rigides

Éliminent l'adhérence des gouttes d'eau



Nanoparticules errantes

Poussières volcaniques



Nanopoils : adhérence incroyable.

Ils se collent aux parois par des interactions électrochimiques,, qui se produisent lorsque deux molécules s'approchent à des distances de l'ordre du nanomètre.

...et nos objets du quotidien



**Nanoparticules de silice
pour réduire l'usure**



**Fines couches pour
augmenter la solidité**



**Nanoparticules d'oxyde de zinc
pour protéger des rayons UV**



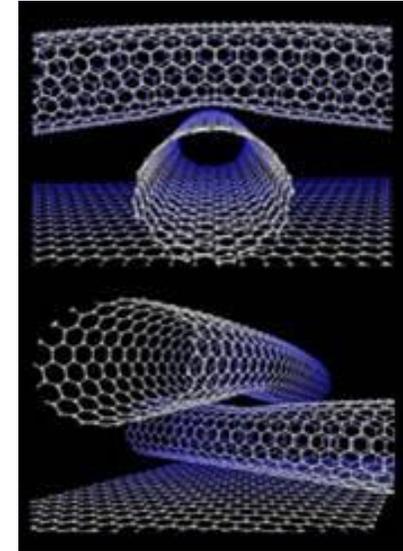
**Nanoparticules de Fer/Carbonne pour
réduire les frictions**



**Nanoparticules diverses
pour augmenter la conservation**

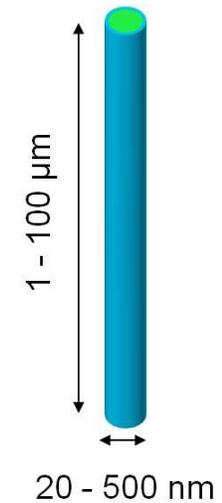
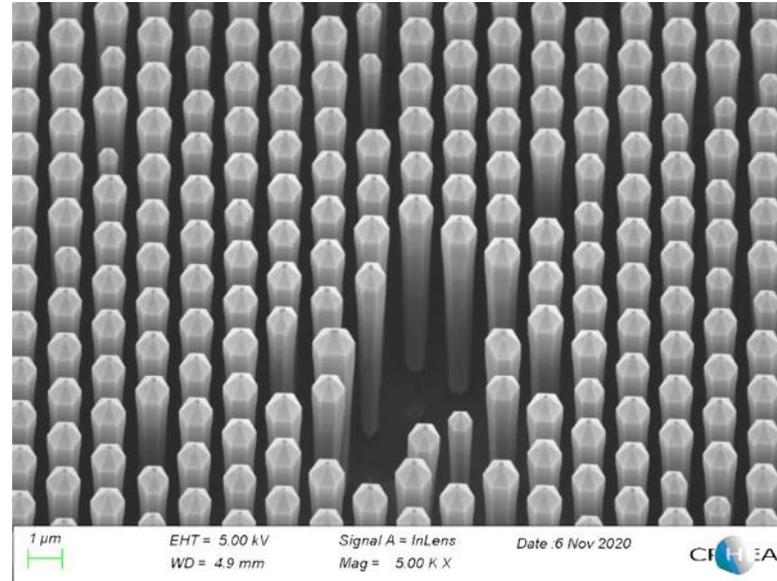
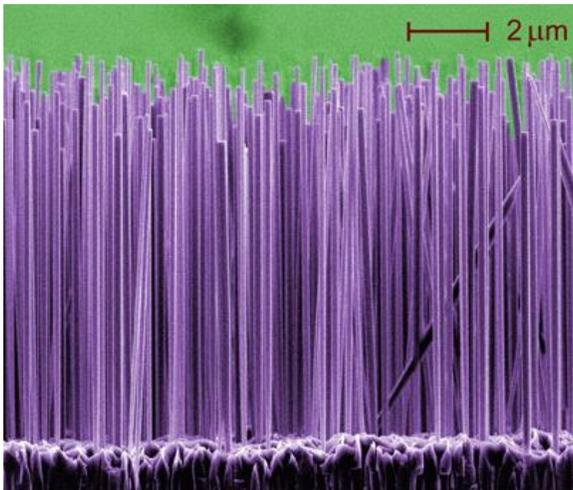
Pourquoi utiliser des Nano-objets:

- certaines propriétés de la matière dépendent la taille :
 - chimiques (catalyse)
 - électronique (conductivité)
 - optiques (couleur, rendement,...)
 - mécanique (dureté, adhésion,...)
- les lois de la physique classique ne s'appliquent plus et de nouveaux effets apparaissent (physique quantique).
- influence des surfaces libres (ratio surface/volume)



**nanotube
de carbone**

Un exemple d'applications à partir de nano-objets : **Nanofils semiconducteurs**



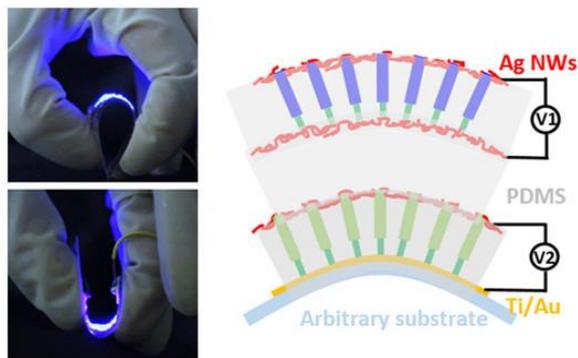
- ✓ contrôle de la densité, de la position, et de la taille des nanofils
- ✓ très grand rapport surface/volume
- ✓ **absorption et extraction de la lumière importantes**

LEDs à Nanofils... pour l'éclairage

- microLEDs (microdisplay):



- Leds flexibles:



Dai et al. Nanolett. 15, 6958 (2015)

Flexible display

Wearables

LEDs à Nanofils...pour les applications médicales

Optogénétique: Technique rendant les cellules (neurones) sensibles à la lumière

activation d'une protéine photosensible
(ex: ChR2, NpHR)



Contrôle de l'activation neuronale

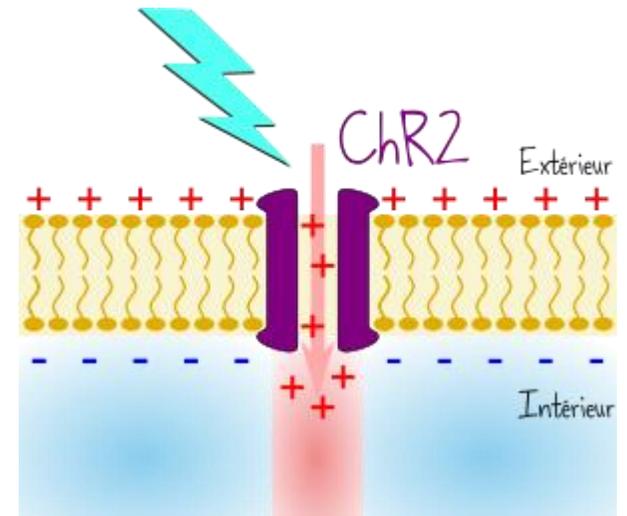


Compréhension des réseaux neuronaux



Pistes thérapeutiques

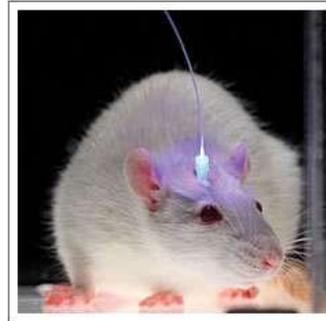
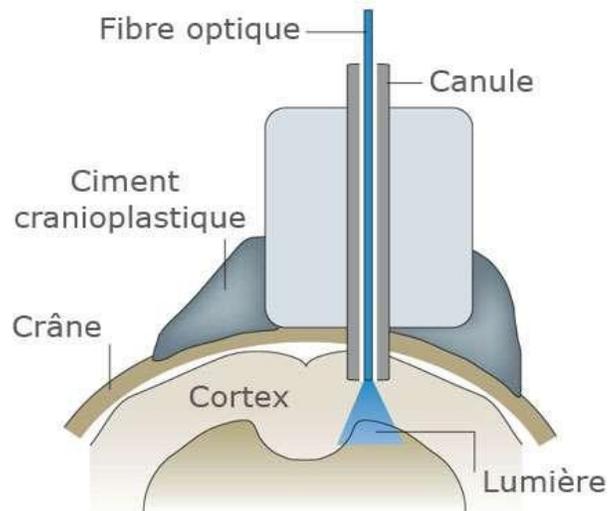
- maladies neurodégénératives (ex: Parkinson) , dépression
- Traitement de la cécité, de la surdité ...



LEDs à Nanofils...pour les applications médicales

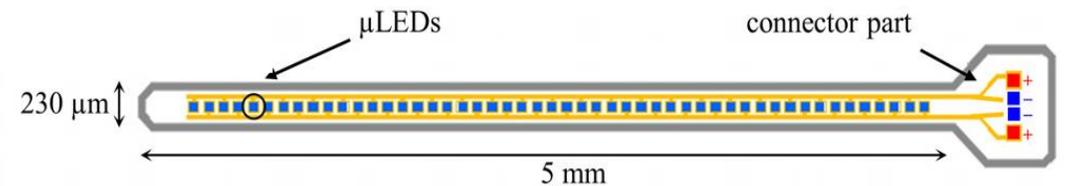
➤ Les sources lumineuses utilisées:

- Fibre optique

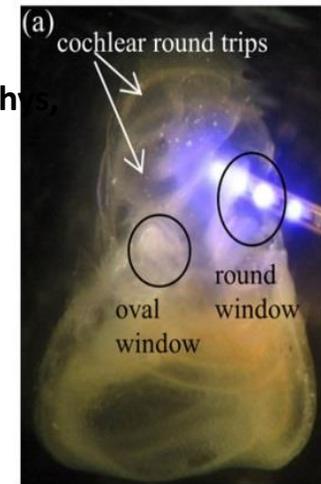


- ⚡ Encombrement
- ⚡ Faible résolution
- ⚡ Pas d'enregistrement du signal

- matrice de LEDs



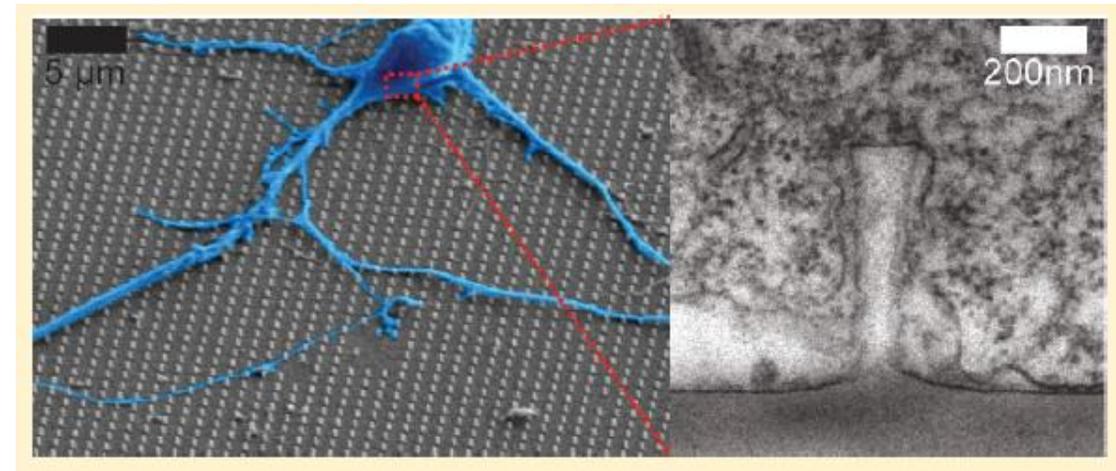
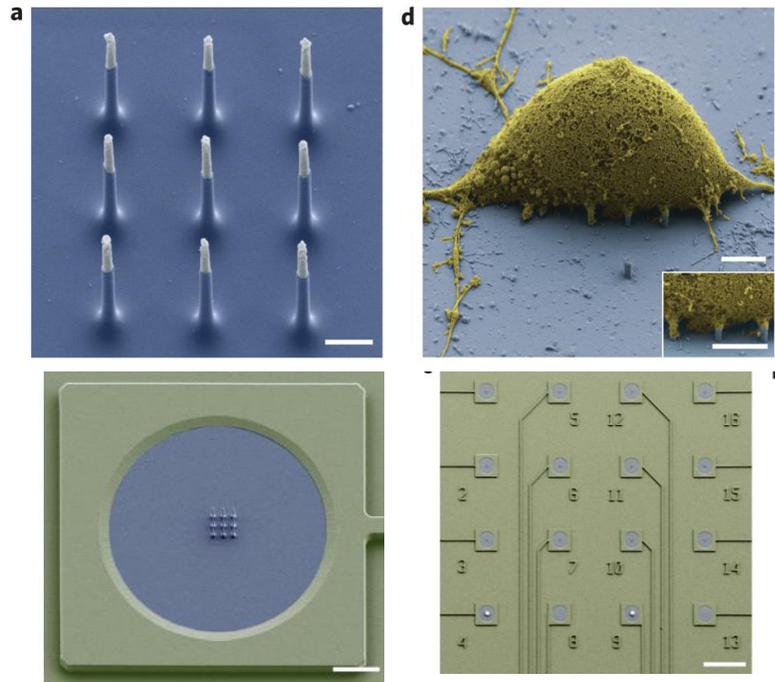
Gossler et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 205401 (2014)



- ⚡ Chauffage local de la cellule
- ⚡ Résolution spatiale encore limitée

LEDs à Nanofils...pour les applications médicales

- moins encombrant
- Meilleure interaction nanofils/neurones



L. Hanson et al, Nanolett (2012)



- ✓ la LED blanche constitue une source lumineuse efficace et économe en énergie
- ✓ Les Micro et Nanotechnologies permettent de repousser les limites des applications

MAIS



**Garder son sens
critique !!**

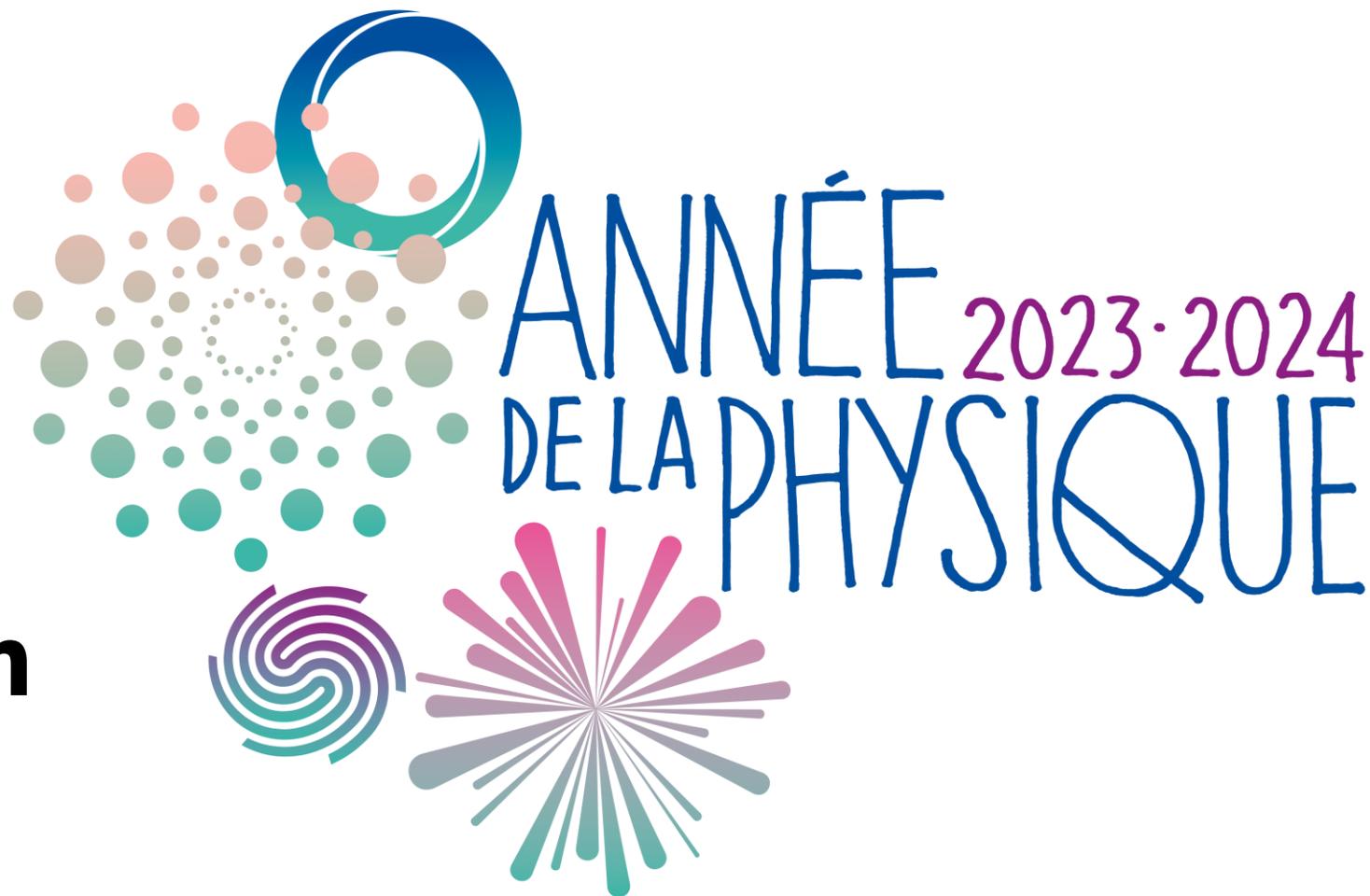
- un tiers de l'humanité ne voit plus la voie lactée; perte d'habitat naturel chez les animaux..



- Implants cérébraux à usage thérapeutique ou récréatif??



**Merci pour
votre attention**



#AnnéePhysique
anneedelaphysique.cnrs.fr

