

Els nanomaterials per a la transició energètica

Xavier Obradors

Institut de Ciència de Materials de Barcelona

ICMAB-CSIC

Campus UAB, Bellaterra

Augment de la temperatura de la Terra

1°C

Variació de la temperatura mitjana de la terra
y el mar respecte a la mitjana 1910-2000

0,5°C

0,0

-0,5°C

Informes IPCC

1900

1920

1940

1960

1980

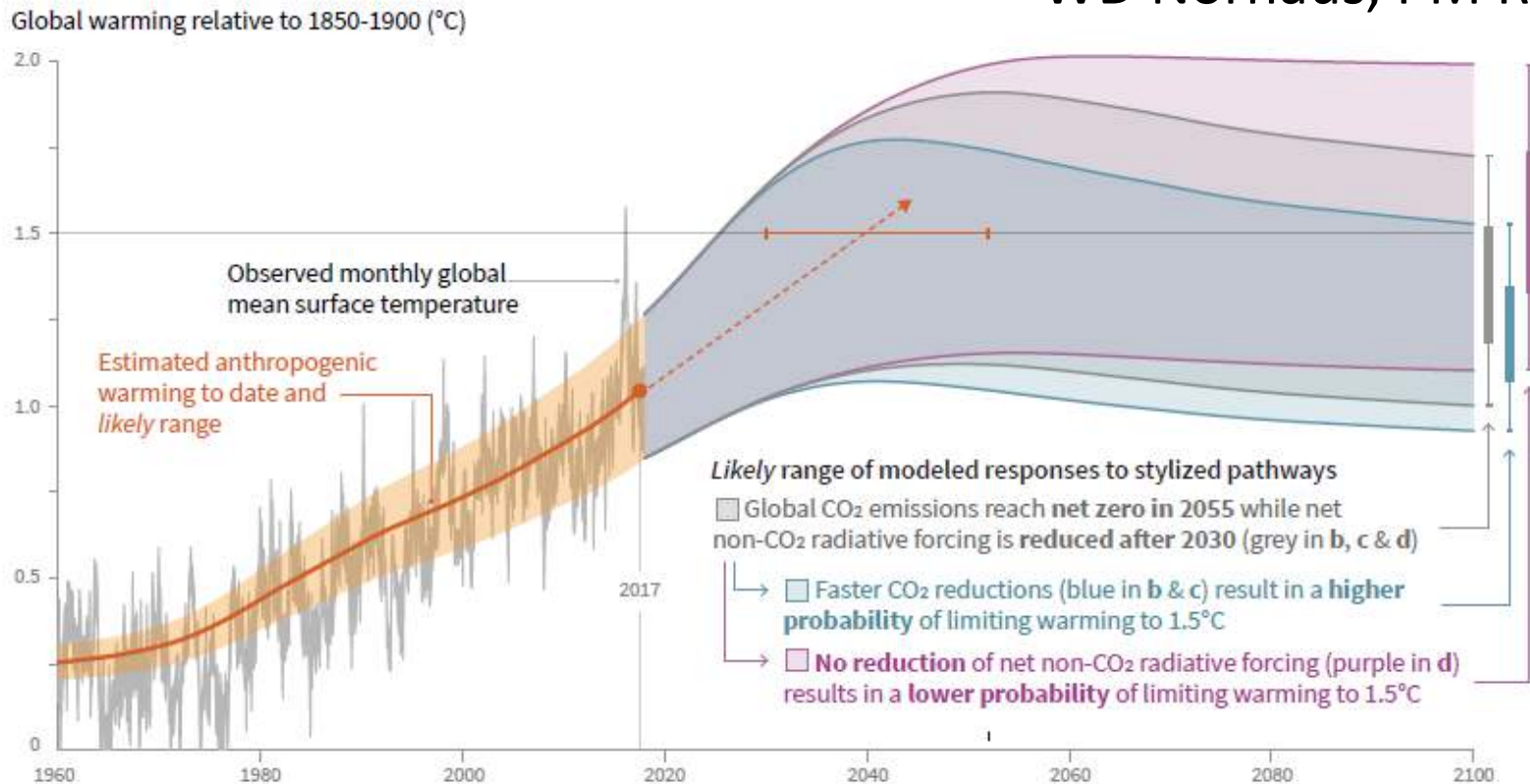
2000

- Augment temperatura: $>+1.0$ °C en un segle (correlació CO_2)
- Tendència continuada fins a l'actualitat (2018)

Estabilització del canvi climàtic:

emissions CO₂

- IPCC 2018
 - Nobel Economia 2018
- WD Norhaus, PM Romer



Estabilització CO₂ : <5 GTm(CO₂)/any
(reducció 1/10 vs actual)

Producció individual CO₂
<1 Tm/persona-any

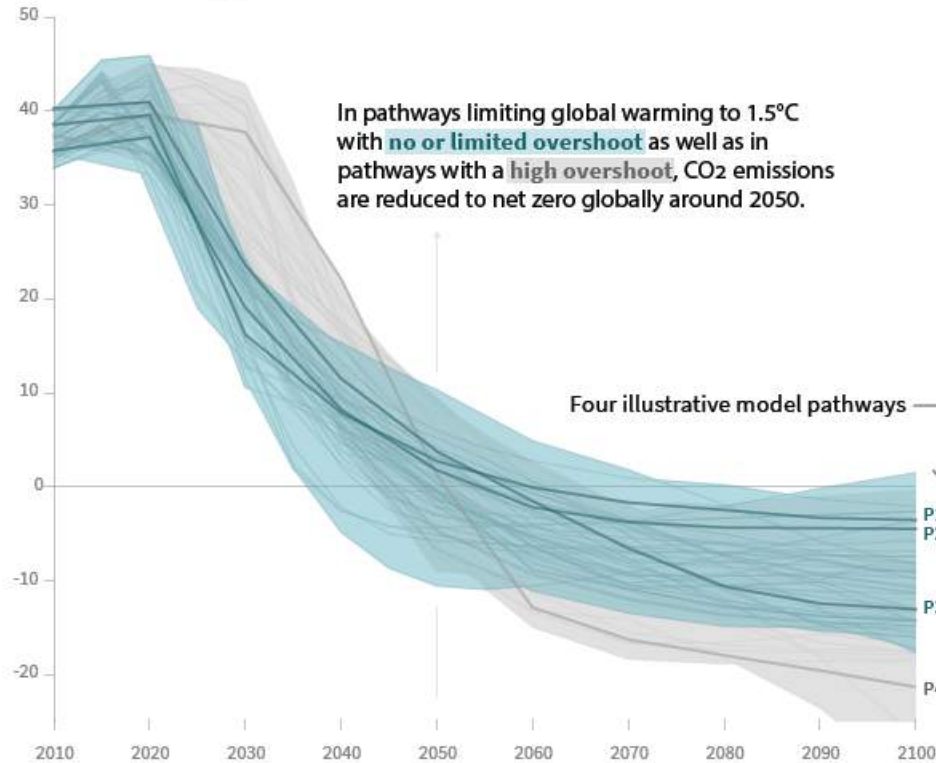
Estabilització del canvi climàtic:

emissions CO₂

- IPCC 2018
 - Nobel Economia 2018
- WD Norhaus, PM Romer

Global total net CO₂ emissions

Billion tonnes of CO₂/yr

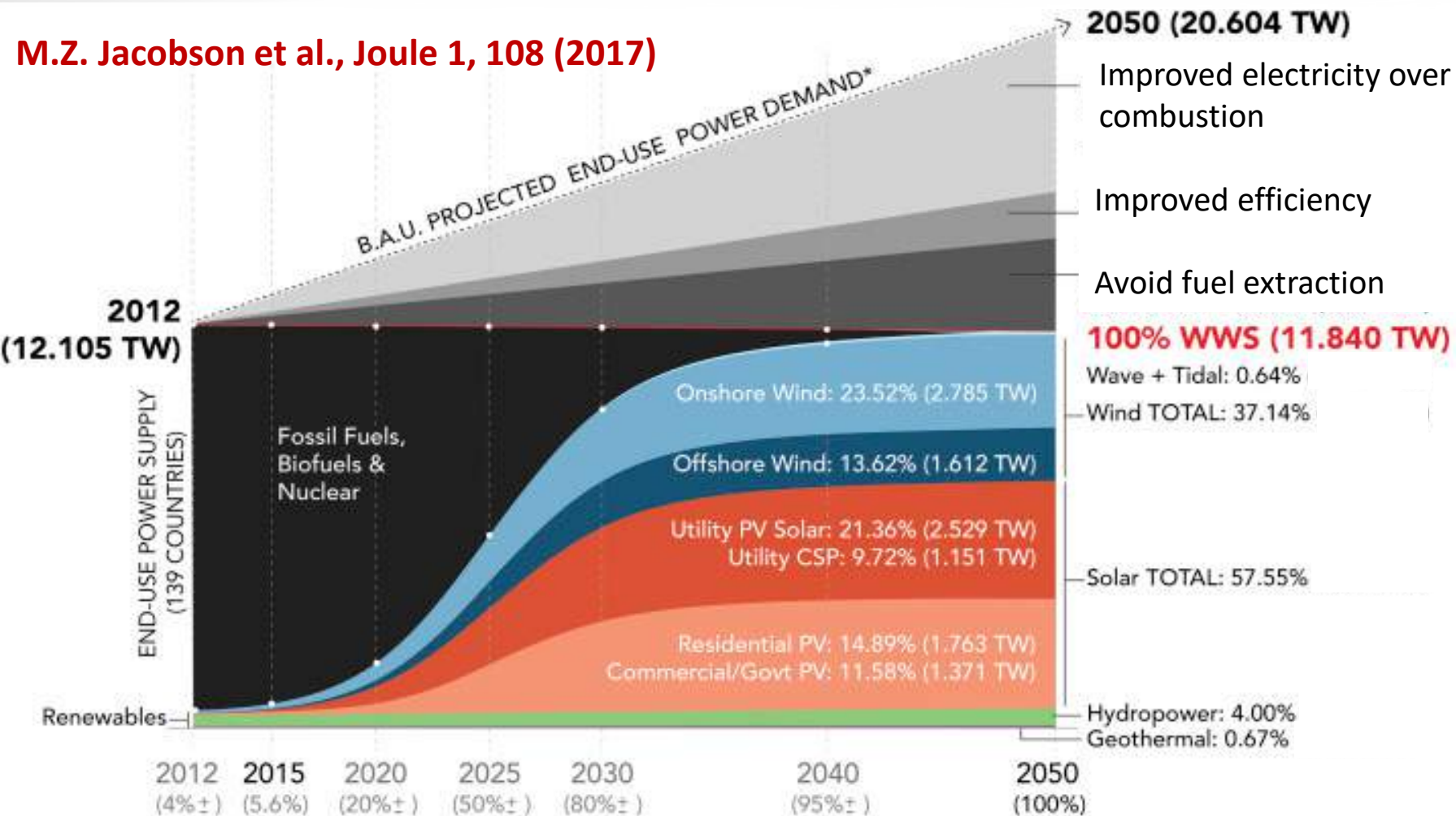


Estabilització CO₂ : <5 GTm(CO₂)/any
(reducció 1/10 vs actual)

Producció individual CO₂
<1 Tm/persona-any

Full de ruta transició energètica

M.Z. Jacobson et al., Joule 1, 108 (2017)

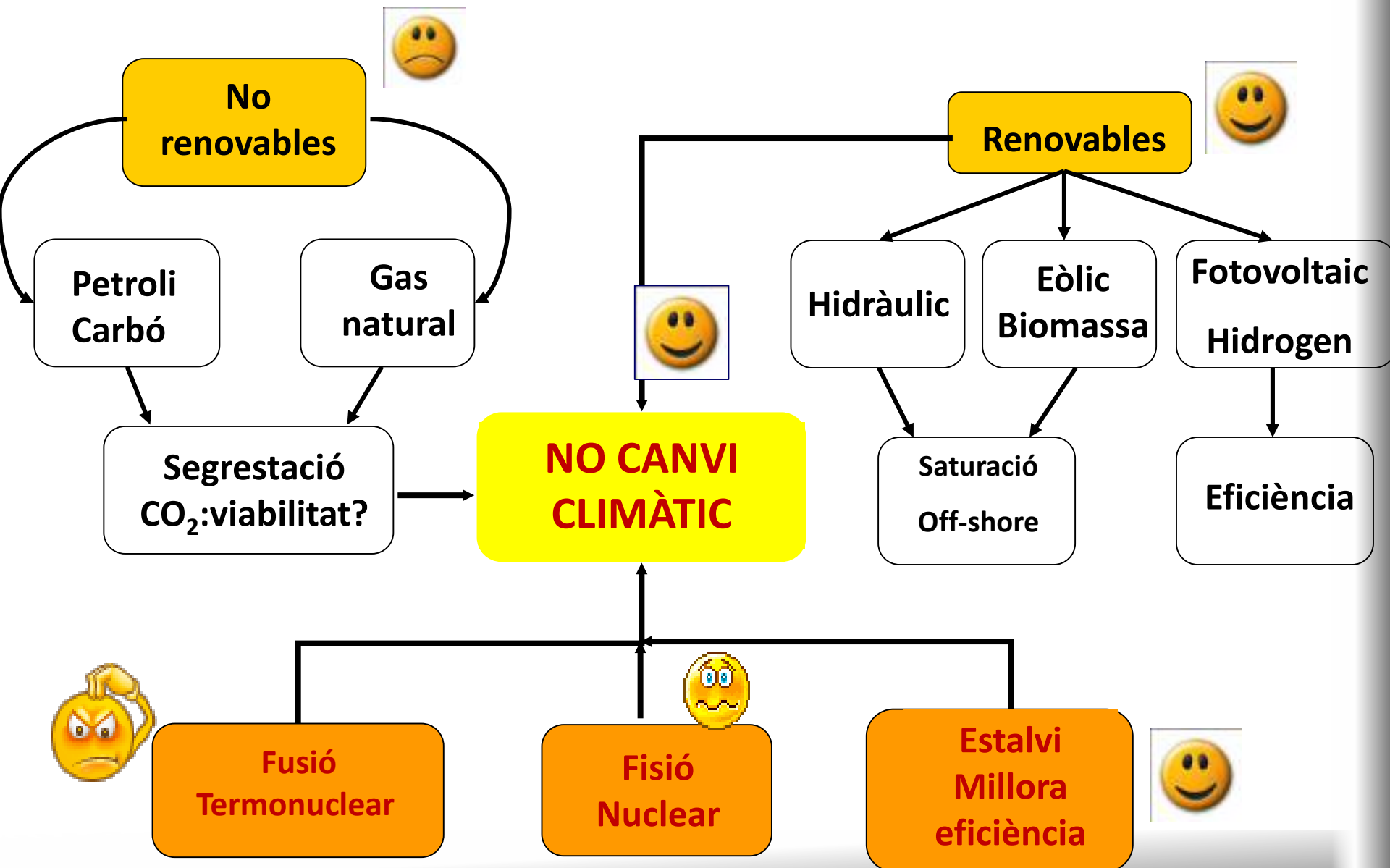


Projected Power Supply & Demand, 139 Countries

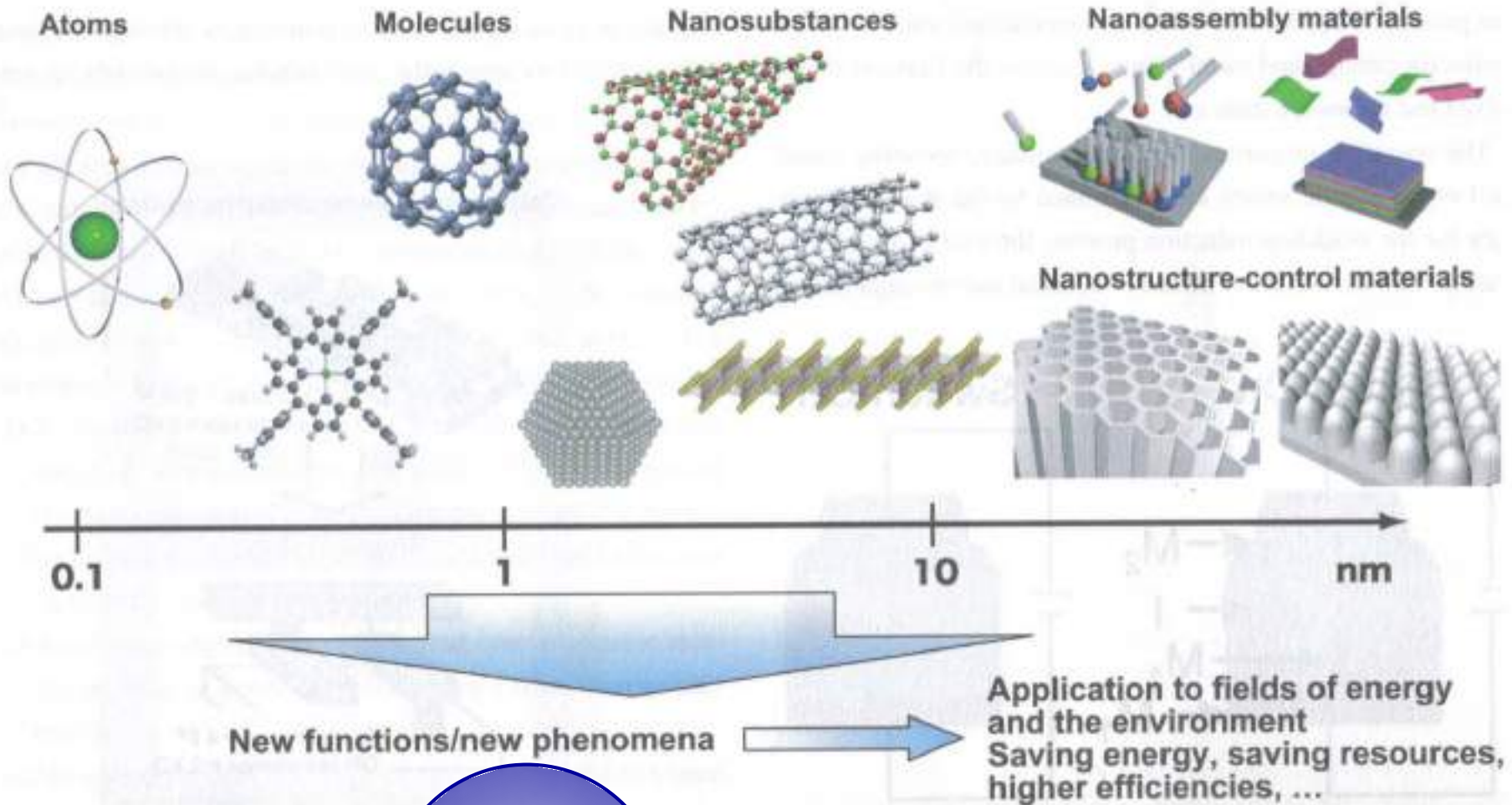
*ENERGY FOR ALL USES INCLUDING ELECTRICITY, HEATING, TRANSPORTATION, INDUSTRY

(+ 52) (-27) = +25 milions llocs treball

El cistell energètic



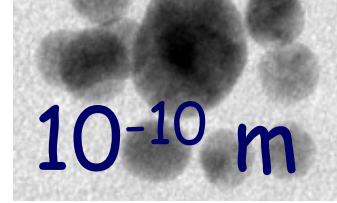
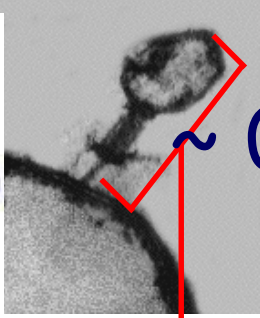
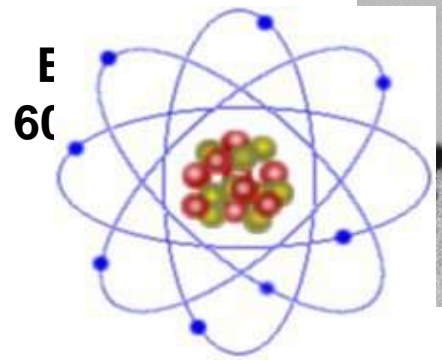
Nanotecnologia – Nanomaterials



1 nanòmetre

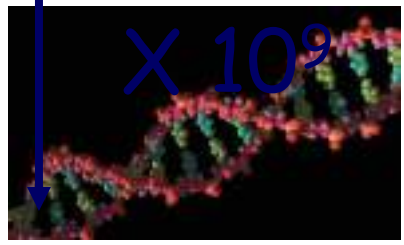
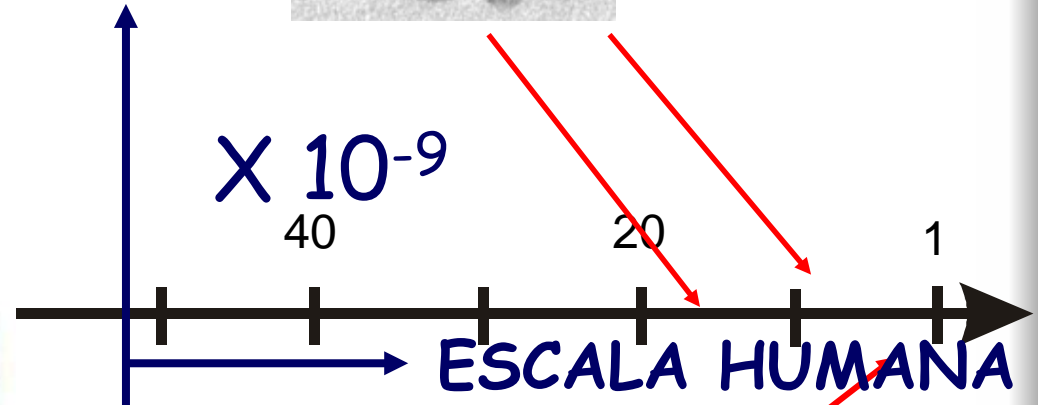
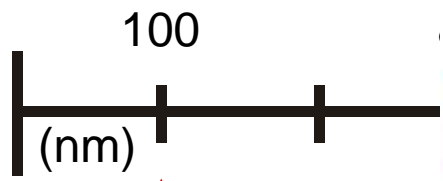
10^{-9} m

1 nm = 0,0000000001 m



Or NPs
8 nm & 16 nm

$\sim 0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$



ADN
Diàmetre = 2 nm

$\sim 10.000 \text{ km} = 10^7 \text{ m}$

Creant nanomaterials: Cap a un nou Neolític

MACRO
mm

Aproximació *Top-down*

- enginyeria de precisió
- micro/nanofabricació



MICRO
 μm

Interdisciplinarietat

NANO
nm



Aproximació *Bottom-up*

- química supramolecular
- síntesi química
- autoassemblatge

**Repte: optimitzar cost/prestació de la nanomanufactura per a
cada aplicació**

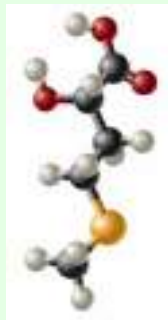
Nanomaterials: disseny, fabricació

Manipulació
atòmica

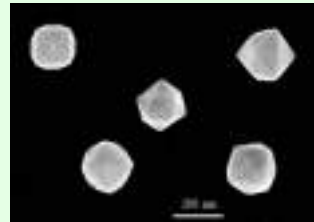


0D

Molècules

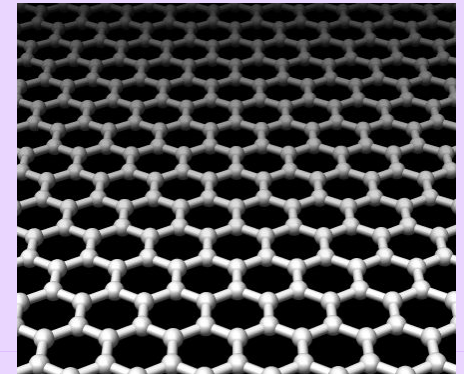
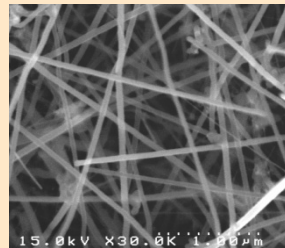


Nanopartícules



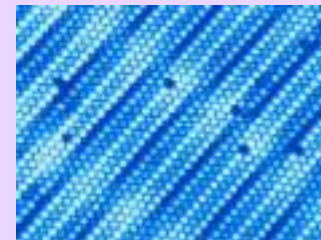
1D

Nanofil
Nanotubs



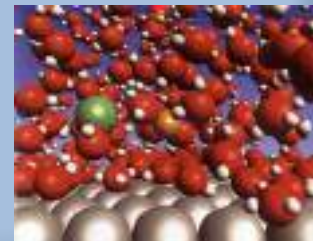
2D

Superfícies
Capes primes



3D

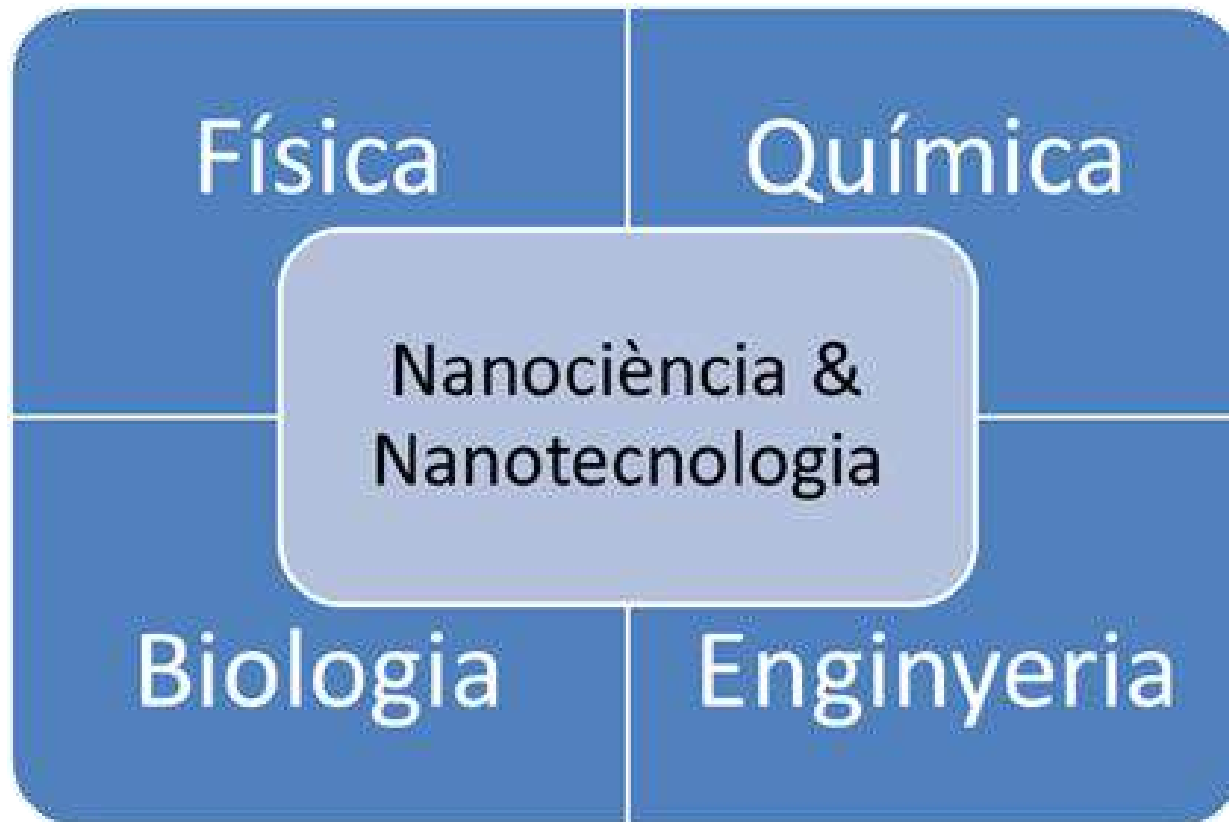
Xarxes



- Gran superfície específica
- Escales llargària intrínseques
- Interfases molt rellevants
- Dimensionalitat reduïda
- Efectes quàntics

Nanociència: la convergència de múltiples disciplines

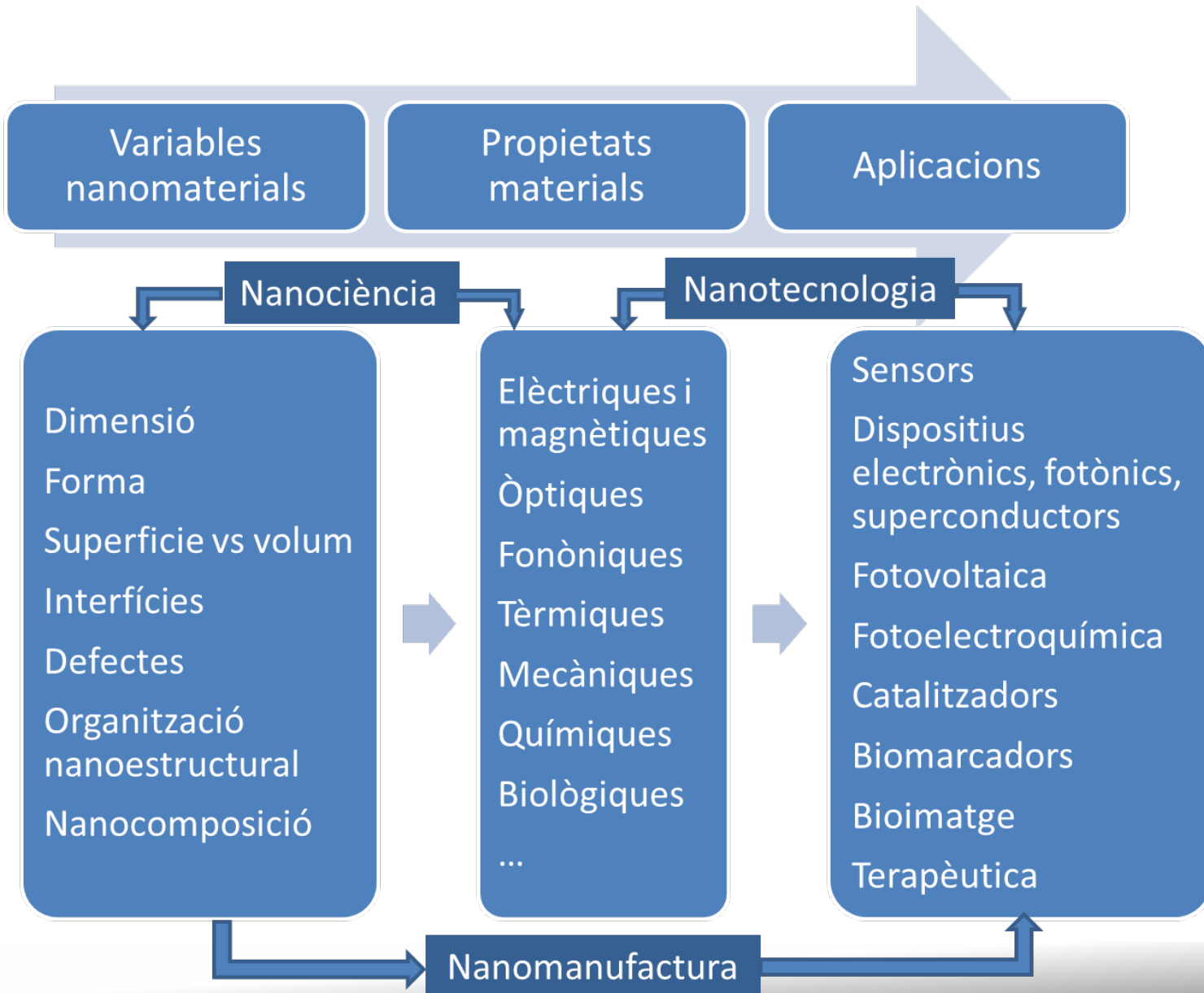
Un nou paradigma científic



Nano – fenòmens

- Gran superfície específica
- Escales llargària intrínseques: recorregut e^- i fonons, parells Cooper, absorció fotons
- Interfases poden ser dominants
- Dimensionalitat reduïda (2D, 1 D)
- Efectes quàntics (coherència, túnel)

Nanociència i nanotecnologia: un nou paradigma científic i tecnològic



Nanotecnologia: una disciplina disruptiva

“Technology is always limited by the materials available”, DARPA, US, 1960’s

- Tecnologia transversal trencadora
- La millor eina de que disposem pels reptes del S.XXI
- Economia de materials i energia: fer més amb menys

Salut i
Medicina

Tecnologies
Informació

Energia

Propietats
Mecàniques

Aliments,
aigua, medi
ambient

Instruments



Distribució
Medicaments



Disc dur
GMR



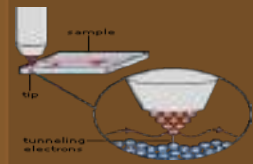
Supercond.
Fotovoltaica



Lleuger i dur



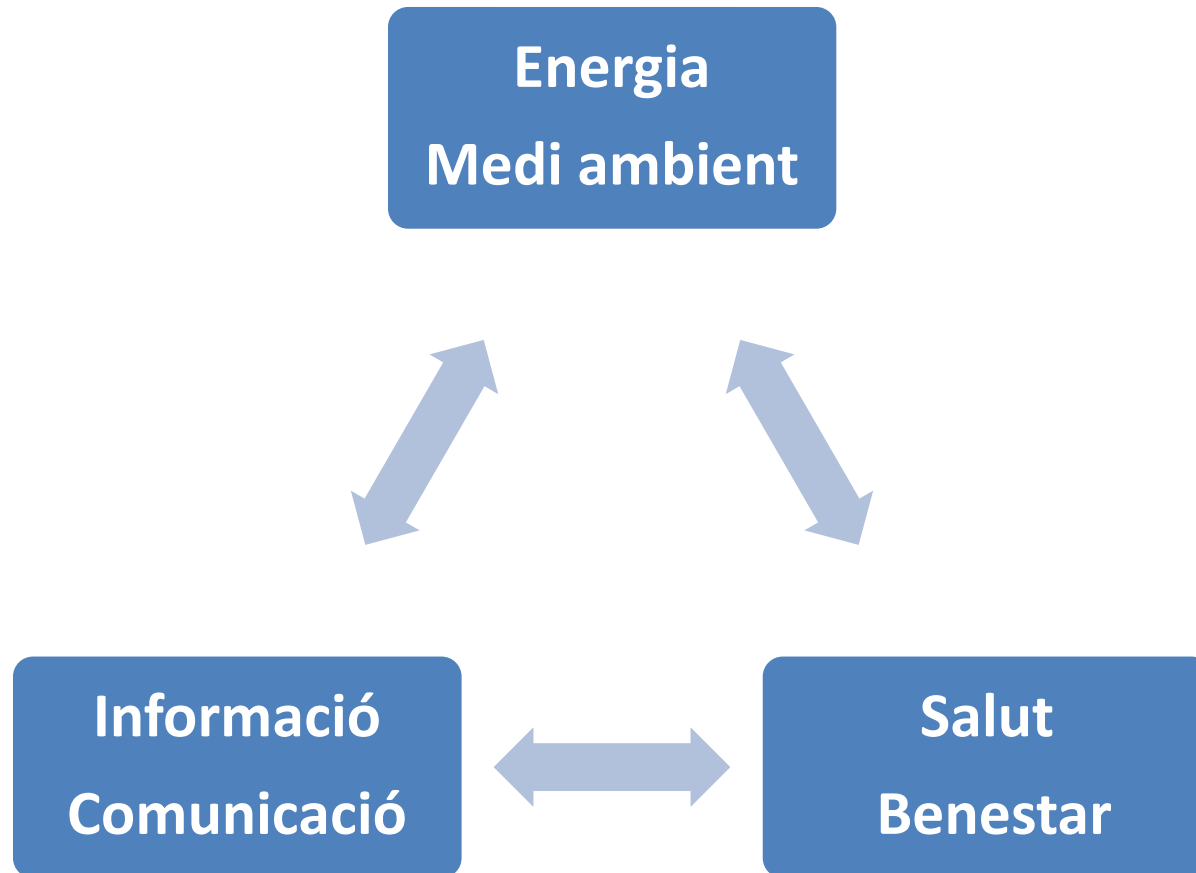
Remediació



Microscòpia
túnel

**Els nanomaterials són la “tecnologia facilitadora”
per a la 4^a revolució industrial**

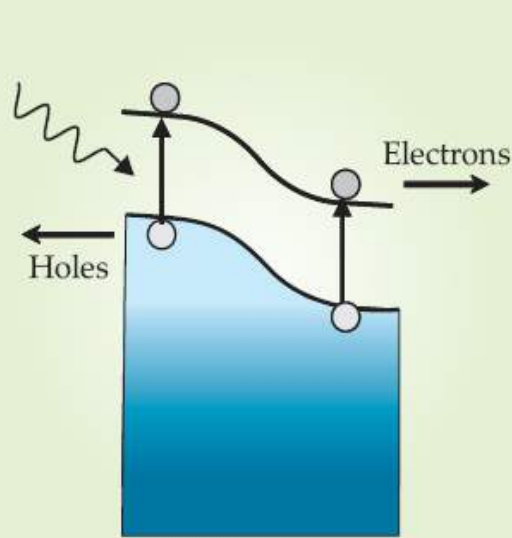
Reptes múltiples interrelacionats pel segle XXI



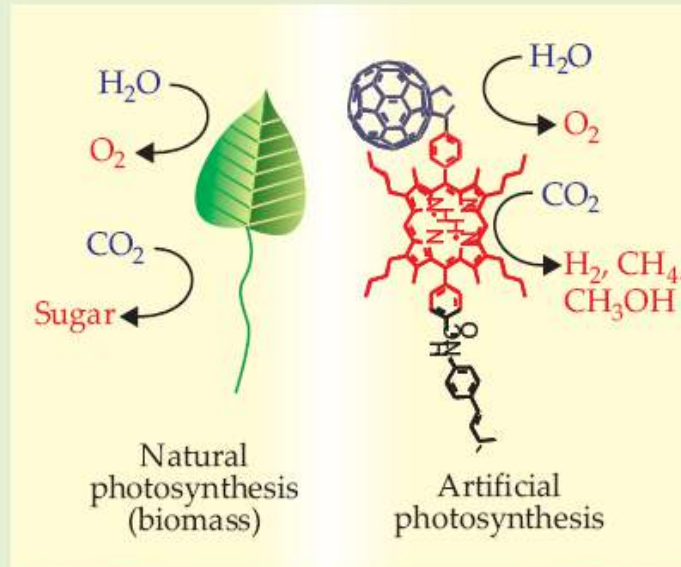
- Herència del S. XX: la superabundància ens ha proporcionat coneixement científic
- La millor eina de que disposem per enfrontar-nos al triple repte del S XXI és el coneixement científic: la 4^a revolució industrial

El mite de Prometheus: Energia química, electrònica, elèctrica i tèrmica a partir del sol

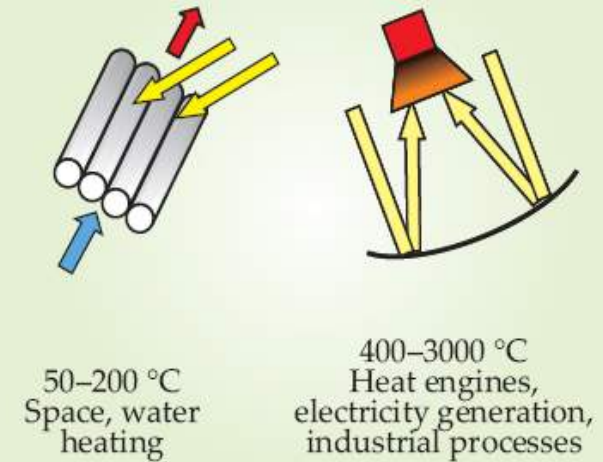
Nous paradigmes energètics



Solar electric



Solar fuel



Solar thermal

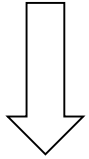
Electrònica

Química

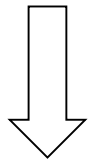
Tèrmica

Protons i electrons fotogenerats

165,000 TW
De llum solar
arriba a la Terra
cada dia



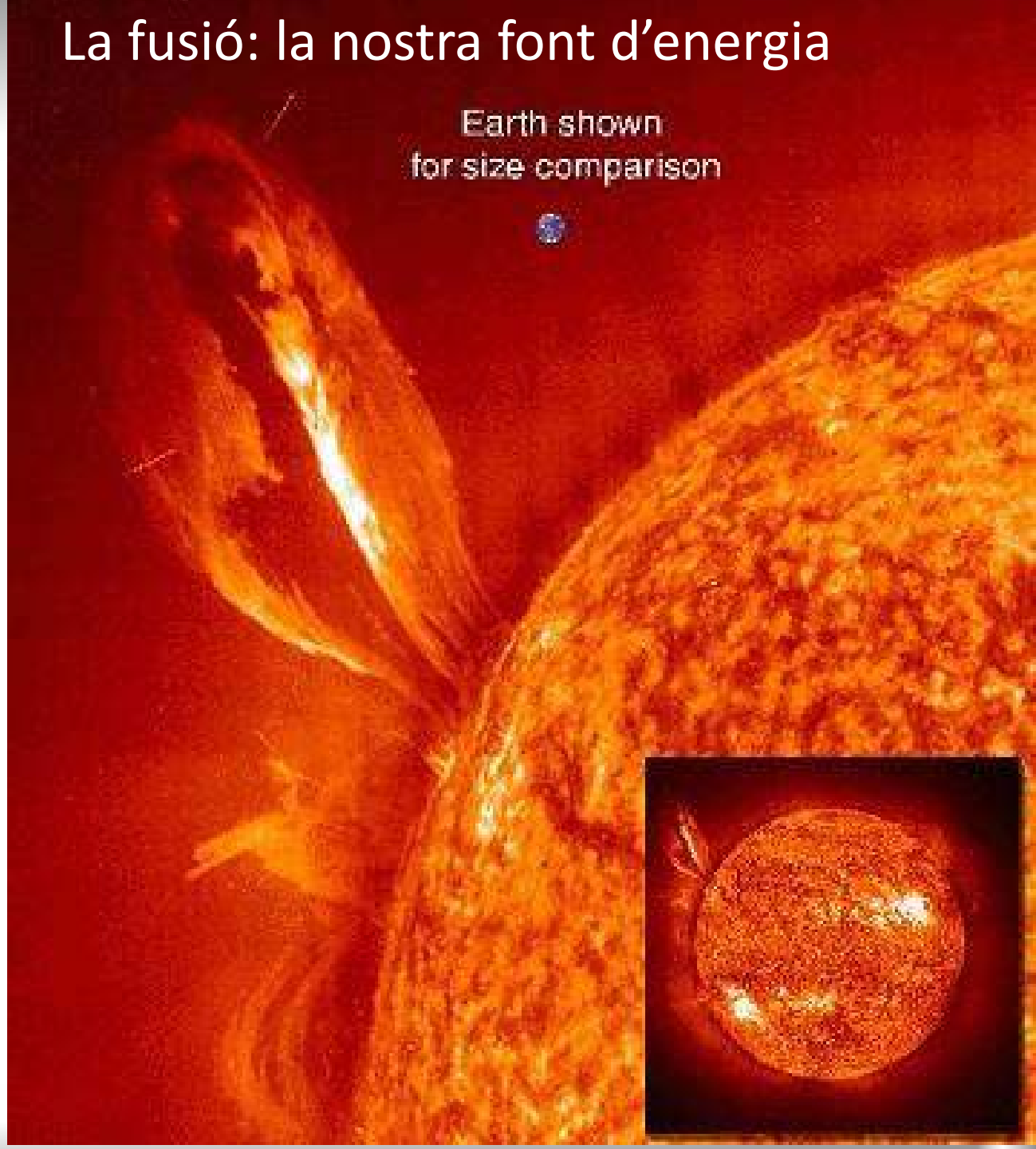
Podem aconseguir 12 TW
De llum solar l'any 2050?
(10% eficiència, 0.1%
superfície)



1h llum solar = 1 any
energia humanitat

La fusió: la nostra font d'energia

Earth shown
for size comparison

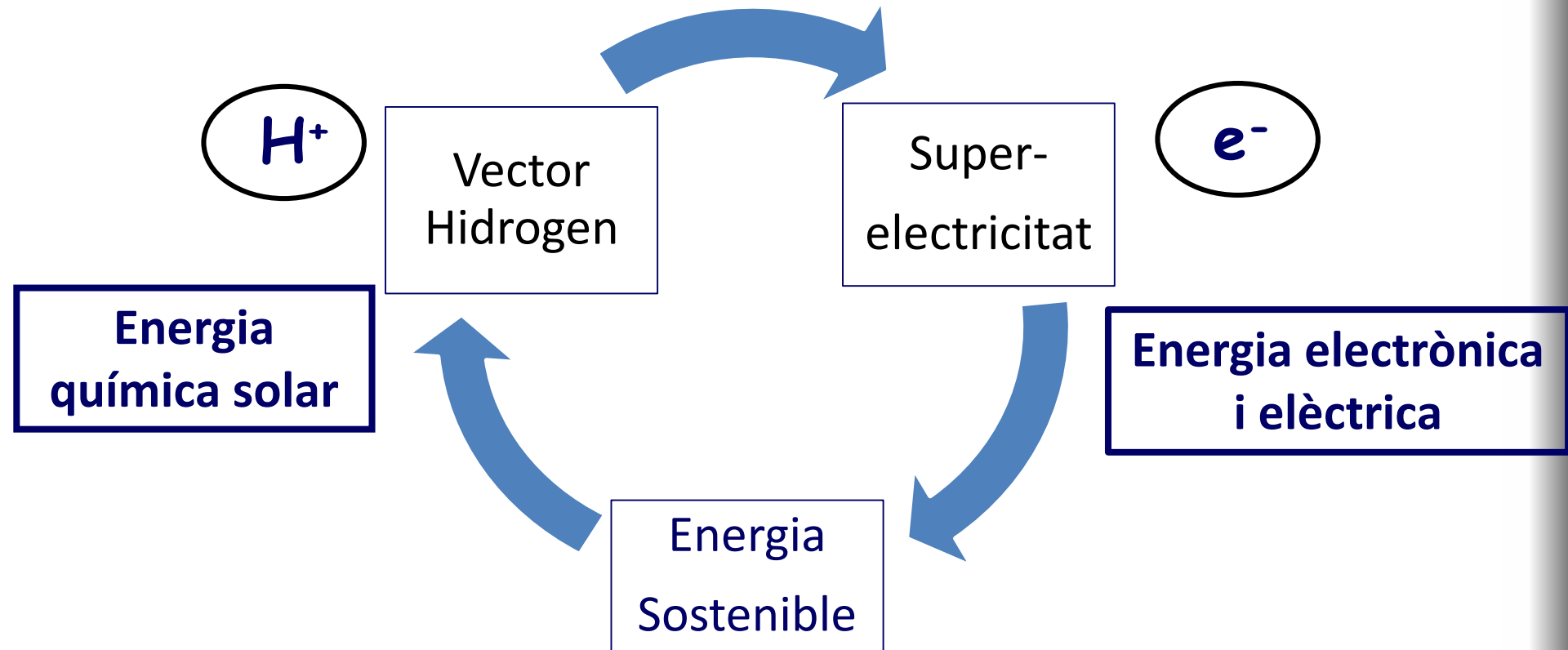


Repte assequible: aprofitament energia solar

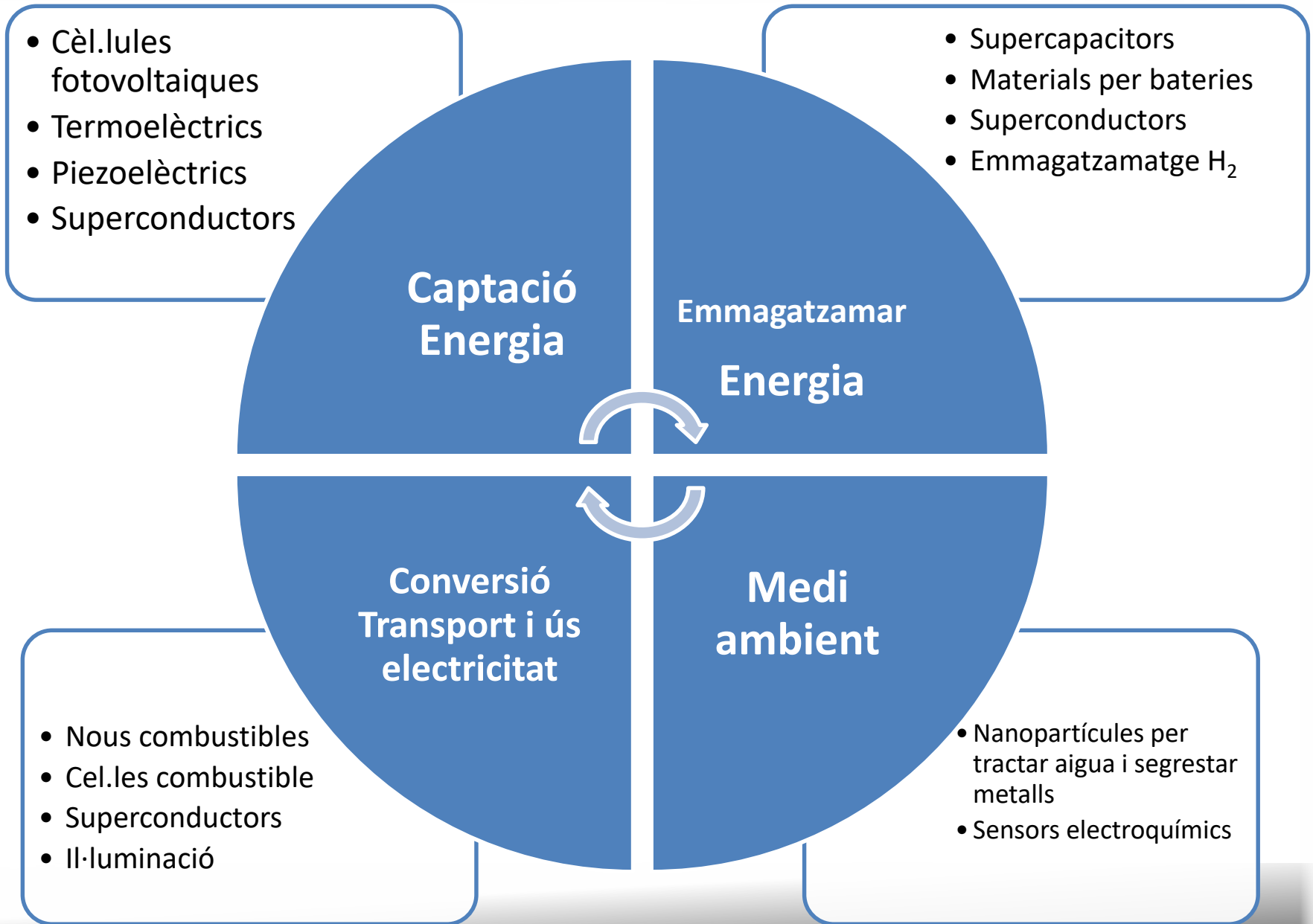
Aconseguir 12 TW d'energia solar: 10 % eficiència, 0.1 % superfície



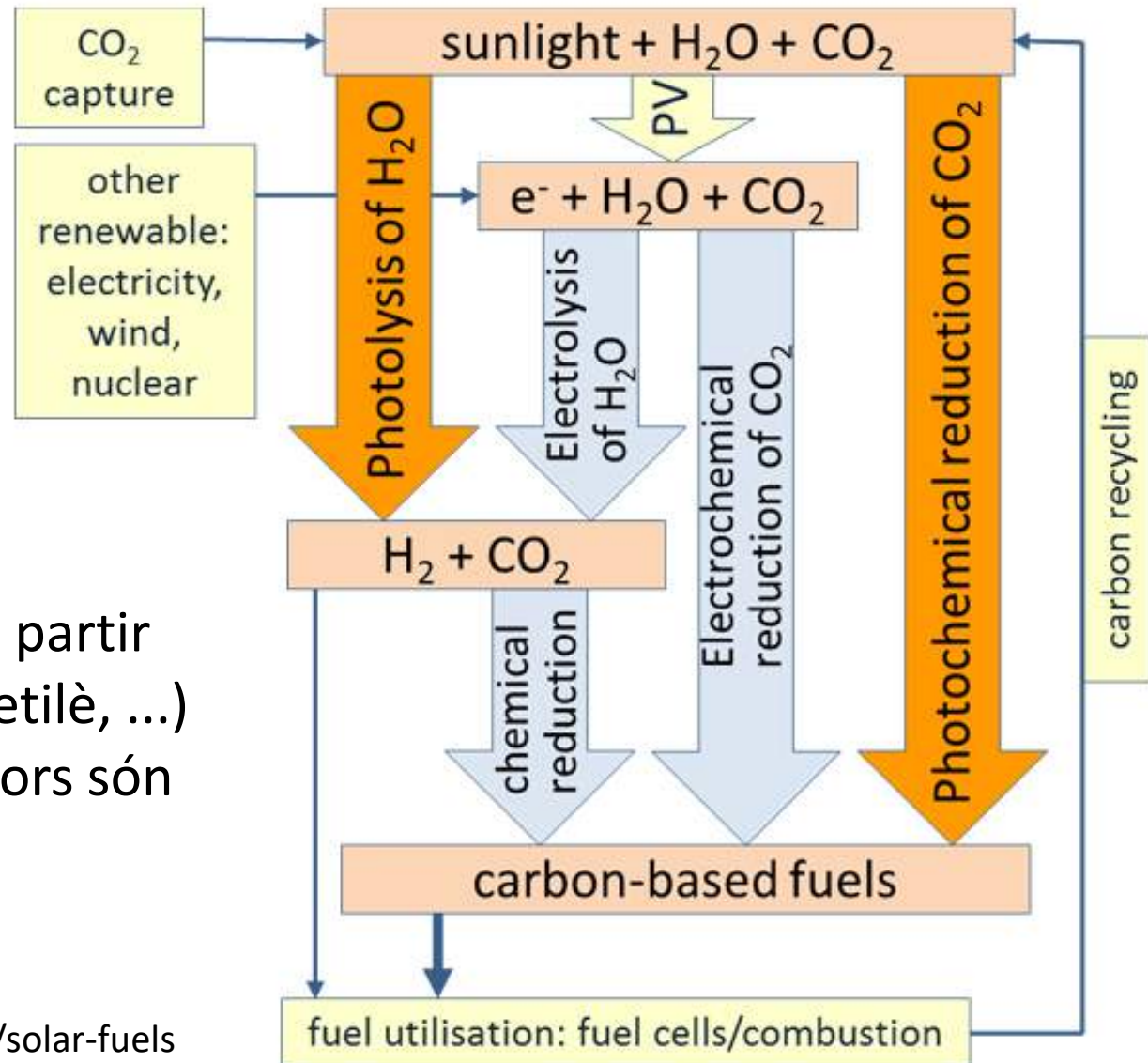
Nous paradigmes energètics



Electrons i protons poden ser els vehicles mundials de l'energia
Xarxa de generació-distribució-emmagatzematge d'Energia
química i elèctrica

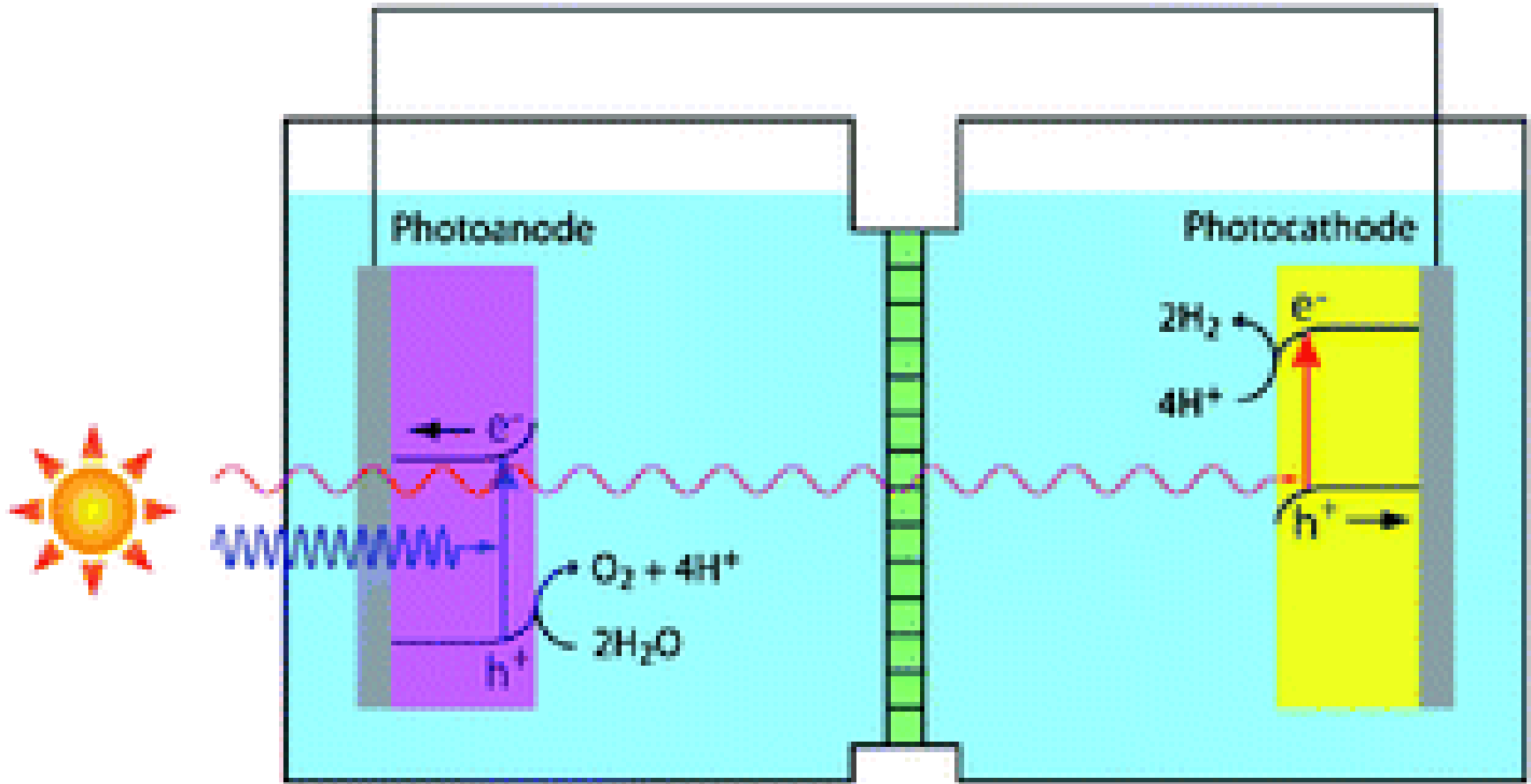


Energia química: combustibles solares



- Producció H₂
- Producció combustibles a partir CO₂ (metanol, etilè, ...)
- Nanocatalitzadors són la clau

Cel·les fotoelectroquímiques (PEC)



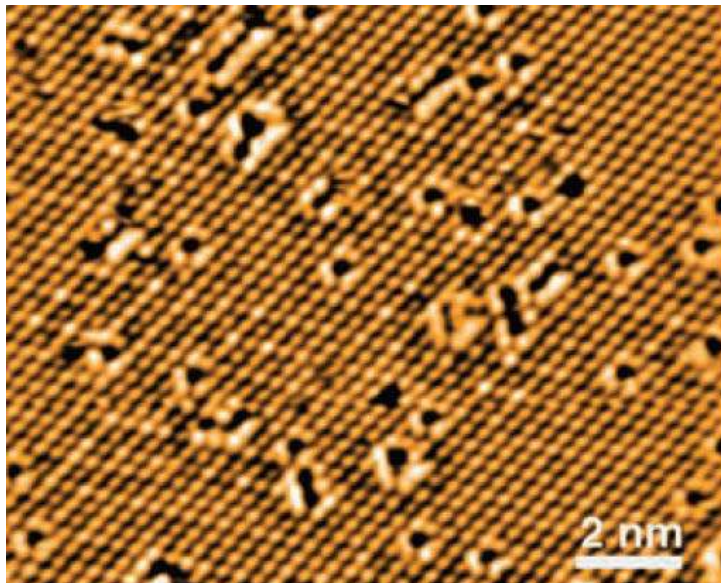
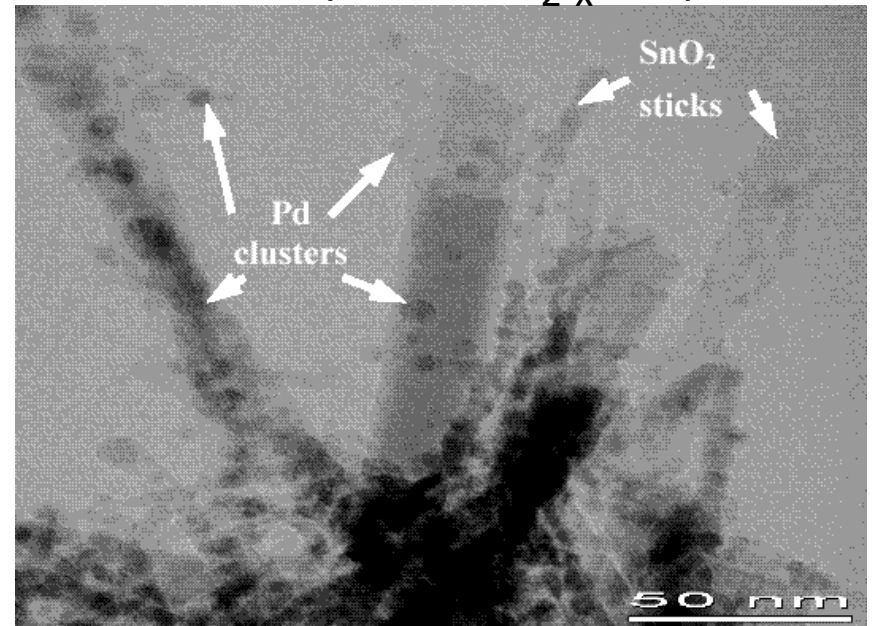
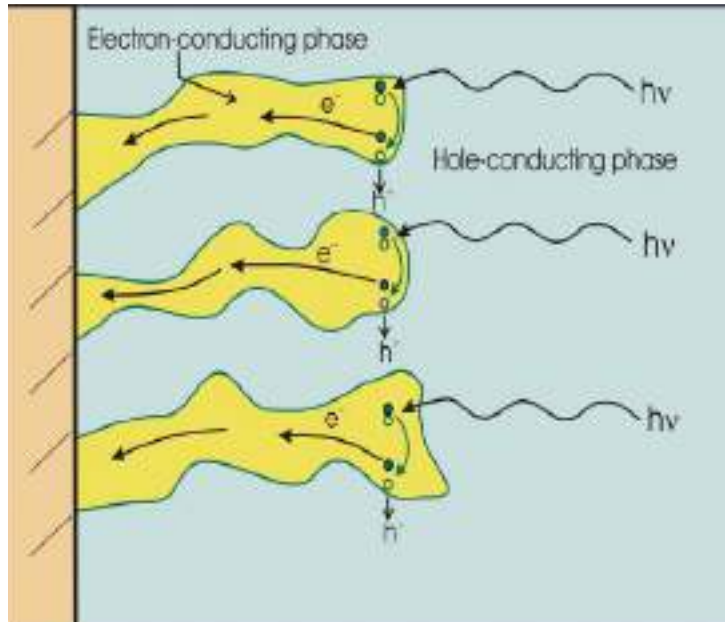
- Òxids semiconductors nanoporosos: TiO_2 , Fe_2O_3 (tipus p i n)
- Absorció de la llum
- Interfase amb H_2O
- Transport i separació eficient de càrrega

Eficiència actual: 12 %

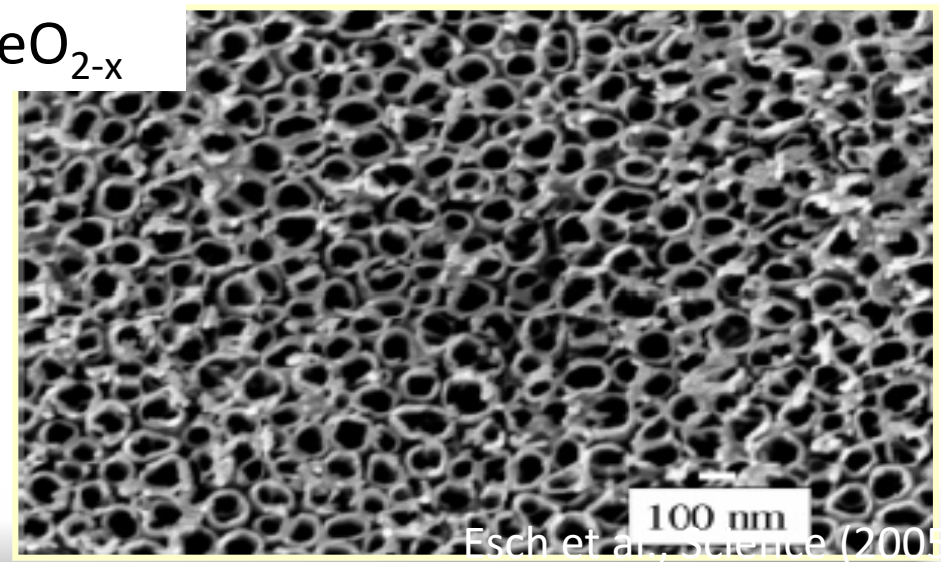
Sun et al., *Energ Env Sci* (2010)

Cel·les fotoelectroquímiques (PEC)

Semiconductor / nanocatalitzadors (Pd, $\text{CeO}_{2-x}:\text{Au}$)

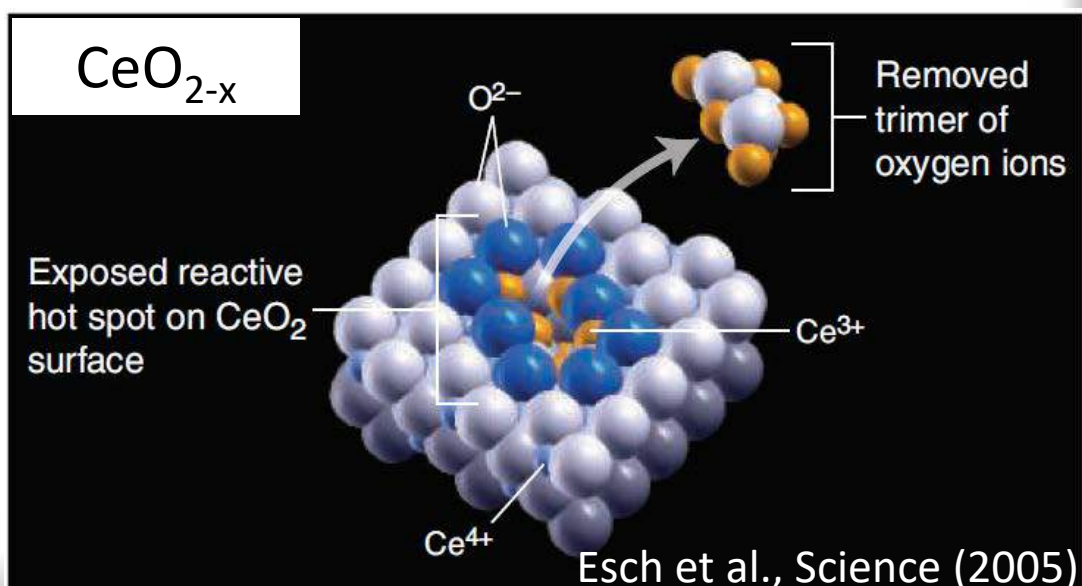
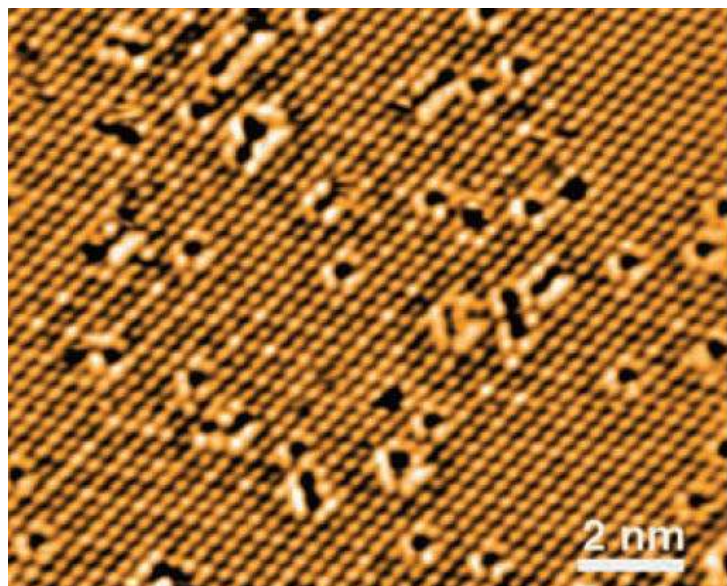
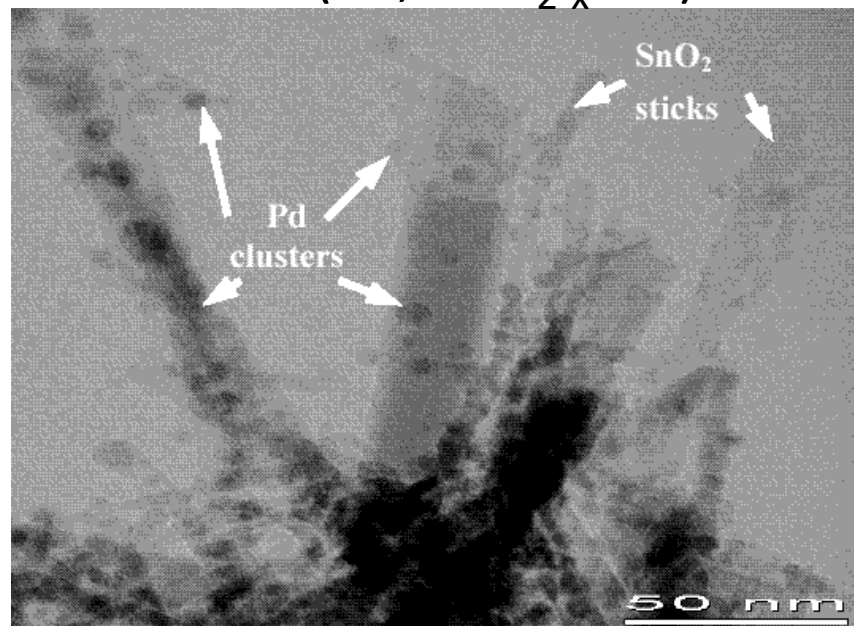
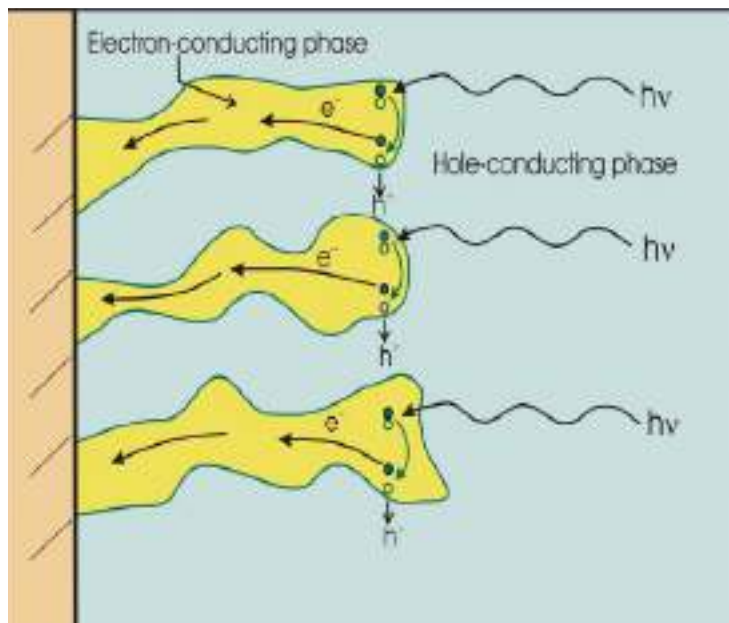


CeO_{2-x}



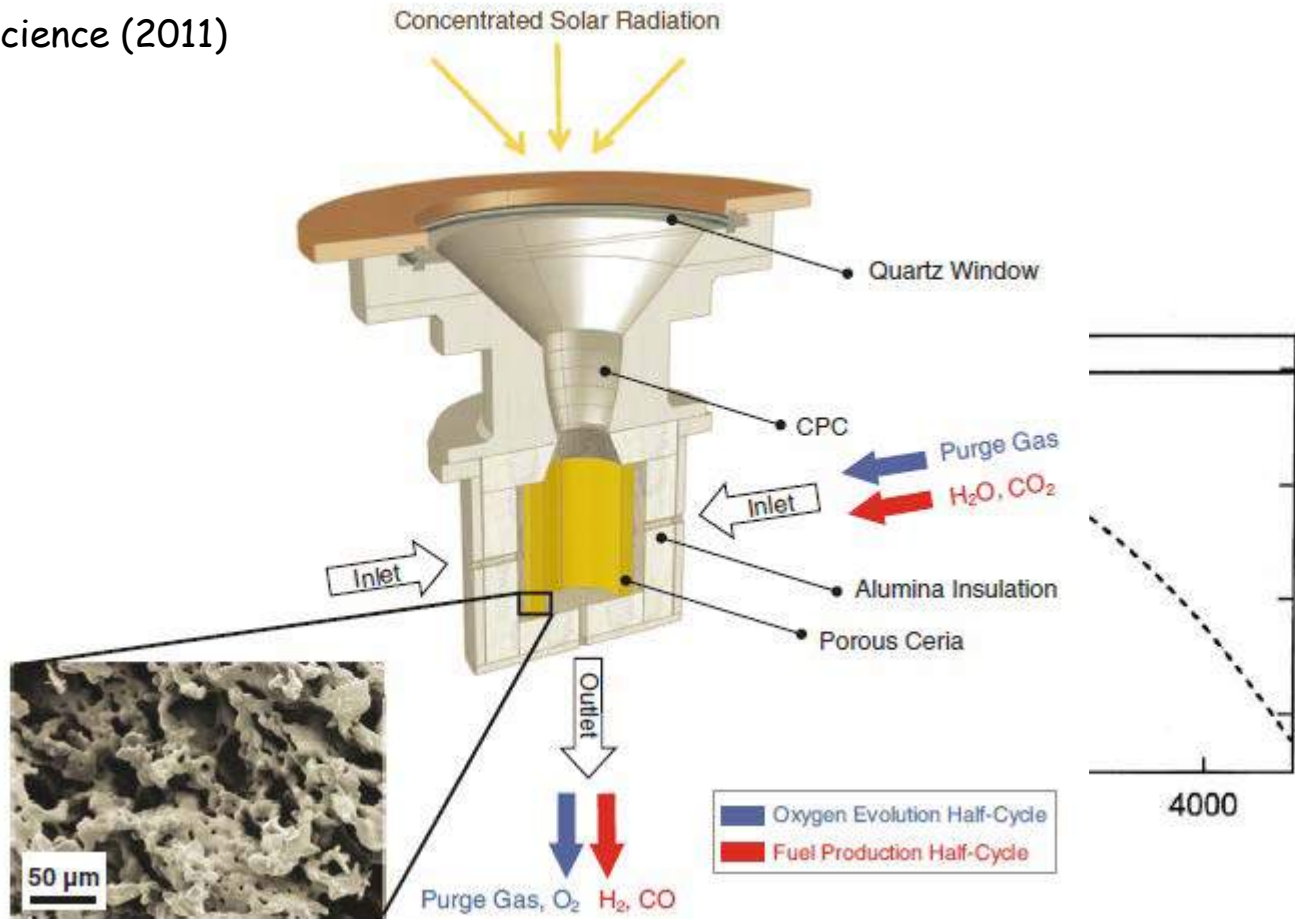
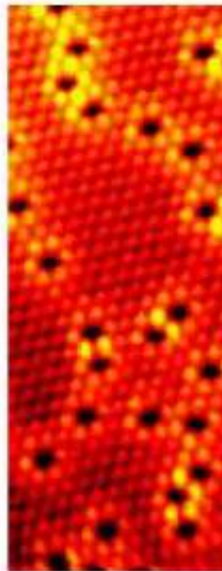
Cel·les fotoelectroquímicas (PEC)

Semiconductor / nanocatalizadores (Pd, $\text{CeO}_{2-x}:\text{Au}$)



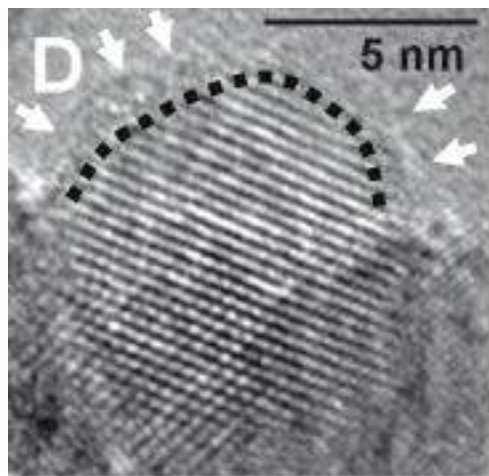
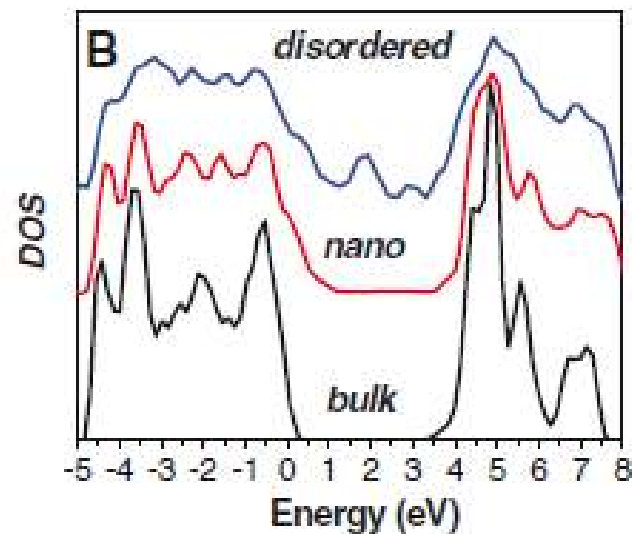
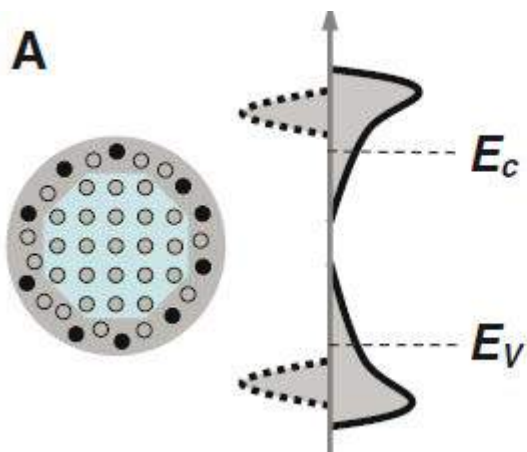
GENERACIÓ DE L'HIDROGEN

Science (2011)



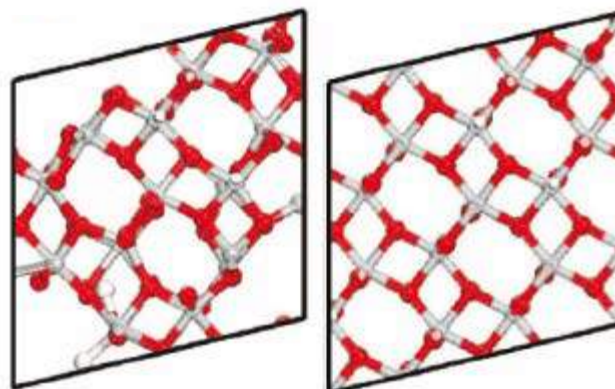
Descomposició directa de l'aigua: fotòlisi

Catàlisi eficient i de baix cost + membranes eficients

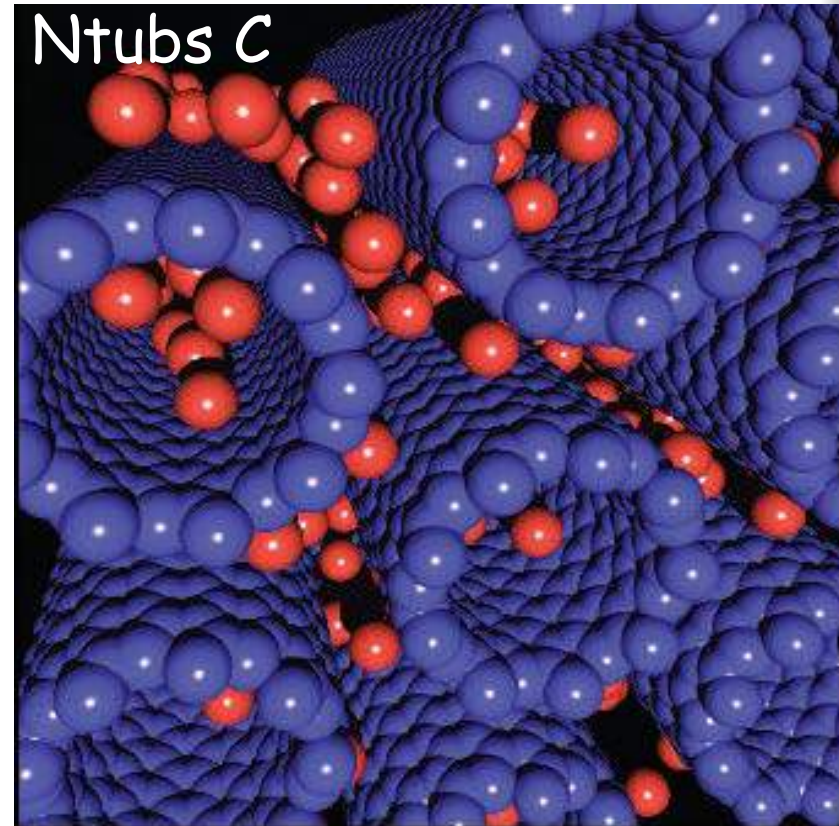
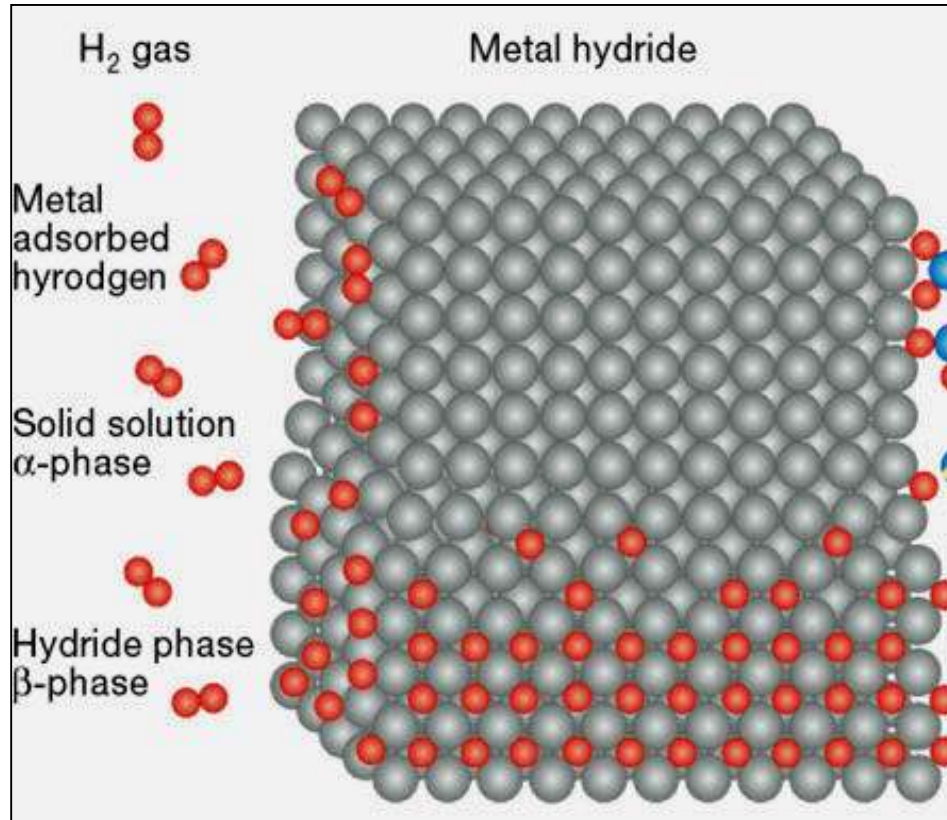


NP TiO₂ negre:
superfície deficient
oxigen

Fotocatàlisi activada per
l'estructura superficial



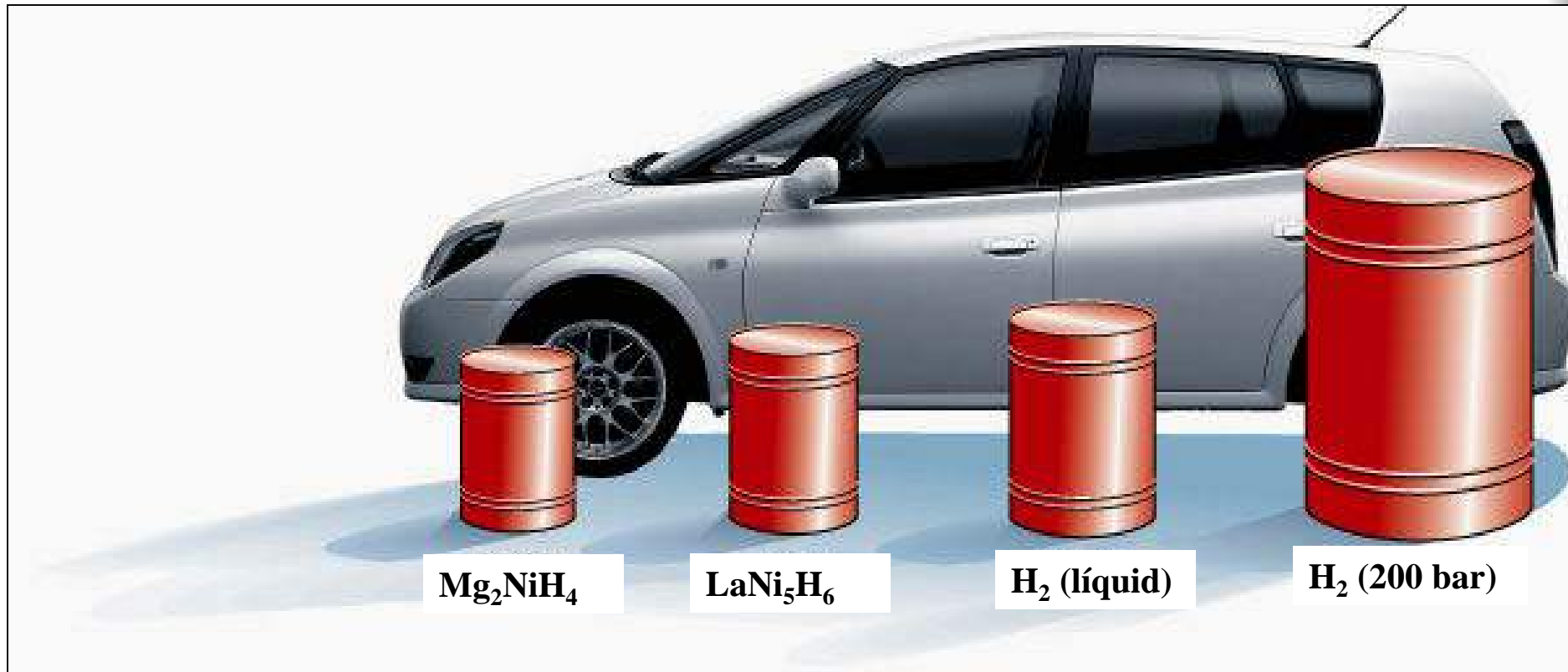
Emmagatzematge de H₂



Hidrurs metà·lics / Adsorció nanopors

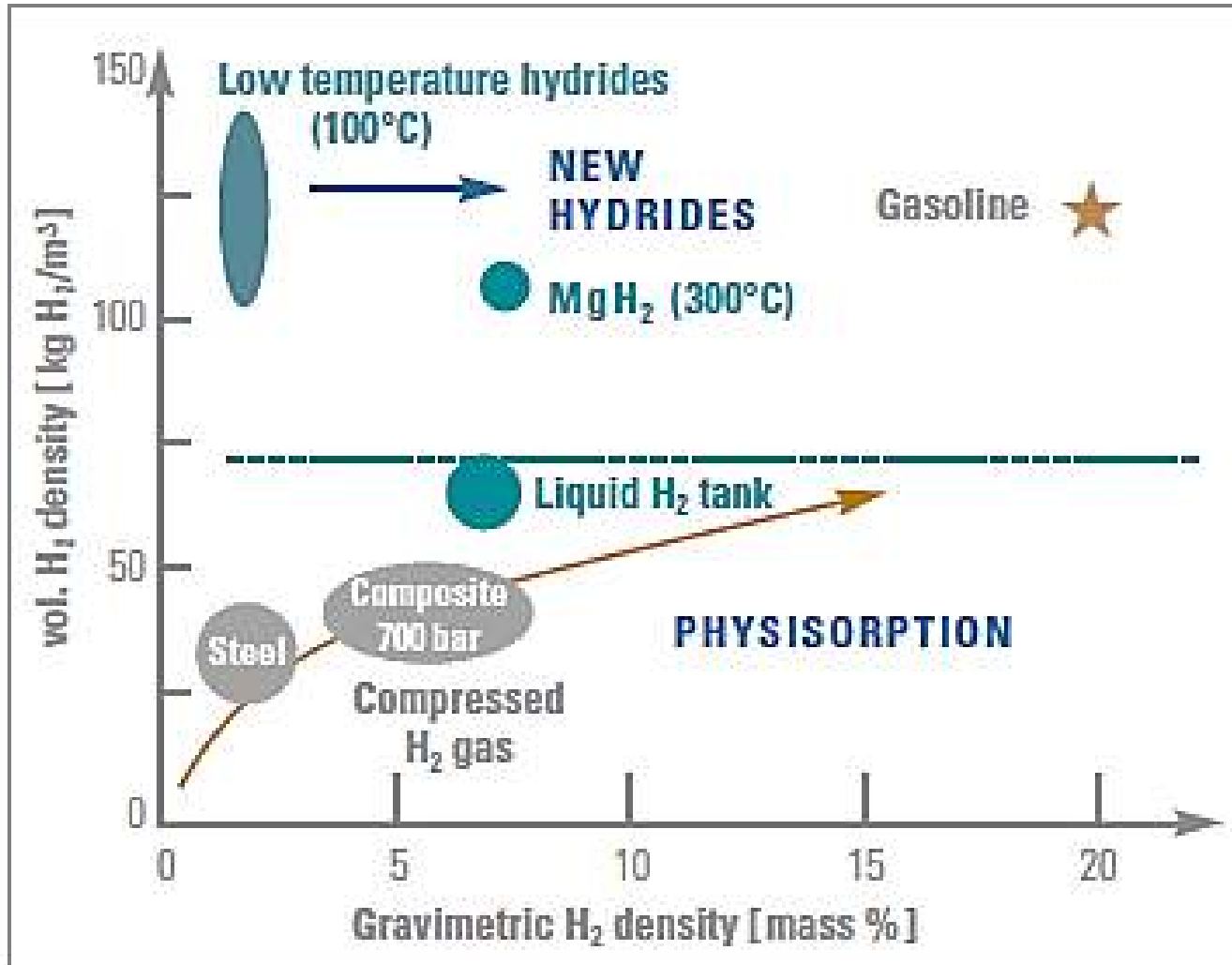
Estabilitat / cinètica / densitat

Emmagatzematge d'Hidrogen



- 400 km autonomia: 24 kg gasolina/8 kg H_2 combustió/4 kg piles combustible
- 200 bar : 225 l/ líquid : 57 l (T=21 K)/Hidrurs metàl.lics superiors al líquid

Emmagatzematge d'Hidrogen



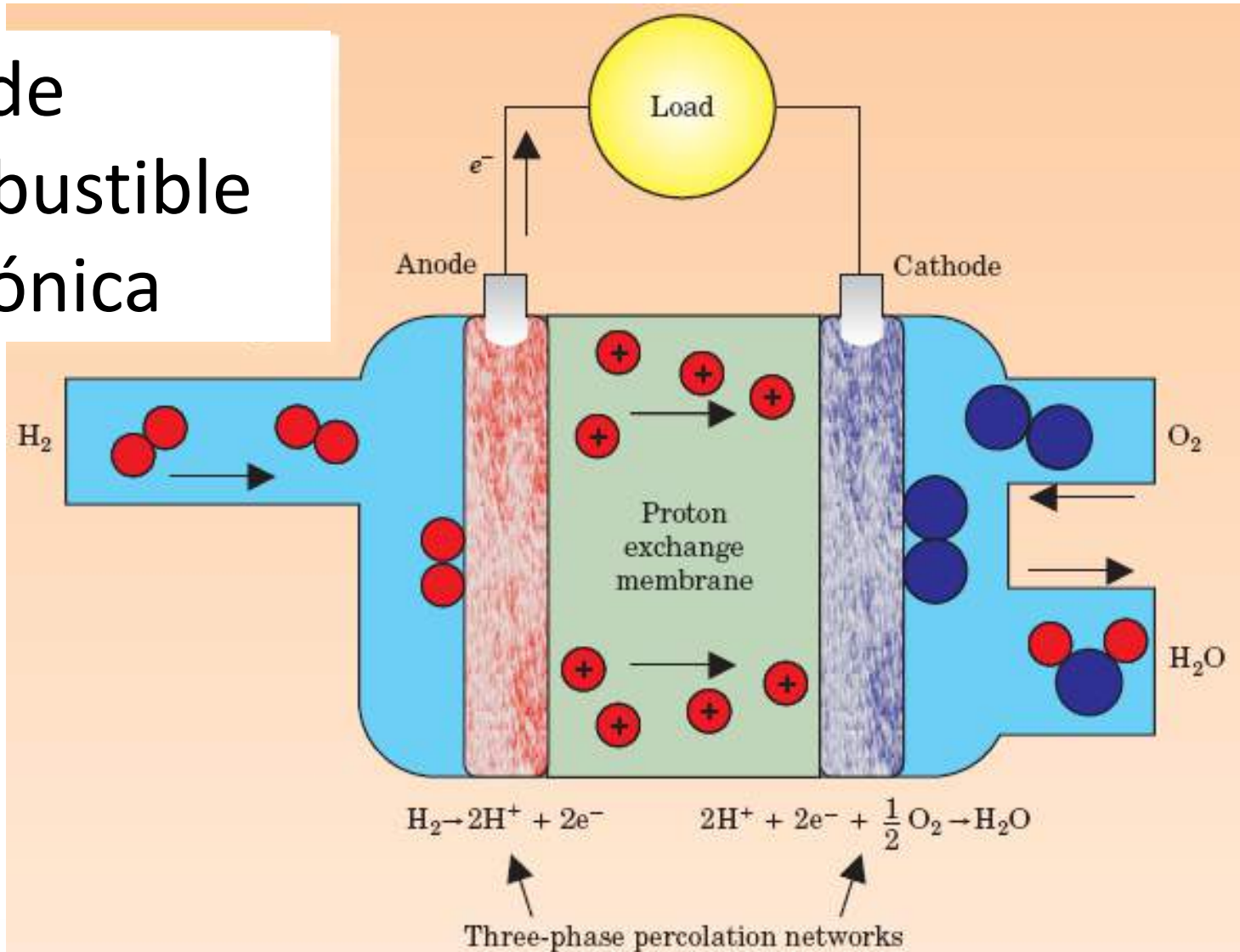
Molt difícil competir amb la benzina !!

Gas comprimit encara és la millor opció

Piles de Combustible

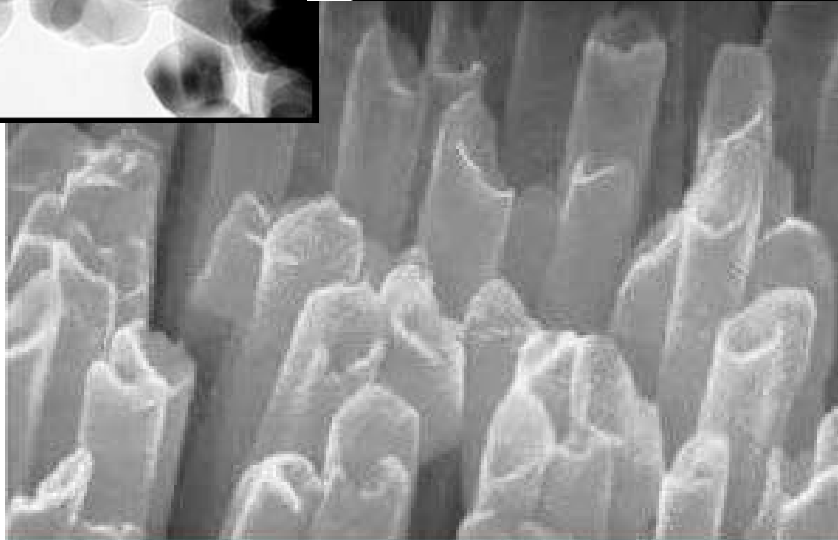
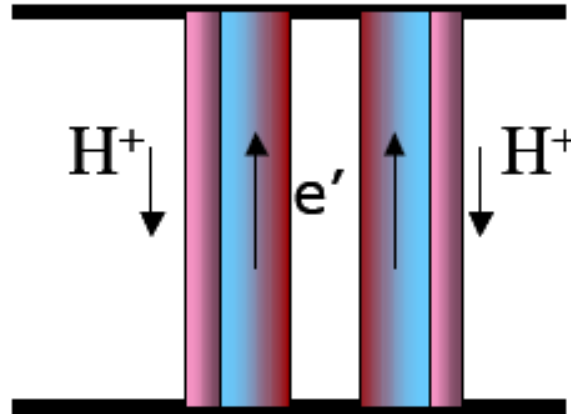
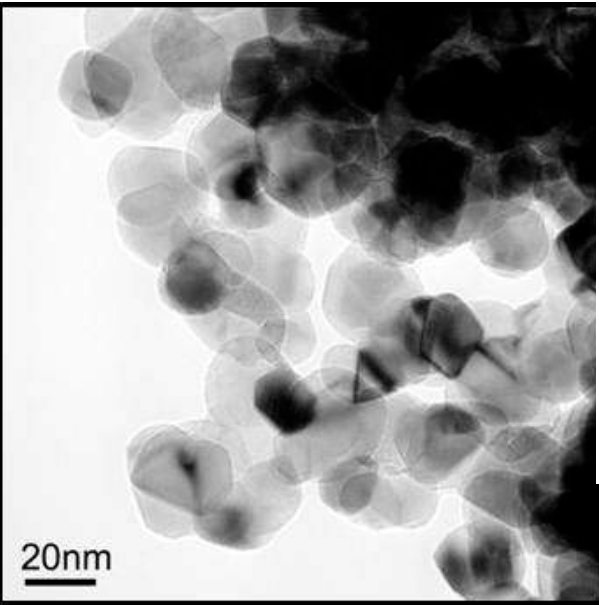
Generació d'electricitat amb Hidrogen: gran eficiència (83 % vs 58 % per ICE)

Pila de
combustible
protónica



Piles de Combustible

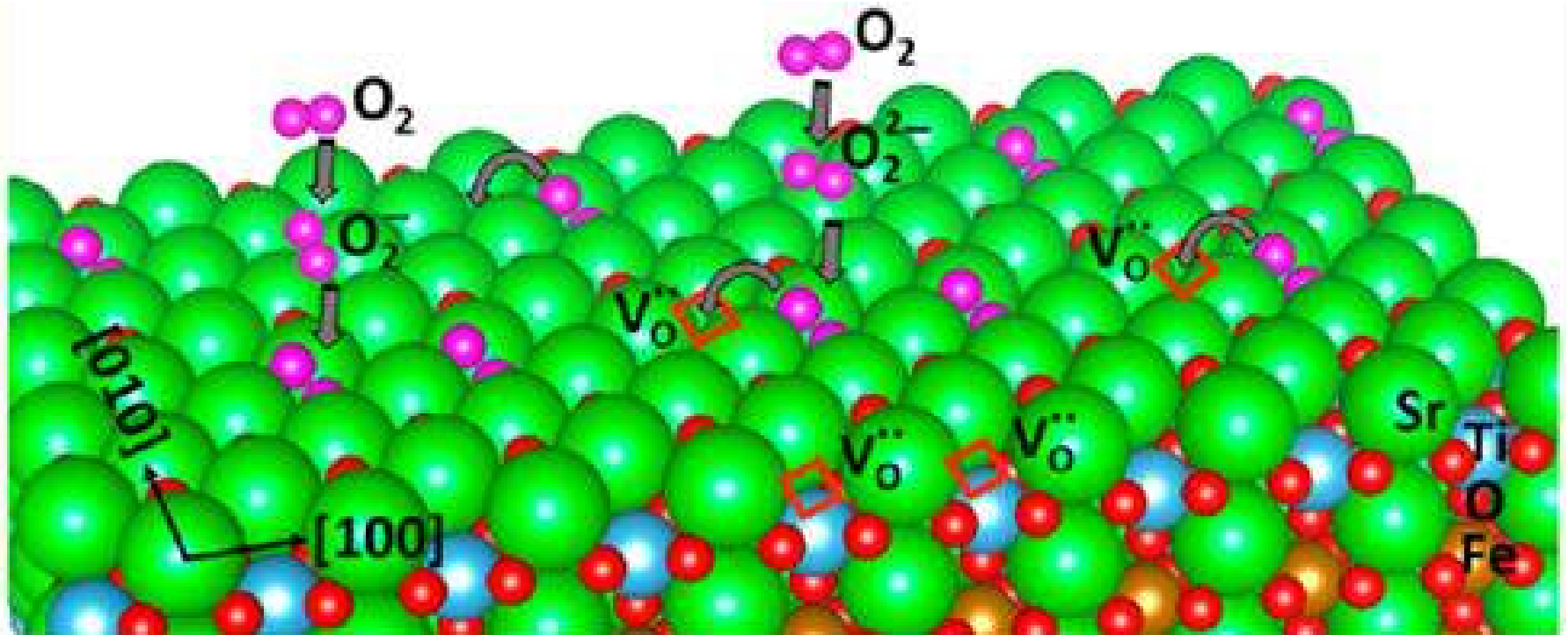
Generació d'electricitat amb Hidrogen: gran eficiència (83 % vs 58 % per ICE)



Transport de protons a través dels ntubs

Catalitzadors de H_2
Nclusters Au sobre TiO_2

Nanoiònica: intercanvi d'ions i electrons en nanomaterials

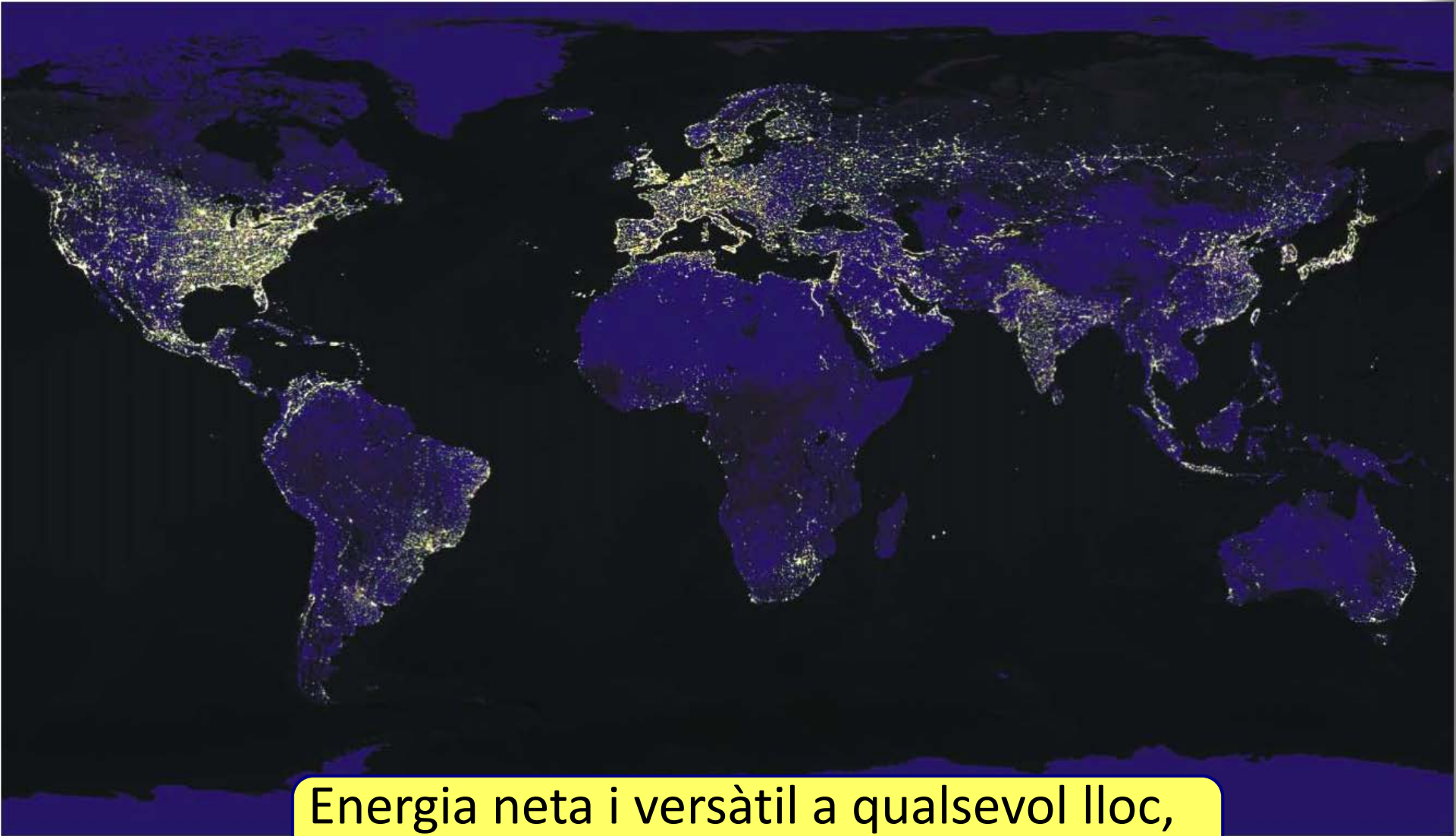


Quina és l'etapa limitant a les interfases gas – sòlid?

Entendre la físico-química de les superfícies és un punt clau!

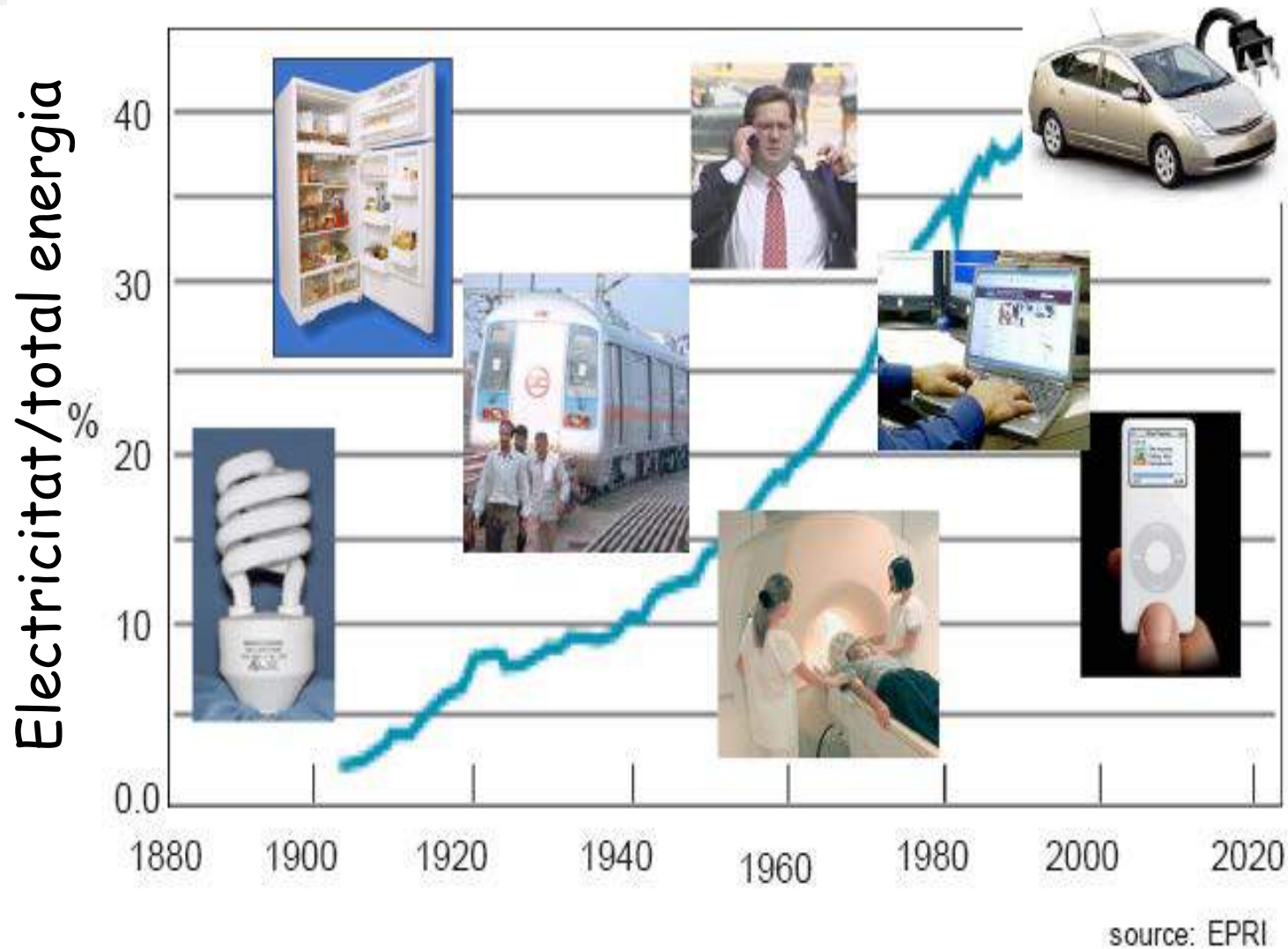
Bon progrés en l'eficiència de les piles de combustible (H_2): es precisen nanocatalitzadors de més baix cost!

L'electricitat – el triomf de l'enginyeria del segle XX



Energia neta i versàtil a qualsevol lloc,
al toc d'un clic

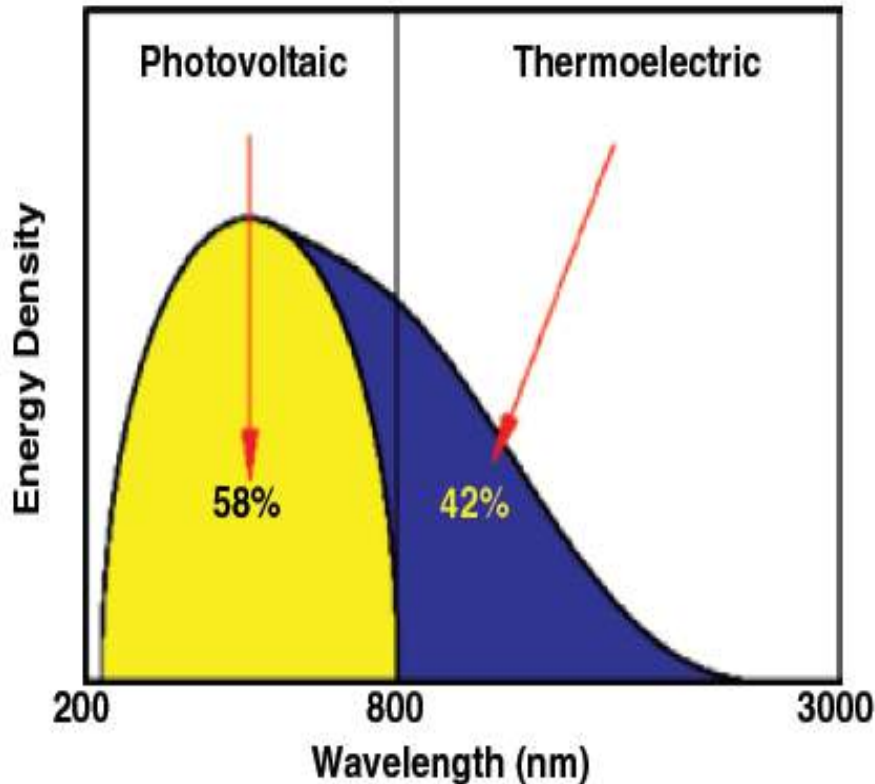
Energia elèctrica: transició energètica



Full de ruta: 80-100 % generació lliure CO₂ al 2050

Energia electrònica

L'espectre de la radiació solar: fotovoltaic i termoelectricitat



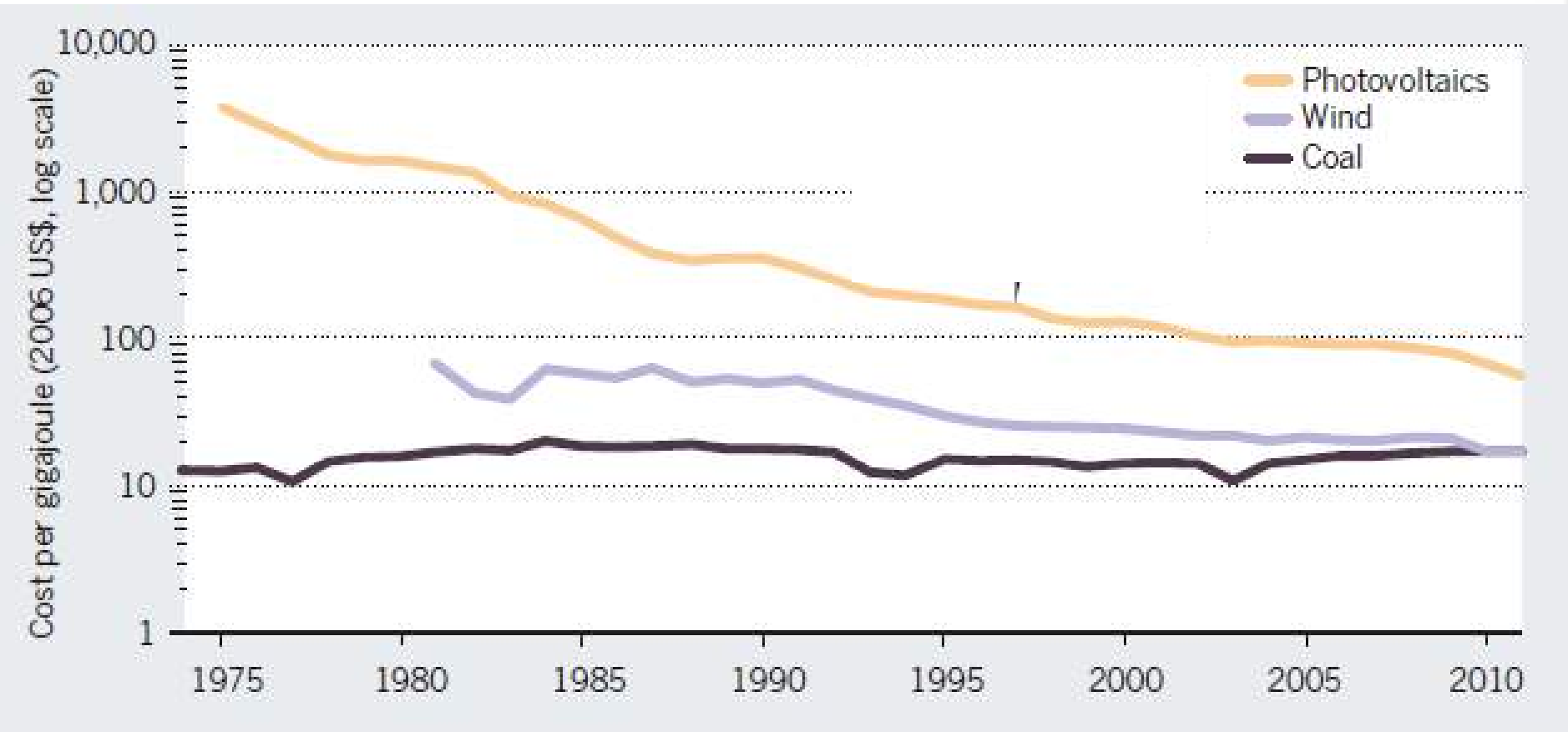
- Aprofitament de tot l'espectre: es precisen diferents metodologies
- Fotovoltaic (UV+VIS) + tèrmic - termoelectrònic (IR)
- Repte cost / prestació: 1€/W

Espectre electromagnètic del sol: Visible + Infraroig

Conversió directa fotons a electrons

Cost energies renovables: fotovoltaic + eòlica

Economia d'escala



Augment de fabricació = baixada de costos unitaris (-20 % / duplicació)
Energia eòlica i fotovoltaica ja és més competitiva que fòssils
Grans plantes de producció renovable són possibles (850 MW a Xina)

Primera generació de cèl·lules fotovoltaïques



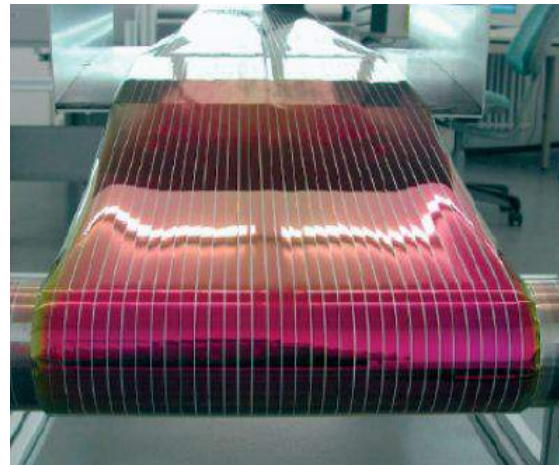
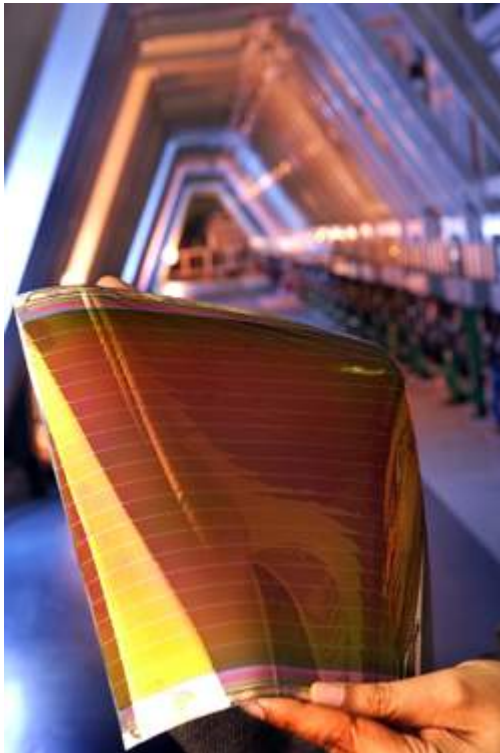
850 MW, Xina

Noves generacions de cèl·lules fotovoltaiques

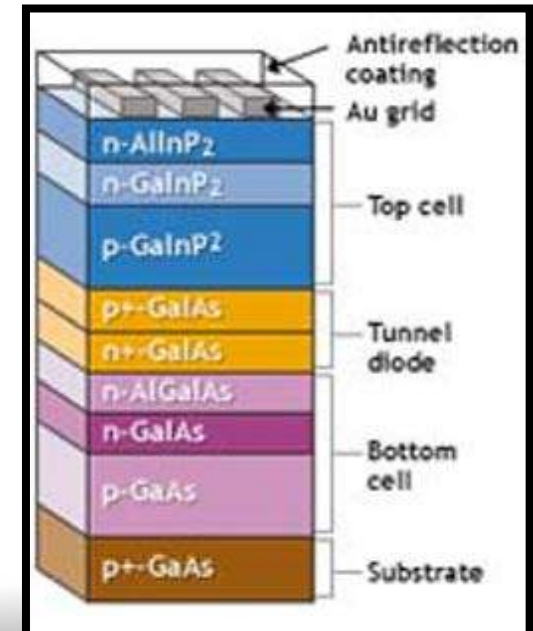
2^a Generació:

Capas inorgàniques i monocristalls tàndem
Penetració limitada

a-Silici



CuGaSe_2 6.5%
 $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ 13-15%
AsGa tàndem 40 %



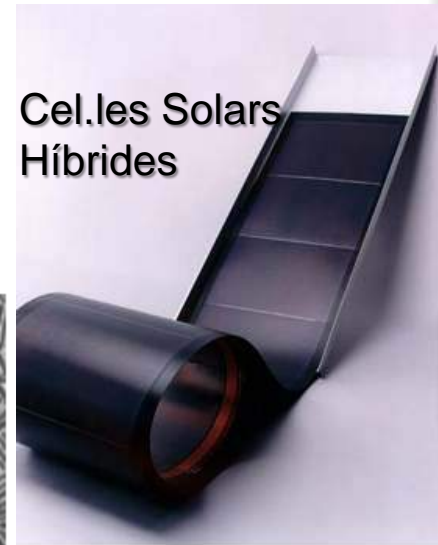
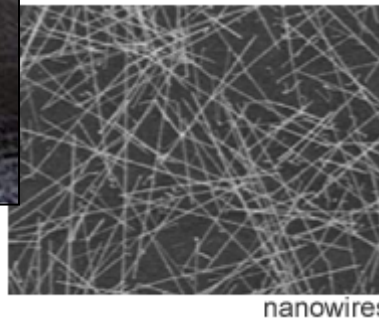
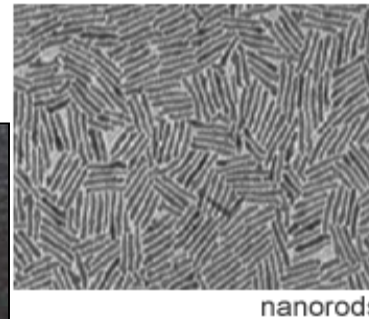
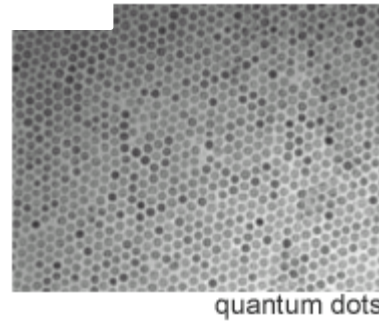
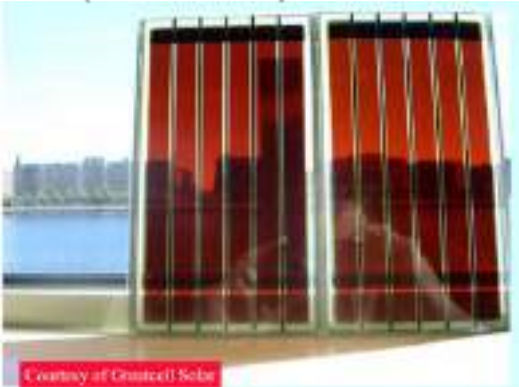
Noves generacions de cèl·lules fotovoltaïques

Llargàries característiques: absorció fotó i difusió e⁻

3^a Generació:

Orgànica, Híbrids,
Polimers, DSC, òxids, perovskites
híbrides

DSSC (Cel·les tipus Gratzel)



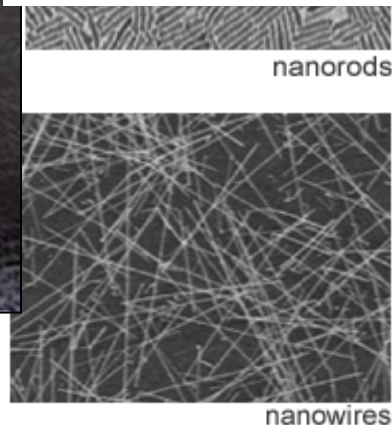
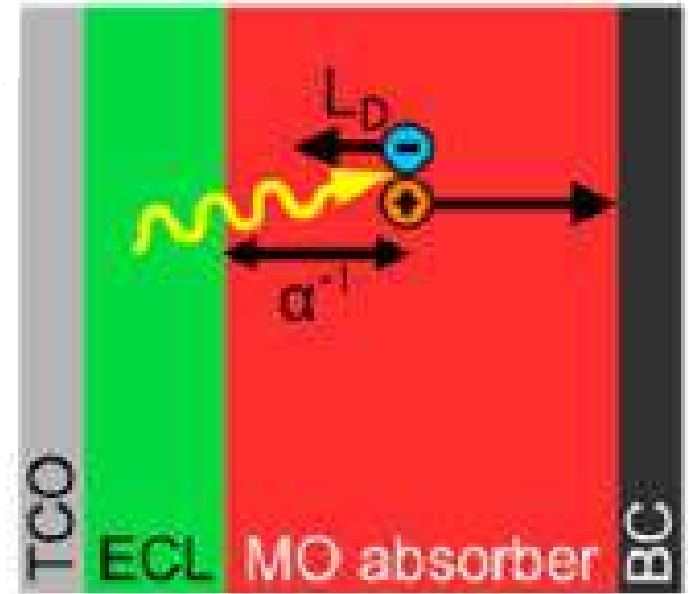
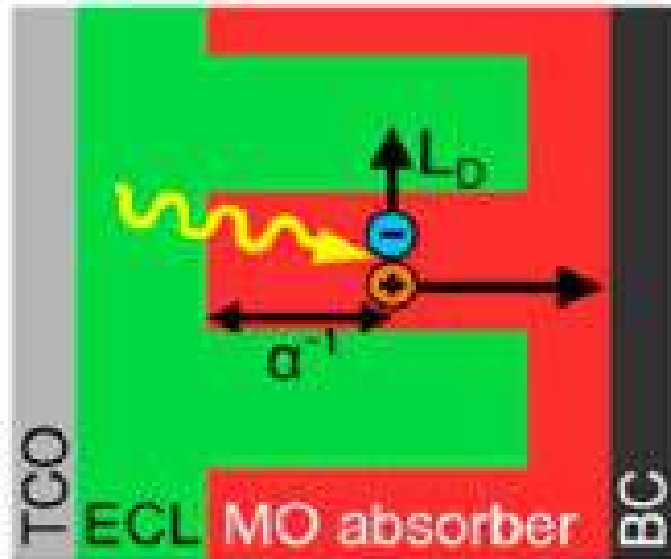
Cèl·lules solars orgàniques/inorgàniques 15 -25 %

Noves generacions de cèl·lules fotovoltaiques

Llargàries característiques: absorció fotó i difusió e⁻

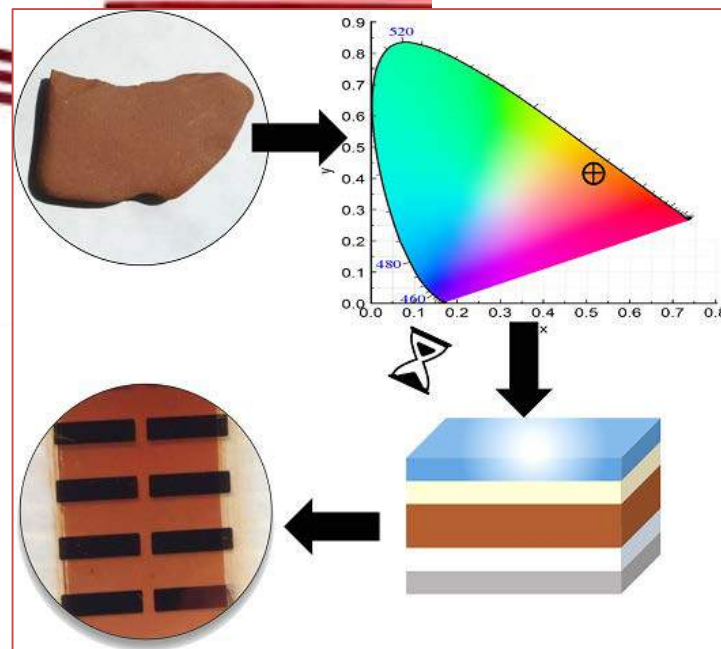
3^a Generació:

Orgànica, Híbrids,
Polimers, DSC, òxids, perovskites
híbrides

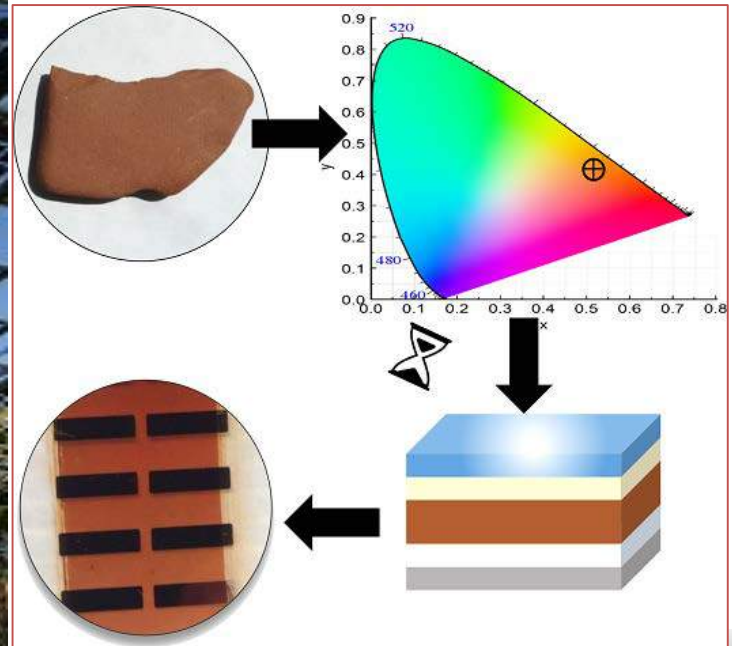


Cèl·lules solars orgàniques/inorgàniques 15 -25 %

PV orgánica: Color y transparencia a la carta

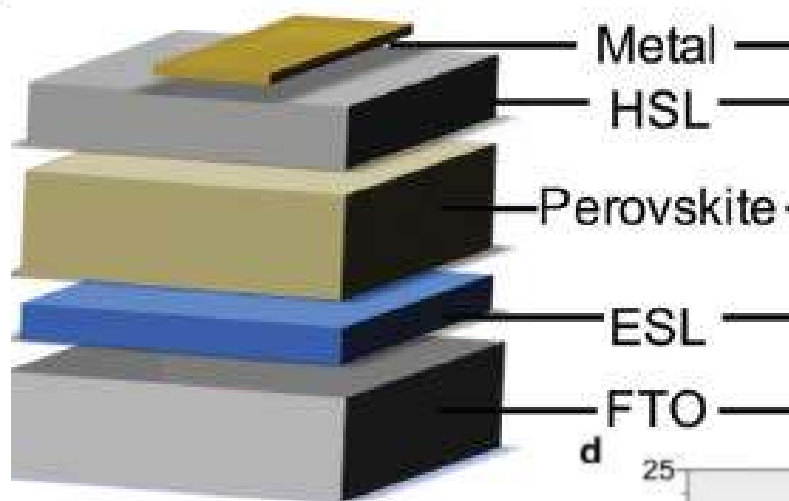


PV orgánica: Color y transparencia a la carta

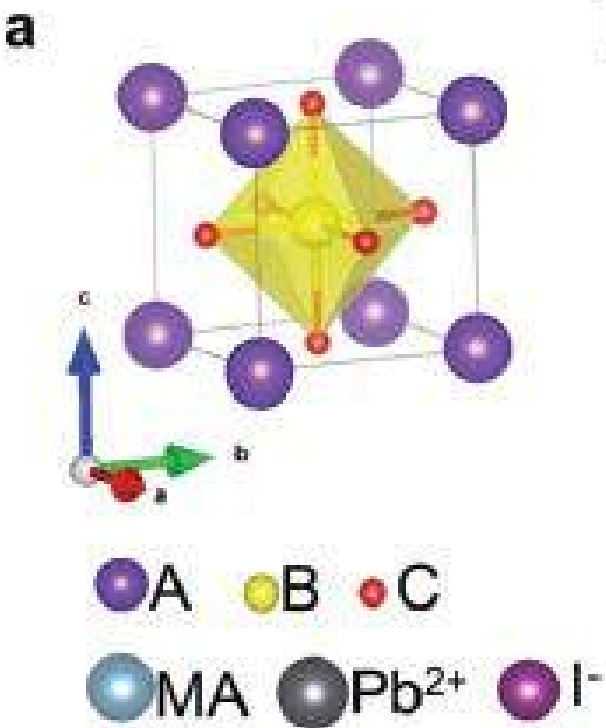


Noves perovskites híbrides: cèl.lules solars

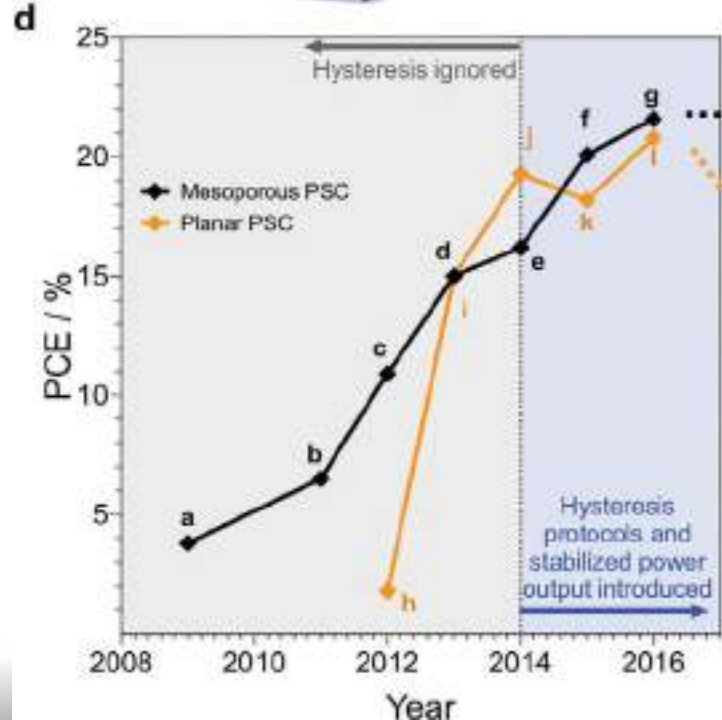
Baix cost i elements abundants



Capes nanomètriques



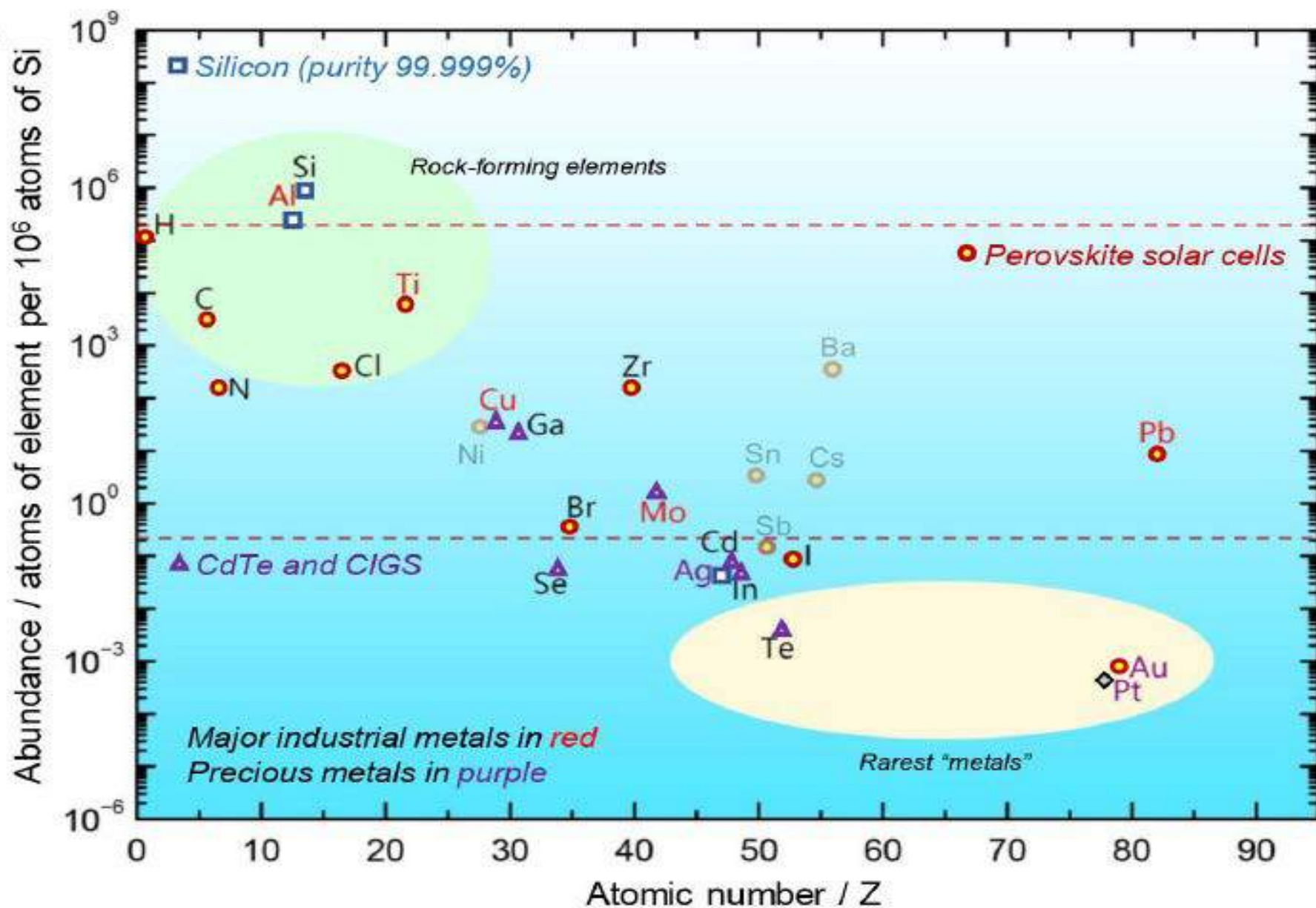
- Nova sorpresa: augment molt ràpid eficiència
- R+D creixent molt ràpidament
- Baix cost: Ink Jet Printing



Noves perovskites híbrides: cèl.lules solars

Baix cost i elements abundants

A

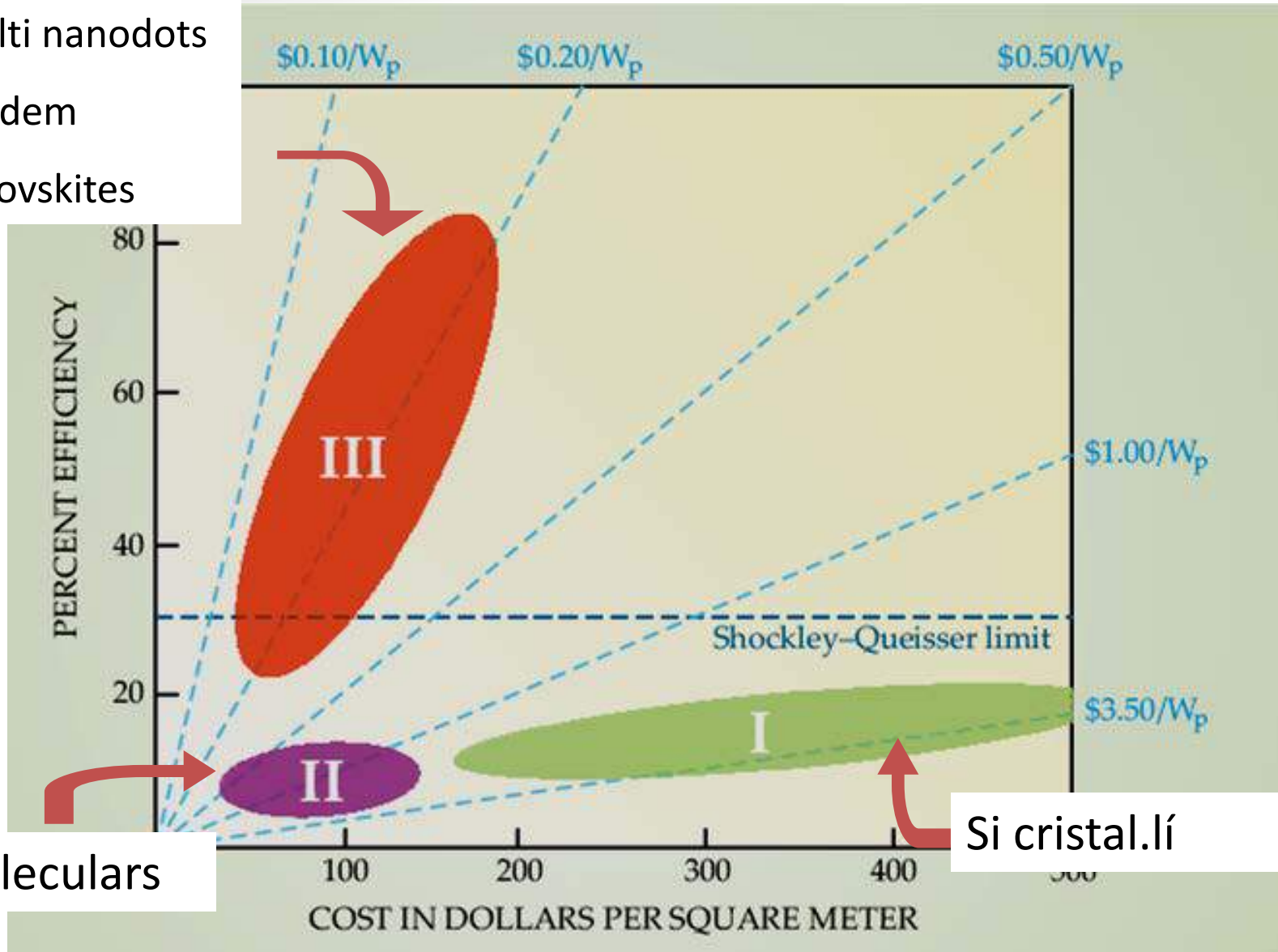


Repte eficiència a baix cost

Multi nanodots

Tàndem

Perovskites



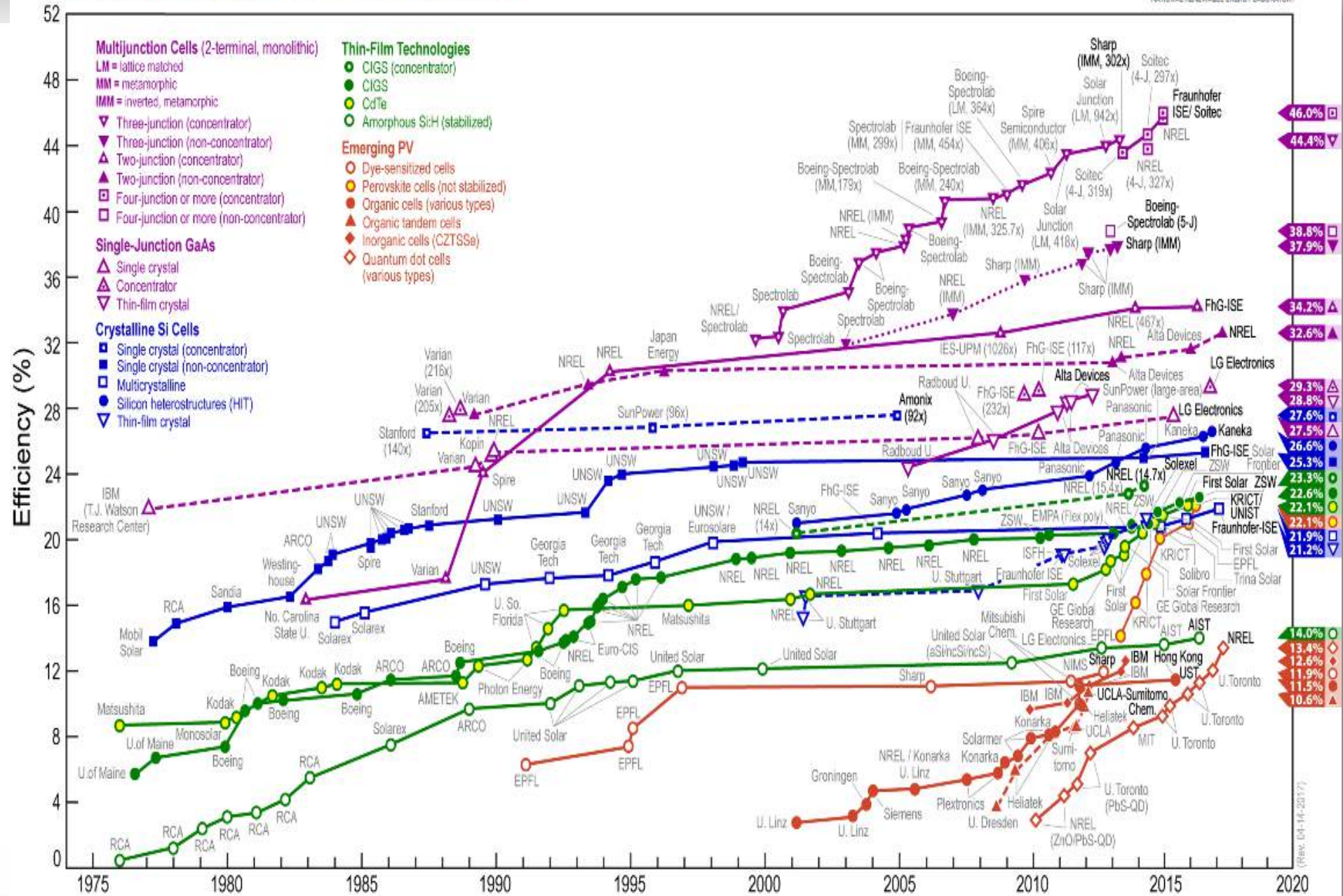
Molecular

Si cristal·lí

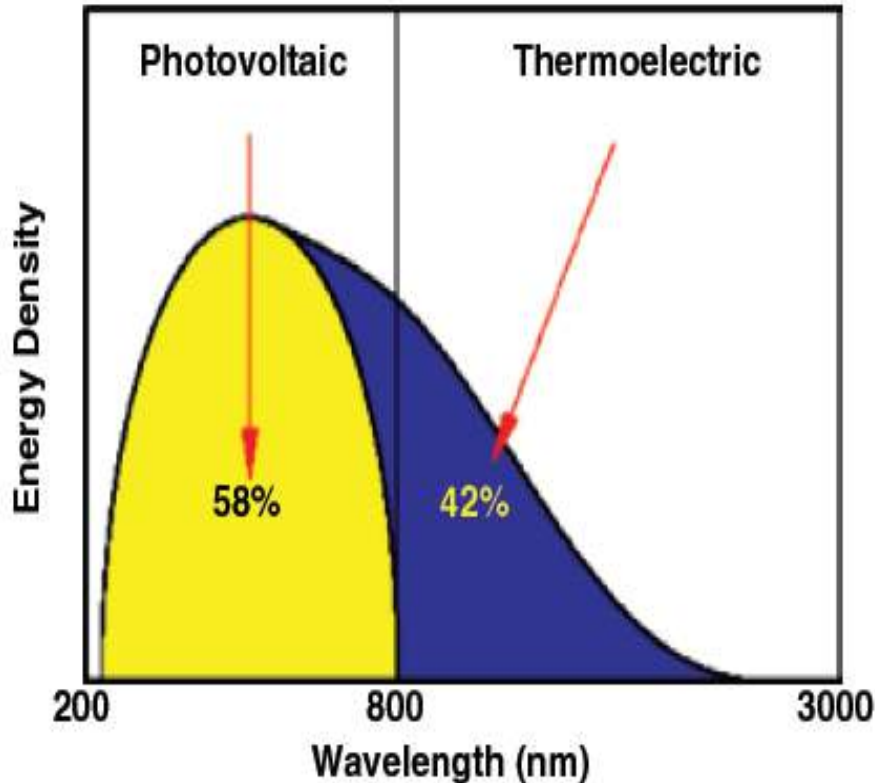
- Noves idees per augmentar l'eficiència a baix cost

Eficiència energia fotovoltaica

Best Research-Cell Efficiencies



Termoelectricitat: generació solar i aprofitament calor



- Aprofitament de tot l'espectre:
42% termoelectric (IR)
- Aprofitament calor perdut de l'energia primària (>60 %)

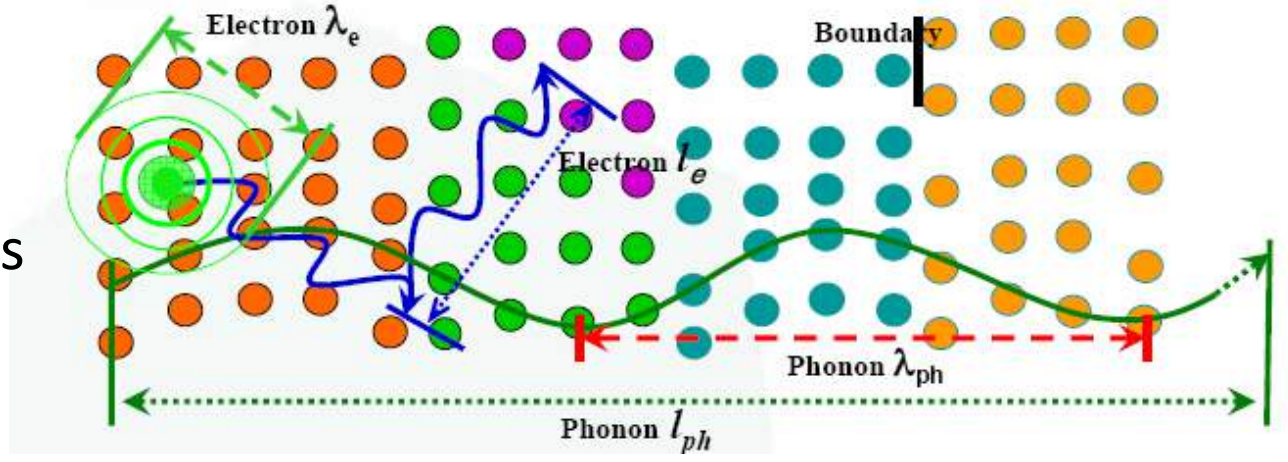
Cal aprofitar tot l'espectre electromagnètic del sol i el calor desapropiat d'energia primària

Convertidors termoelèctrics: aprofitament del calor

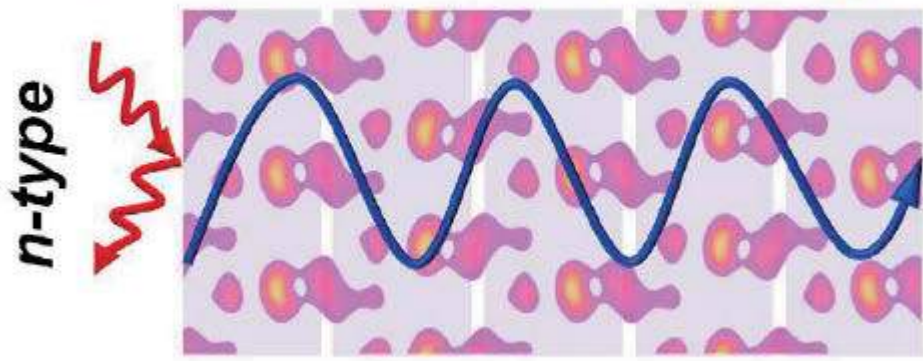
Gradient de temperatura = transport càrrega elèctrica (Voltatge)

$$ZT = \frac{S^2 \cdot \sigma}{\kappa} T$$

Competició electrons i fonons (nm)

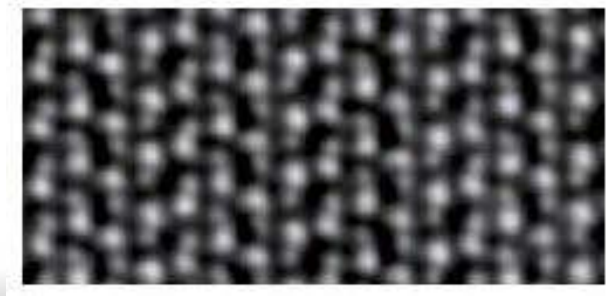


Phonons Charges

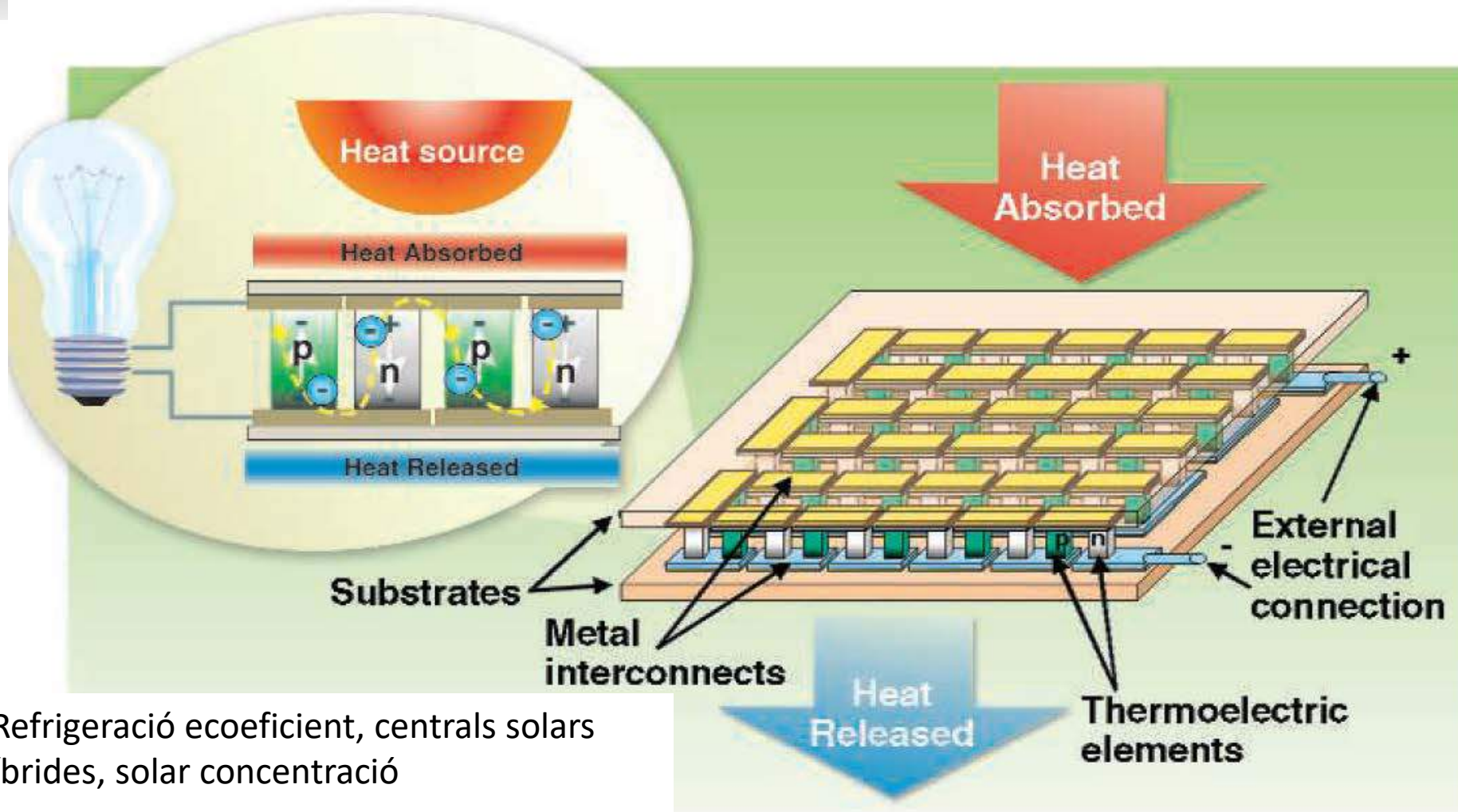


SeSn: estructura 2D. ZT>2.5

- Figura de mèrit: conductivitat elèctrica i tèrmica, efecte Seebeck, Temperatura, Nanoestructura



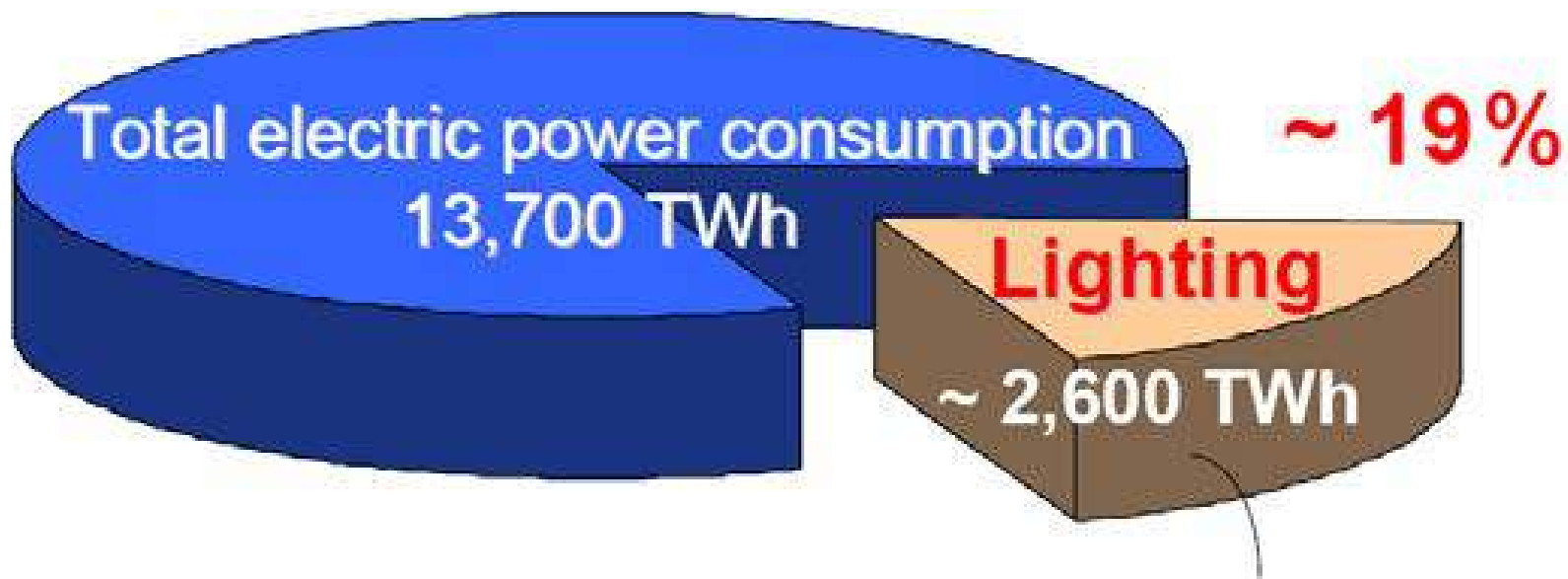
Convertidors termoelèctrics: aprofitament del calor



- Refrigeració ecoeficient, centrals solars híbrides, solar concentració
- Espectre solar IR, recuperació calor automòbil: -20 % consum combustible
- Autonomia energètica Internet de les coses

~ 20 % energia elèctrica mundial consumida en il·luminació

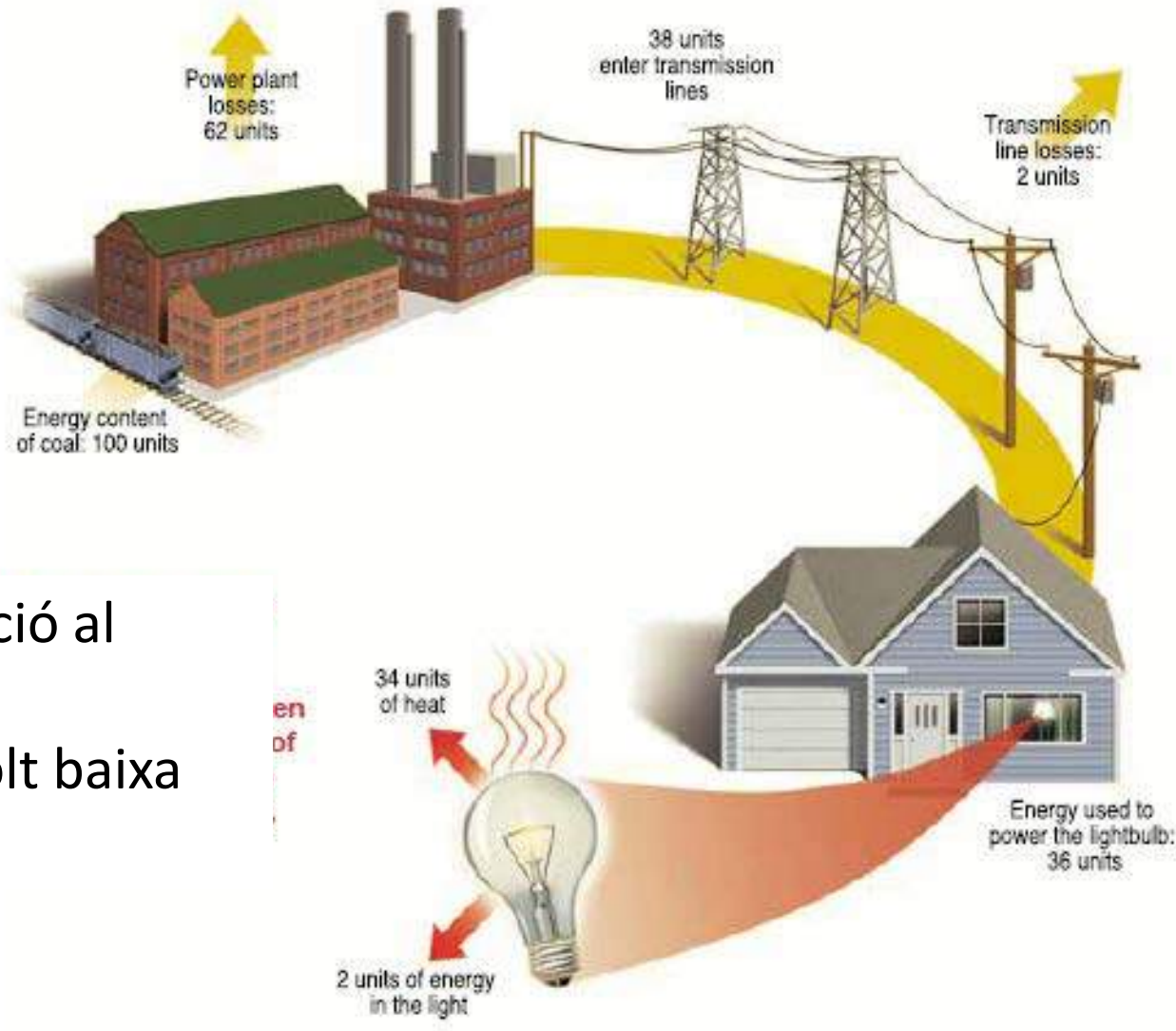
L'imparable ascens dels LEDs



~ 20 % e
L'imparat

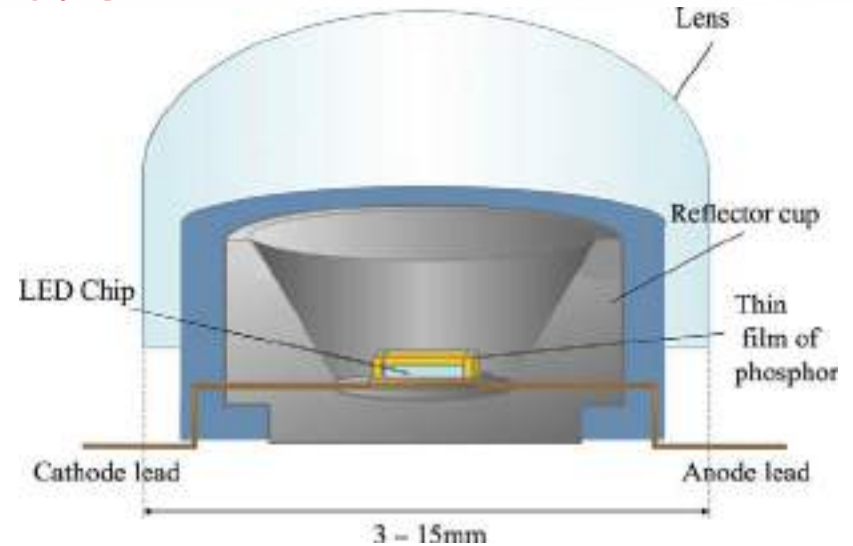
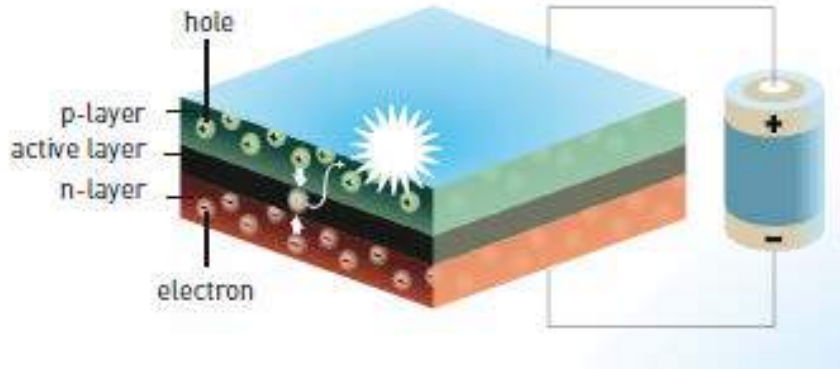
Tota

- De la generació al consumidor
- Eficiència molt baixa (~ 2%)



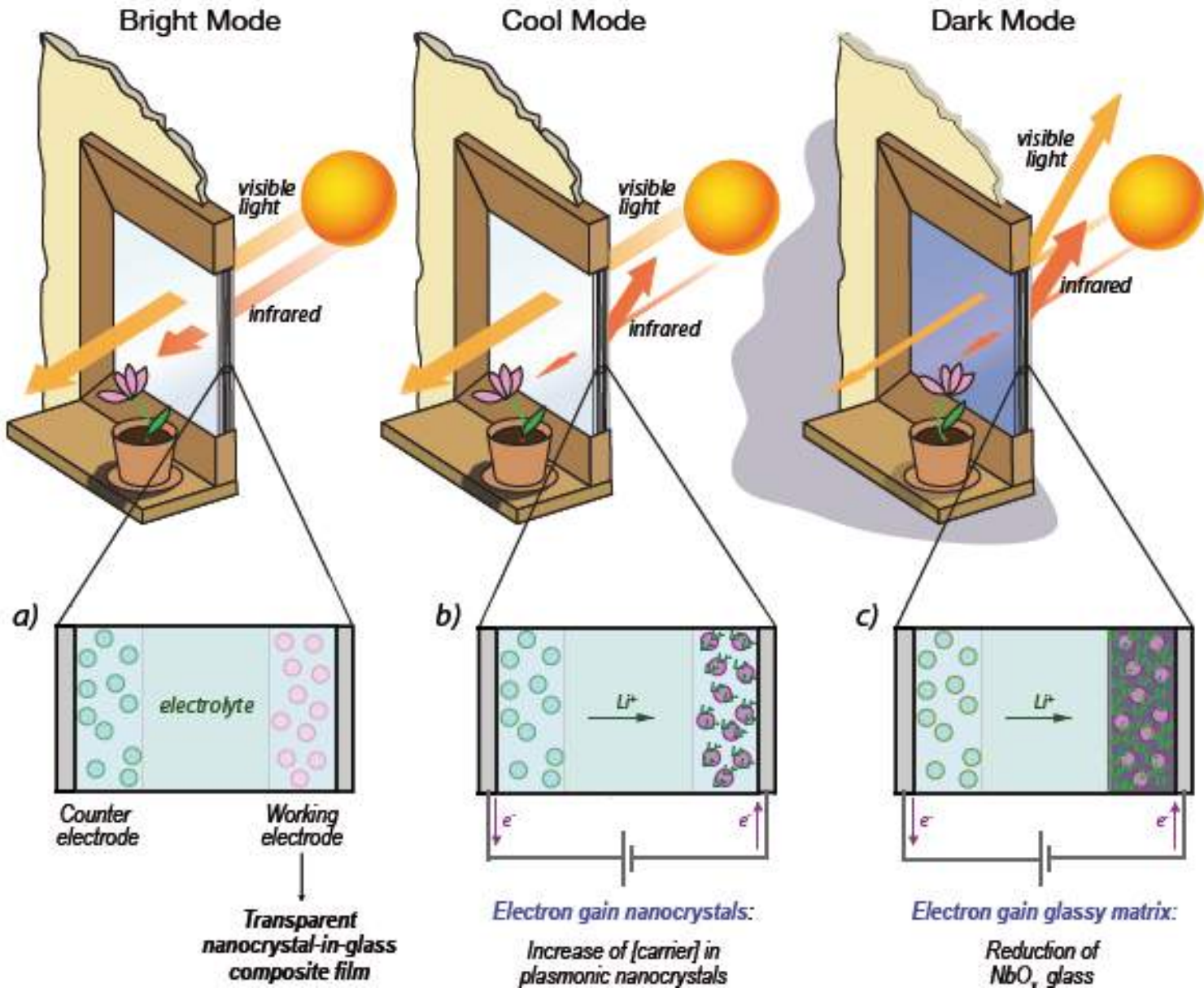
ció

LEDs blancs: emissors blaus semiconductors + fòsfors

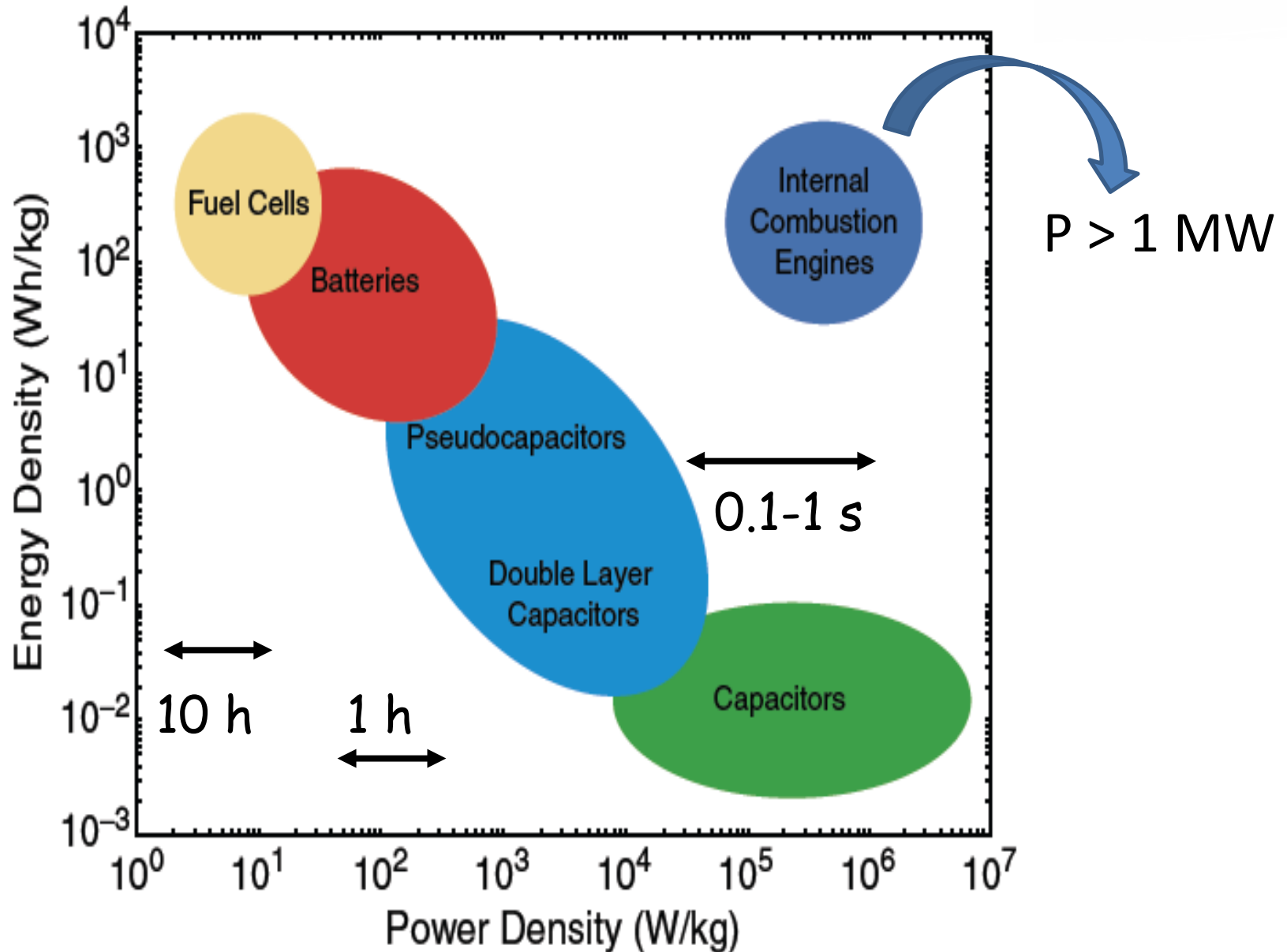


Premi Nobel Física 2014 (Shuji Nakamura)

- Democratització mundial de la il.luminació! (1.500 milions)
- Baix cost i elevada eficiència (x 10)
- 100.000 h ús: estalvi material



Emmagatzematge d'energia : elèctrica vs química fòssil



Bateries alta densitat d'energia



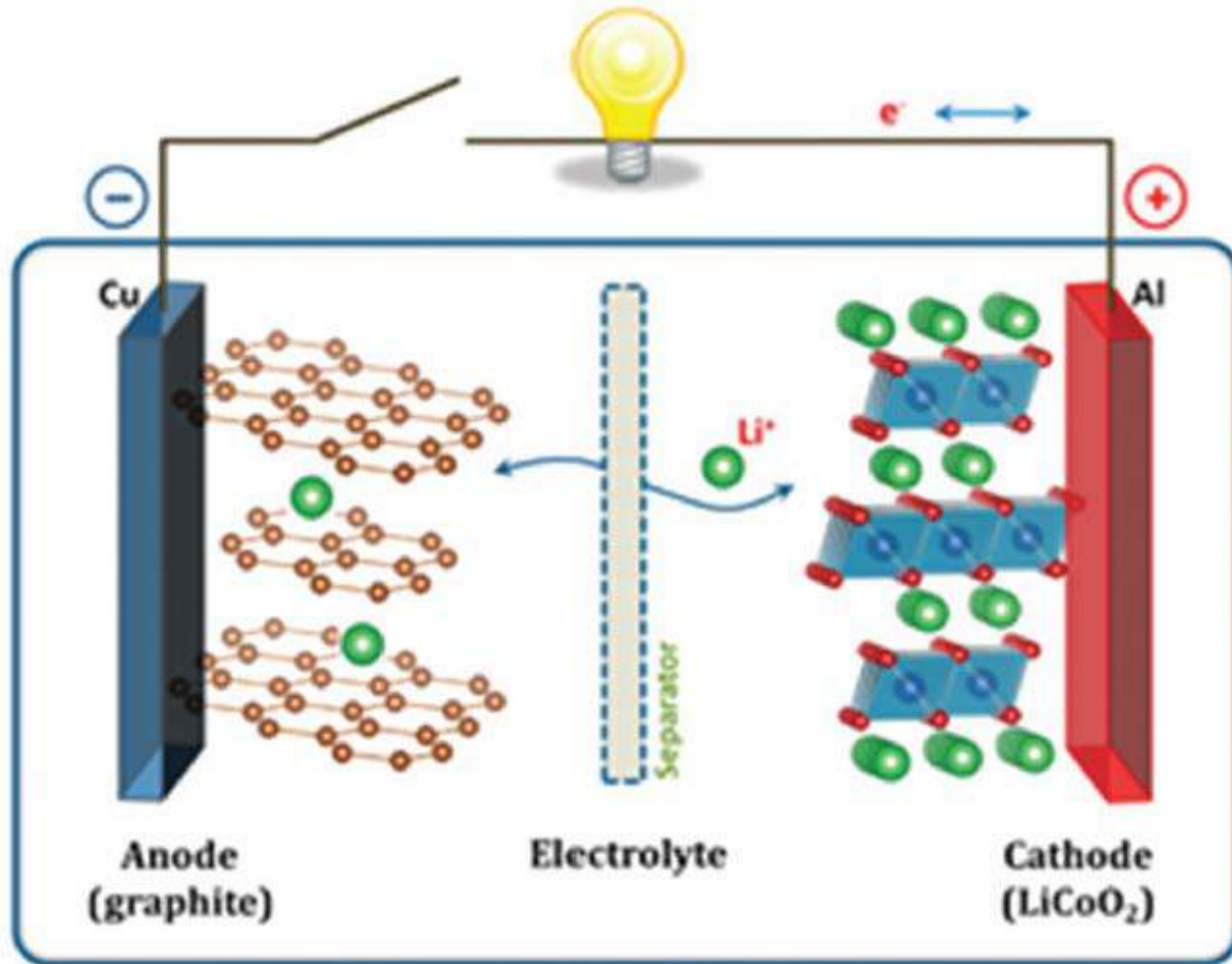
Vehicles elèctrics

- ✚ Menys meitat combustible i CO₂ per cotxe !
- ✚ Captura CO₂ més simple
- ✚ Insonor i rebaixa la pol.lució a àrees urbanes

- ✚ Recarregables
- ✚ Alta densitat energia
- ✚ Petites i lleugeres
- ✚ Verdes

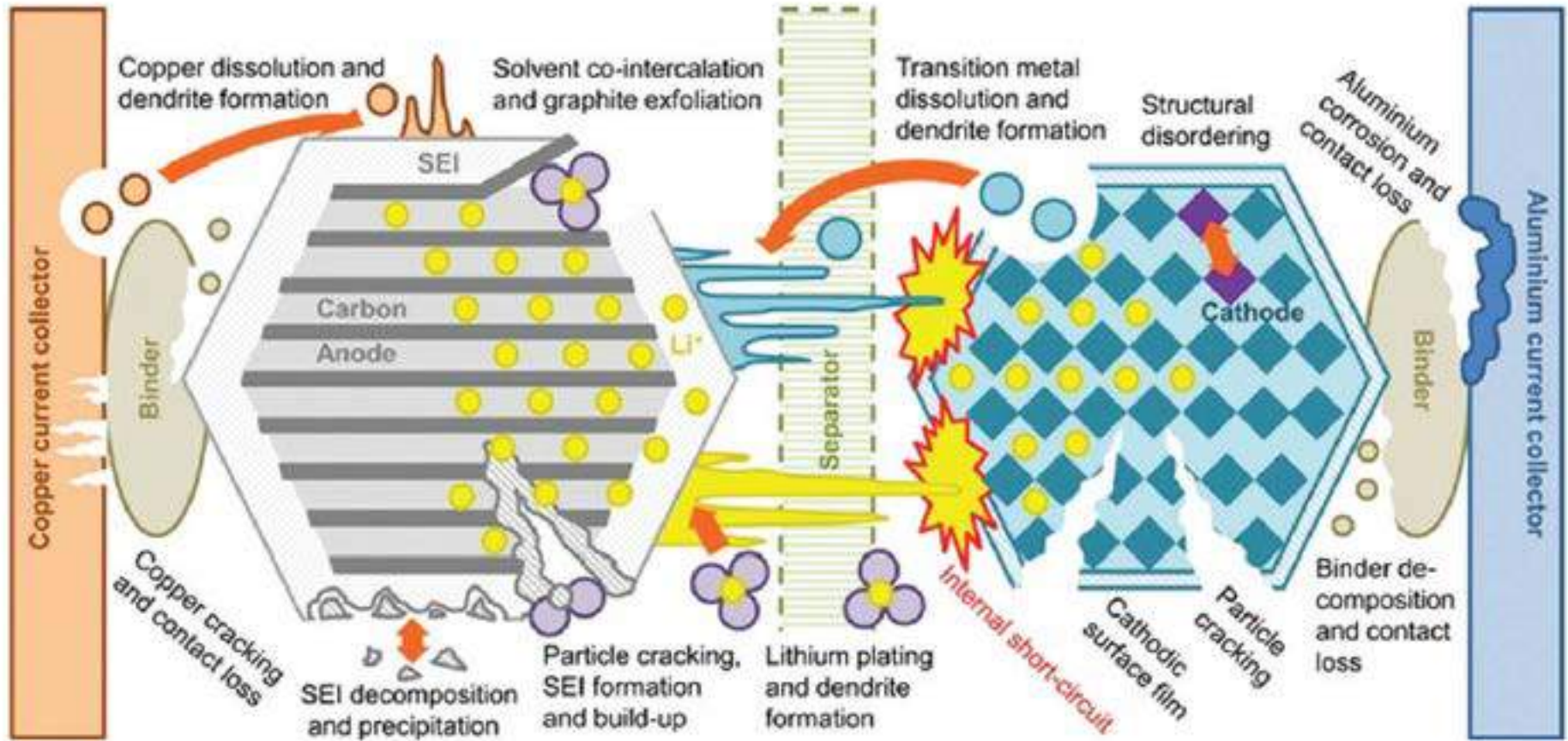


Bateries d'ió Li: complexitat interfacial



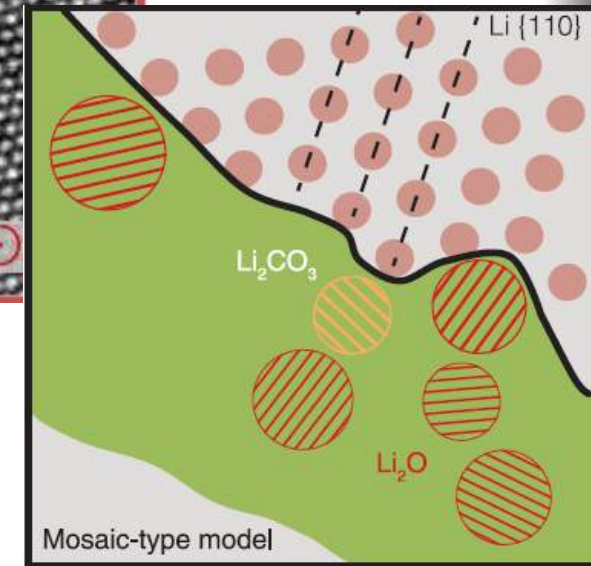
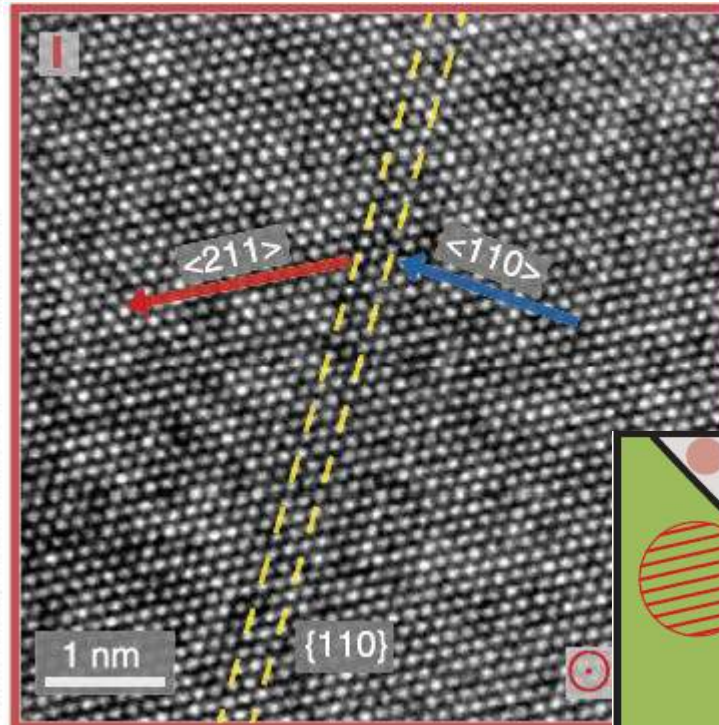
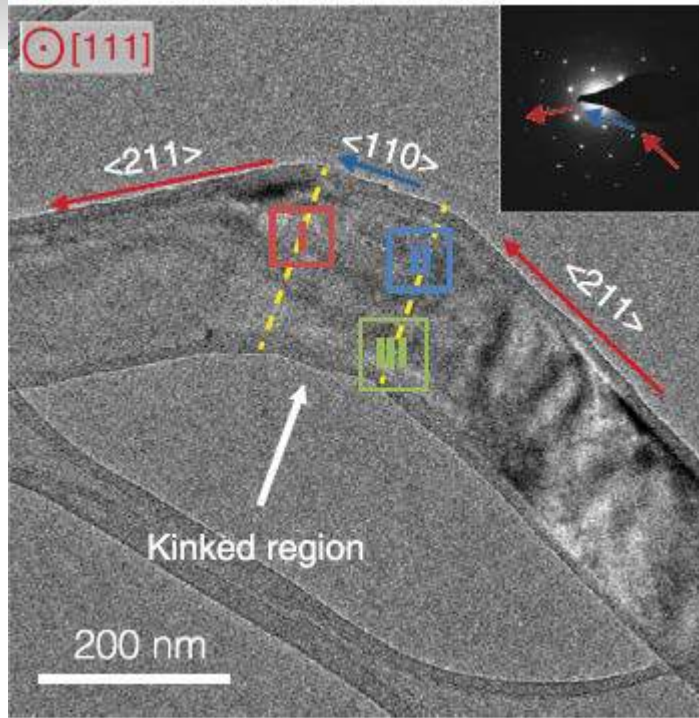
Mecanismes de degradació i envelliment: dendrites de Li a interfície, cal controlar la nanoestructura

Bateries d'ió Li: complexitat interfacial



Mecanismes de degradació i envelliment: dendrites de Li a interfície, cal controlar la nanoestructura

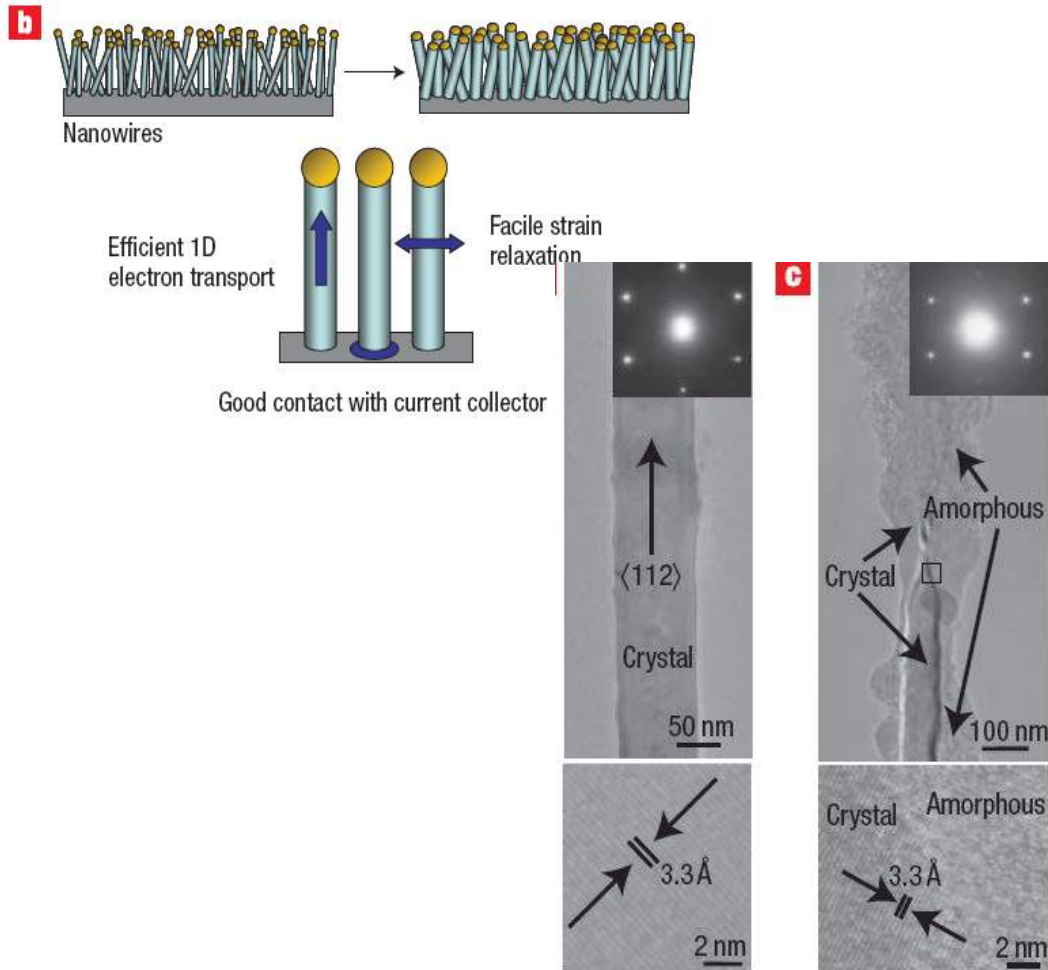
Bateries d'ió Li: complexitat interfacial



Mecanismes de degradació i envelliment: dendrites de Li a interfície, cal controlar la nanoestructura

Bateries: dispositiu electroquímic complex

Control de la nanoestructura

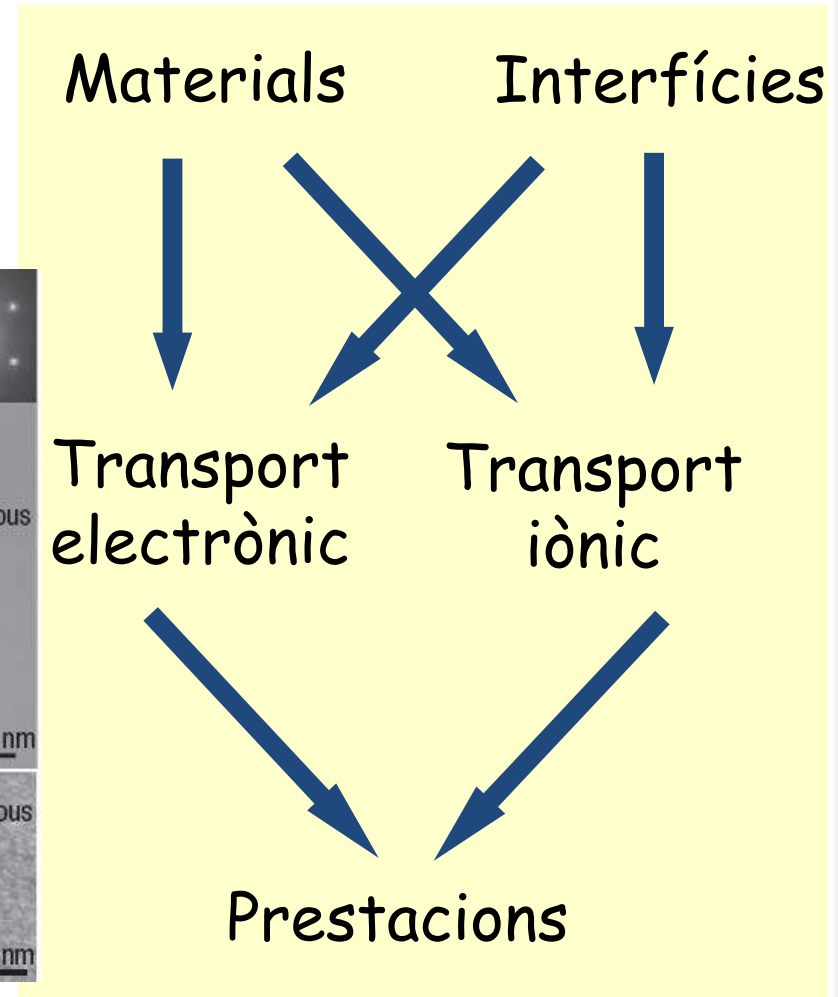
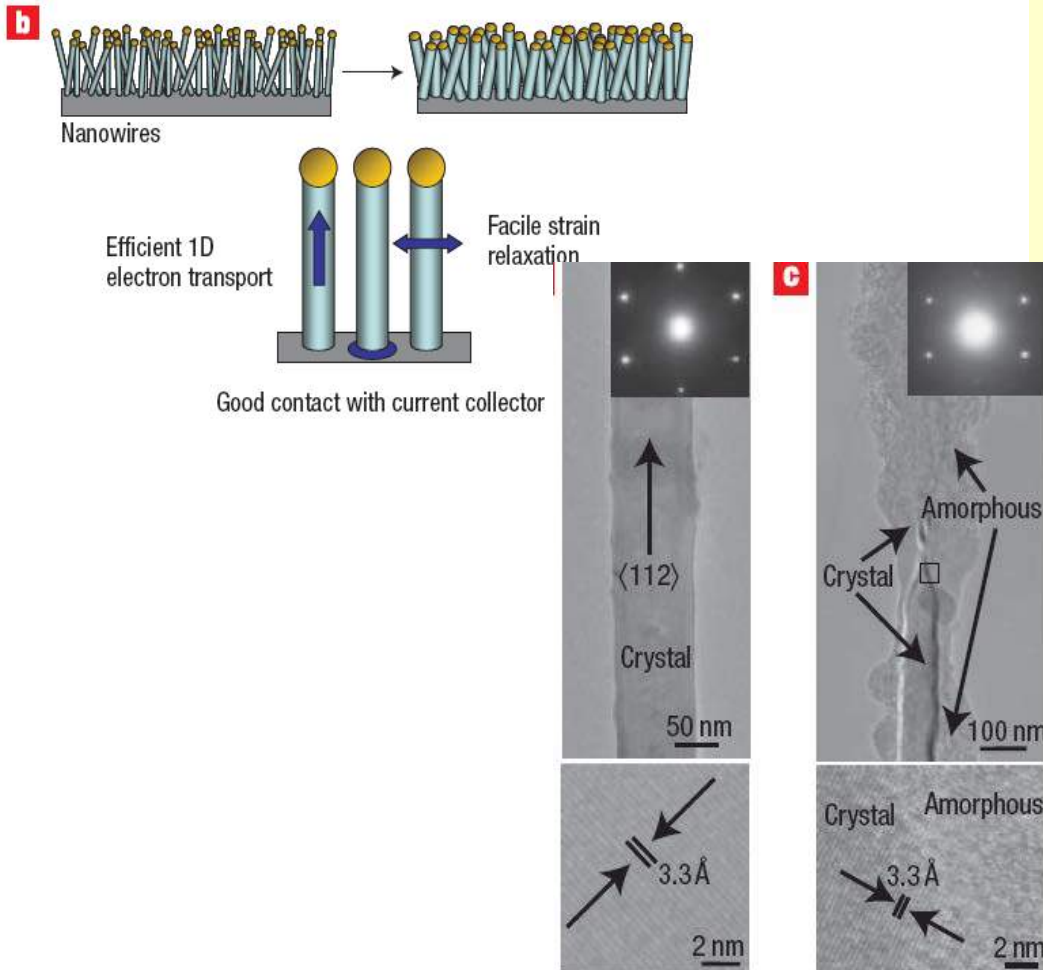


M.R. Palacín. *Chem. Soc. Rev.*, 2009, 38, (2565); *Science* (2016)

J. Cabana et al. *Adv. Mater.*, 2010, 22, (E170)

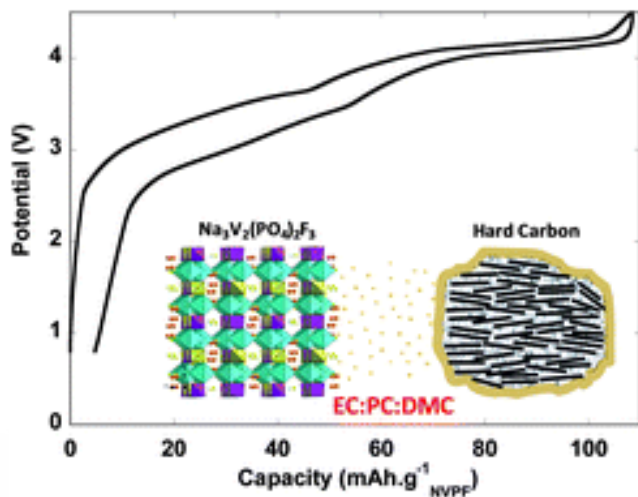
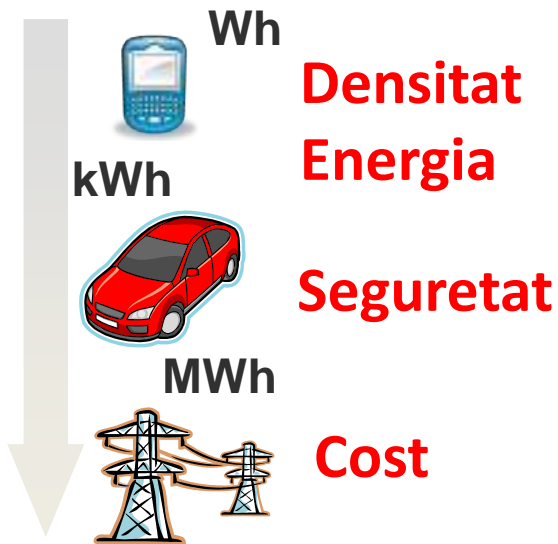
Bateries: dispositiu electroquímic complex

Control de la nanoestructura



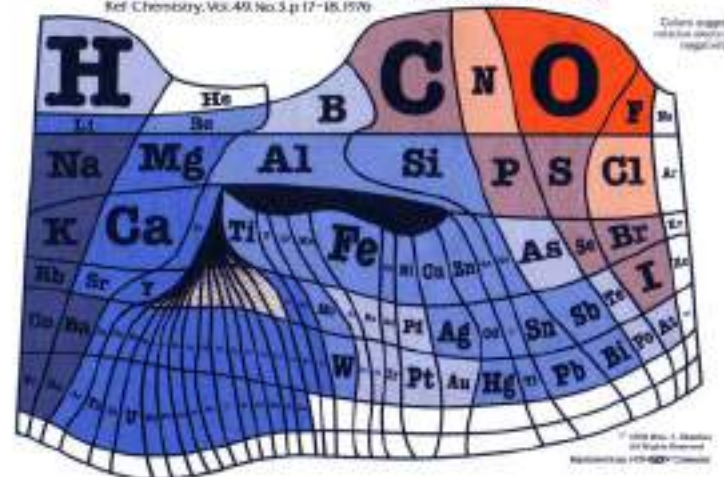
Materials per noves bateries: Sodi i Calci

Forta Demanda



The Elements According to Relative Abundance

A Periodic Chart by Prof. Wm. F. Sheehan, University of Santa Clara, CA 95055
Ref. Chemistry, Vol. 49, No. 3, p. 17-18, 1976



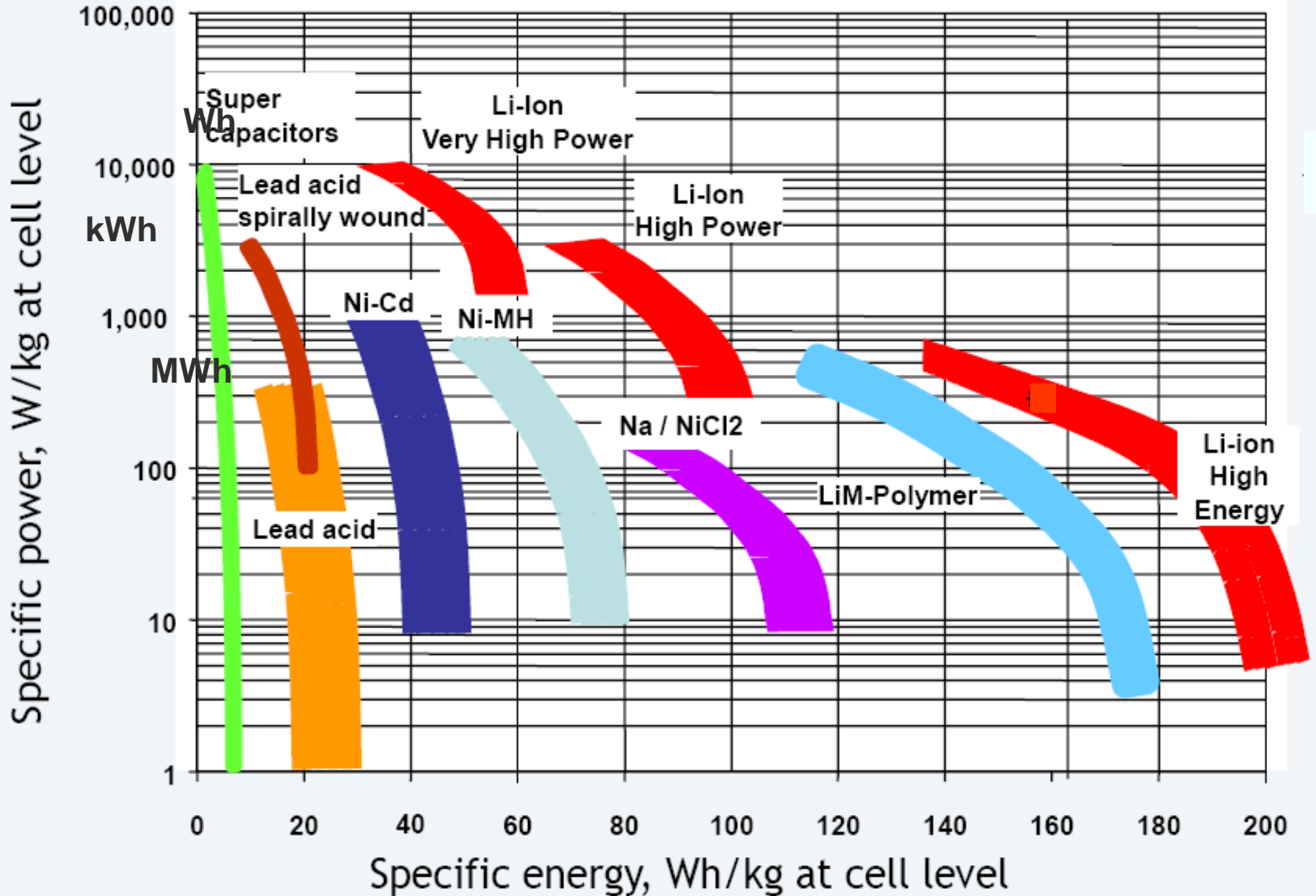
- fonts “ilimitades” (23600 ppm escorça terrestre / 10800 ppm aigua mar comparat amb 20 ppm/ 0.18 ppm pel liti)
- baix cost (0.11 \$/Kg per Na_2CO_3 comparat amb 3.45 \$/kg per Li_2CO_3)
- química intercalació similar a Li
- tecnologies basades en sodi molt prometedores (x3 Li, no inflamable)

Patent ICMAB

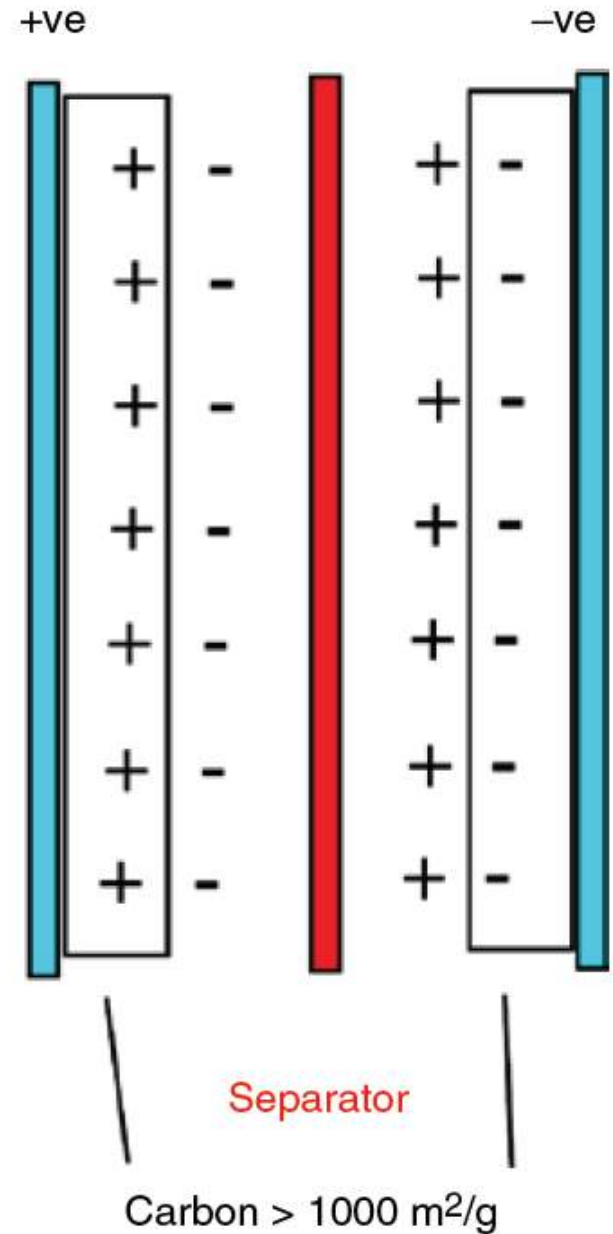
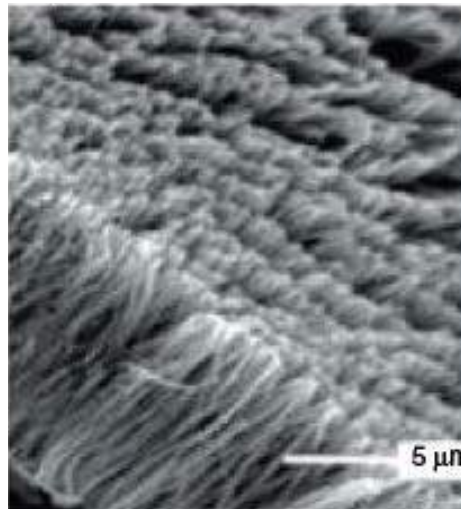
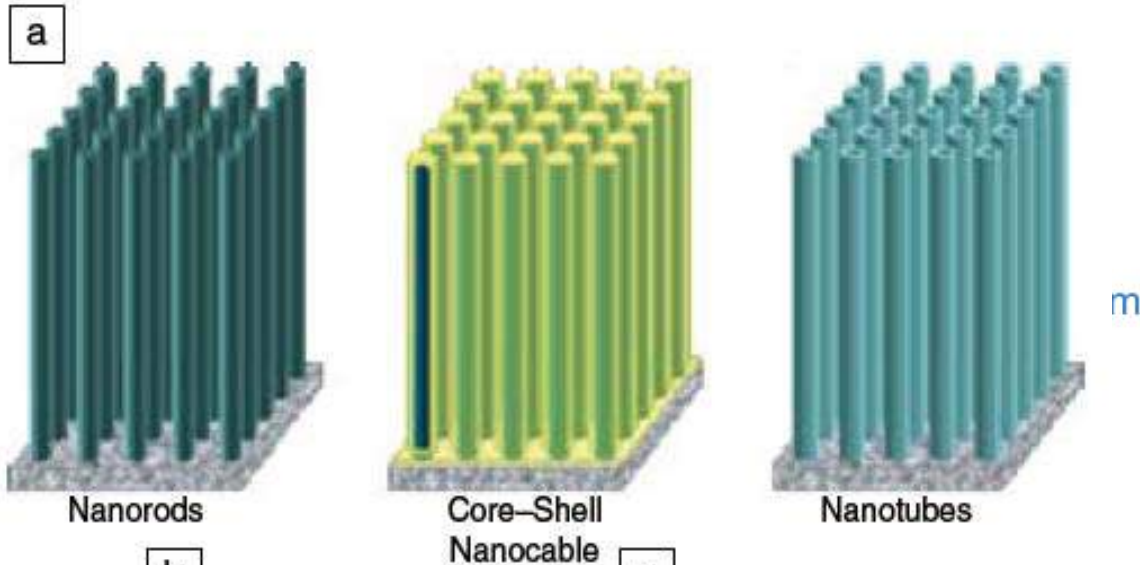
A. Ponrouch et al., *Nature Materials* (2016)

Materials per nuove batterie: Sodio e Calcio

The Elements According to Relative Abundance

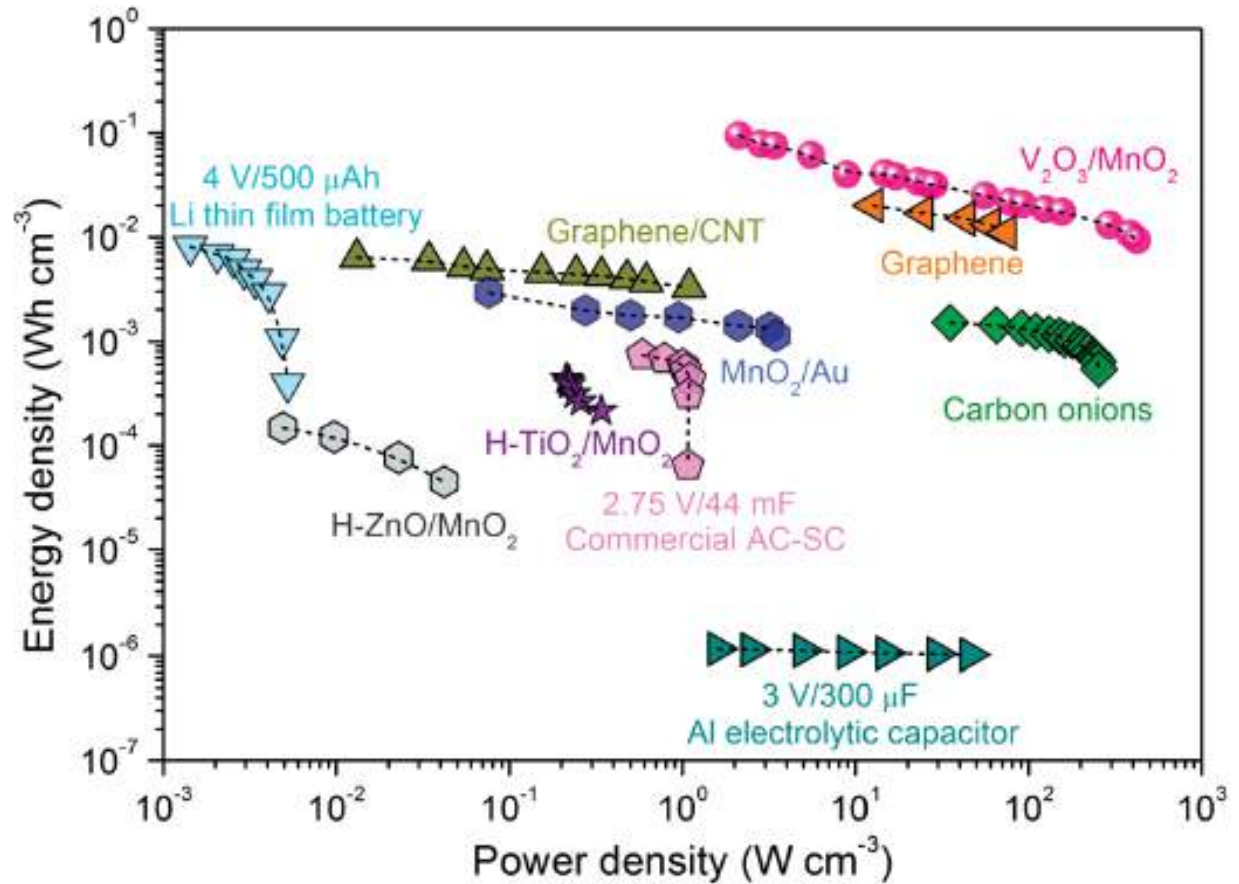
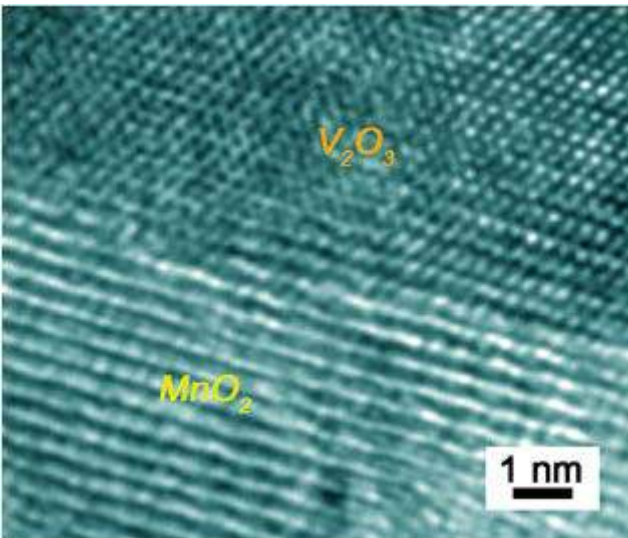
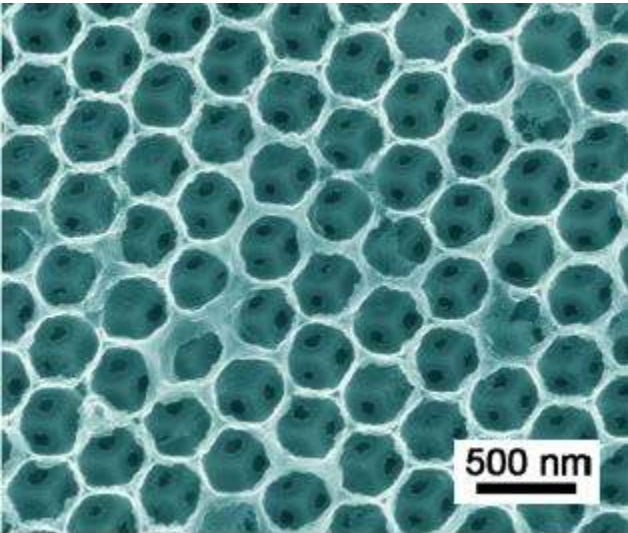


Supercondensadors



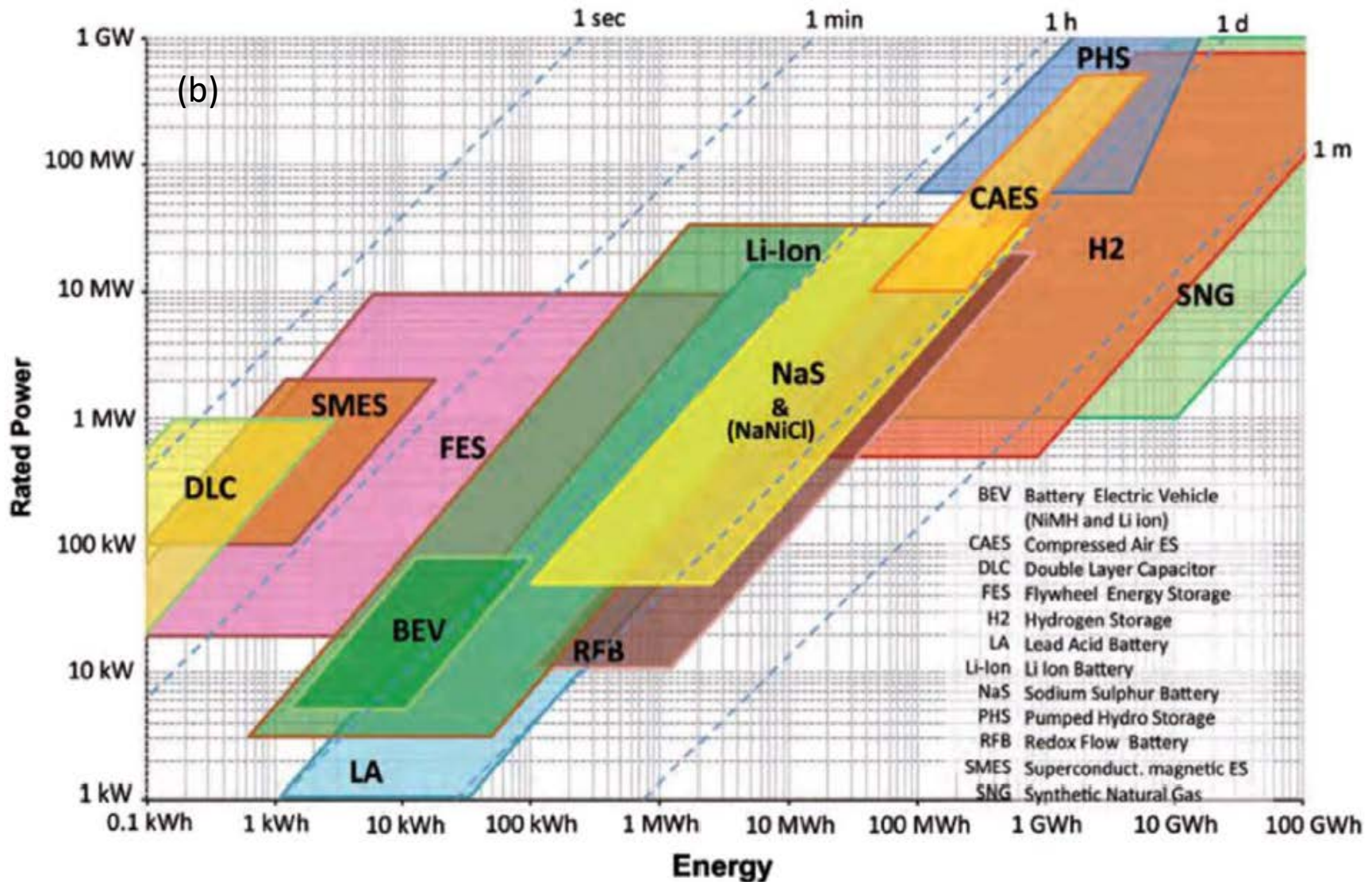
- Carga electrònica ràpida: doble capa (Energia frenada)
- Complement bateries electroquímiques: energia i potència
- Gran superfície específica

Supercondensadors

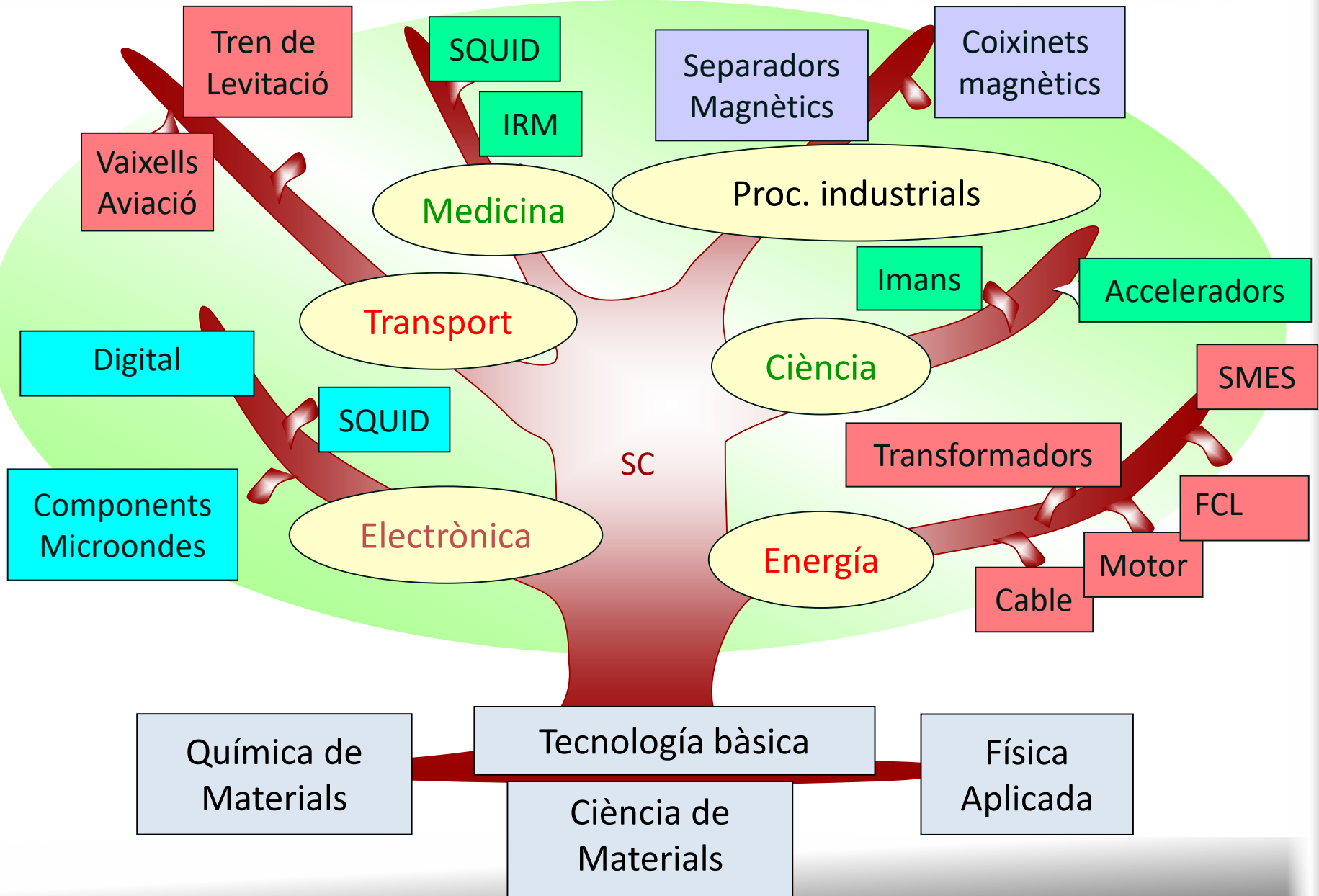


- Nous òxids de metalls de transició
- Materials nanoporosos (gran superfície específica)
- Grafé (> 2.600 m^2/g)

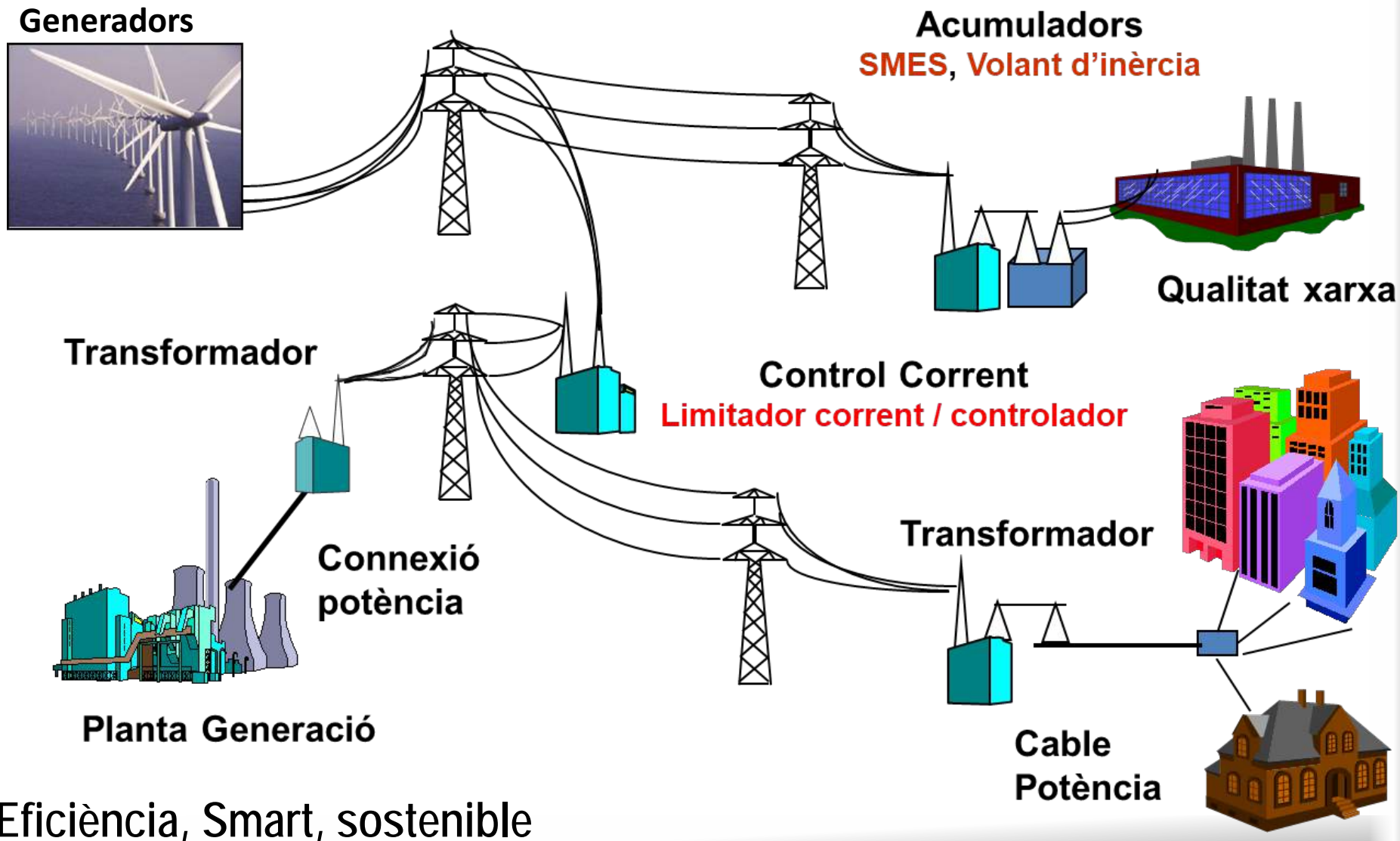
Acumuladors energia: gran diversitat de metodologies



Arbre aplicacions de la Superconductivitat



Superconductivitat: el segon segle de l'electricitat



ENERGY SECTOR

New demands, growing challenges

New demands, facts:

- Higher security of supply
- Enhanced quality of power
- More sustainability
 - Huge renew. energies
 - More efficient systems
 - 3 x 20 target (Europe)
- Ageing infrastructure/grid
- No more overhead lines

Growing challenges

- New technologies required



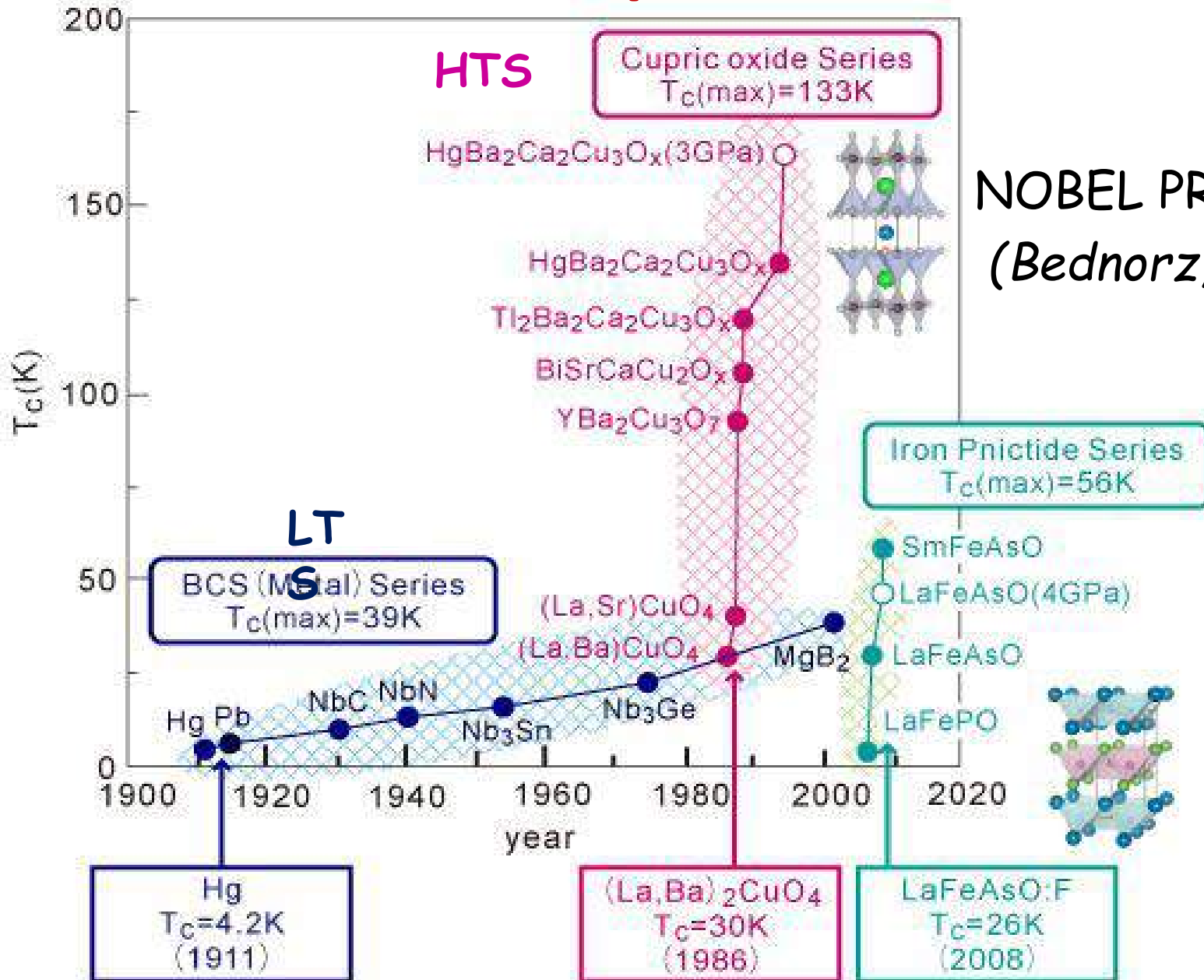
RENEWABLE ENERGIES



NO A LA ALTA TENSIÓ

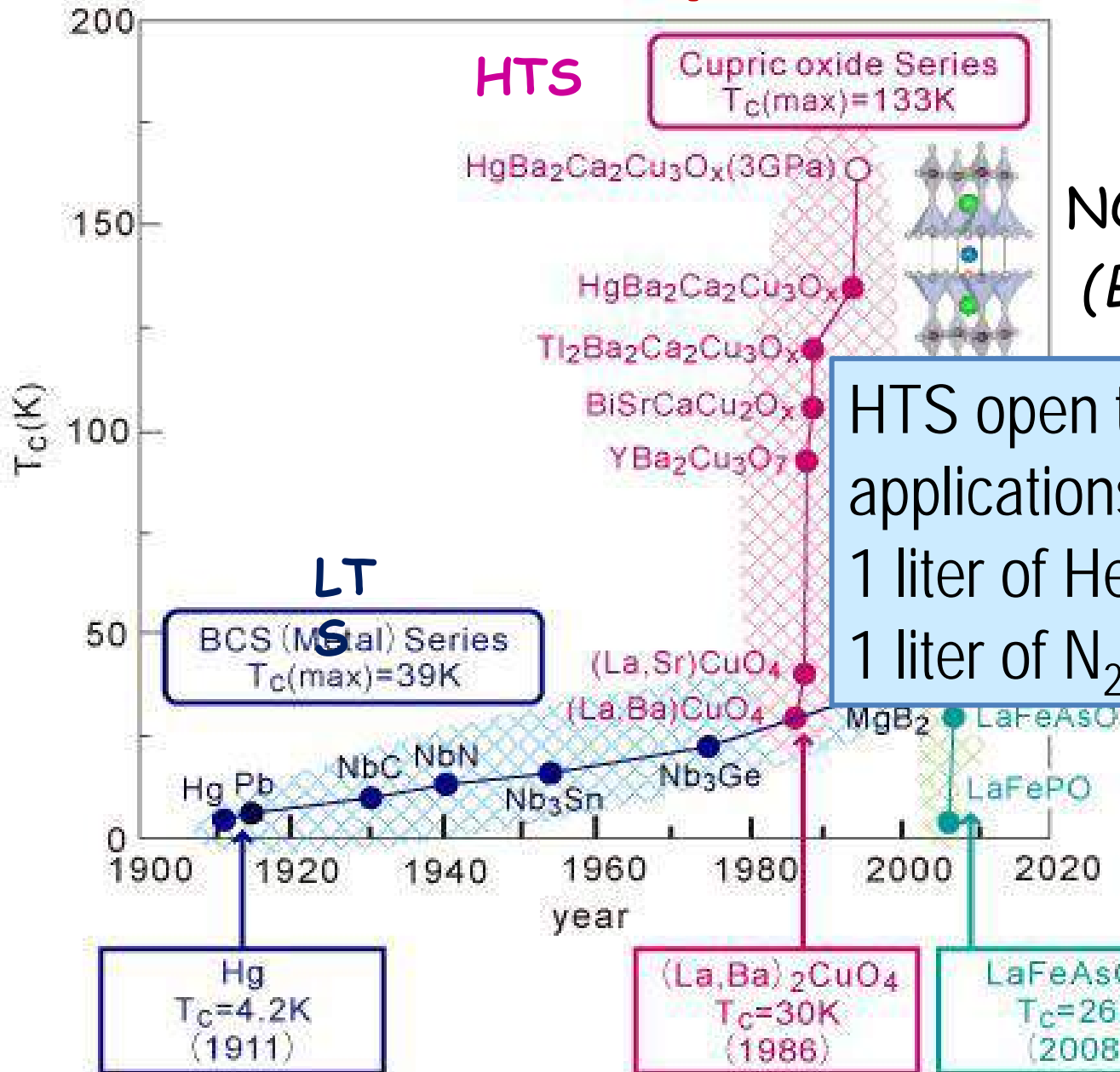


Materials Superconductors



NOBEL PRIZE 1987:
 (Bednorz, Müller)

Materials Superconductors



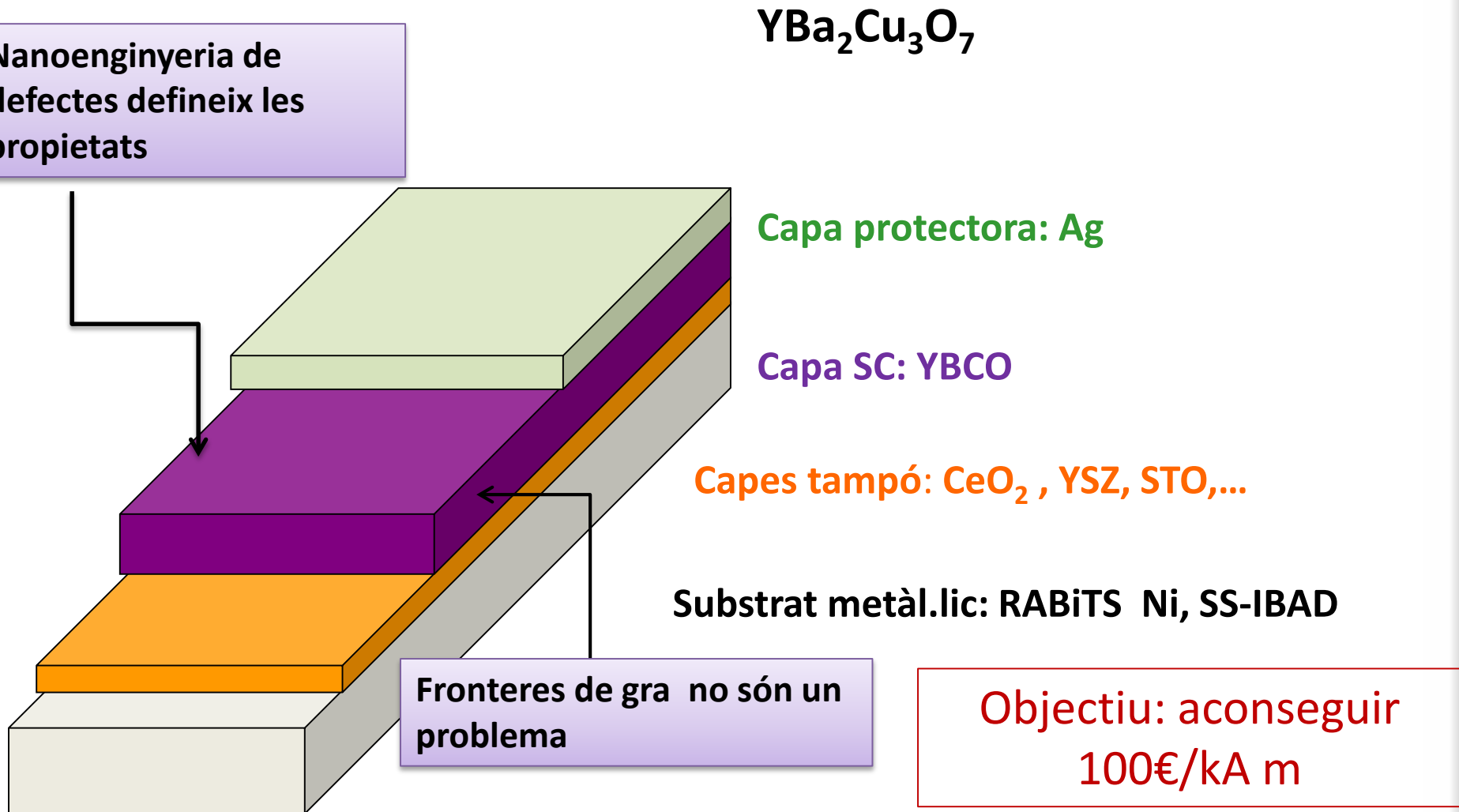
NOBEL PRIZE 1987:
 (Bednorz, Müller)

HTS open the world to energy applications :

1 liter of He (LTS) ~ 10 €

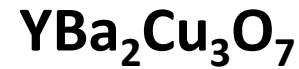
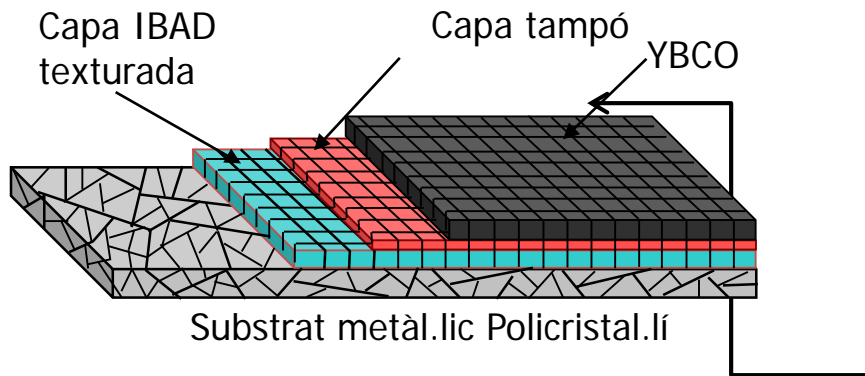
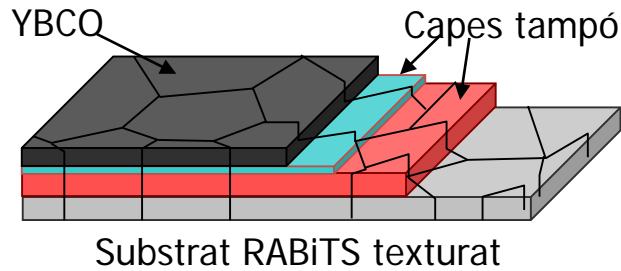
1 liter of N₂ (HTS) ~ 0.5 €

Superconductors: arquitectura epitaxial



Control de la nanoestructura en llargàries km

Superconductors: arquitectura epitaxial



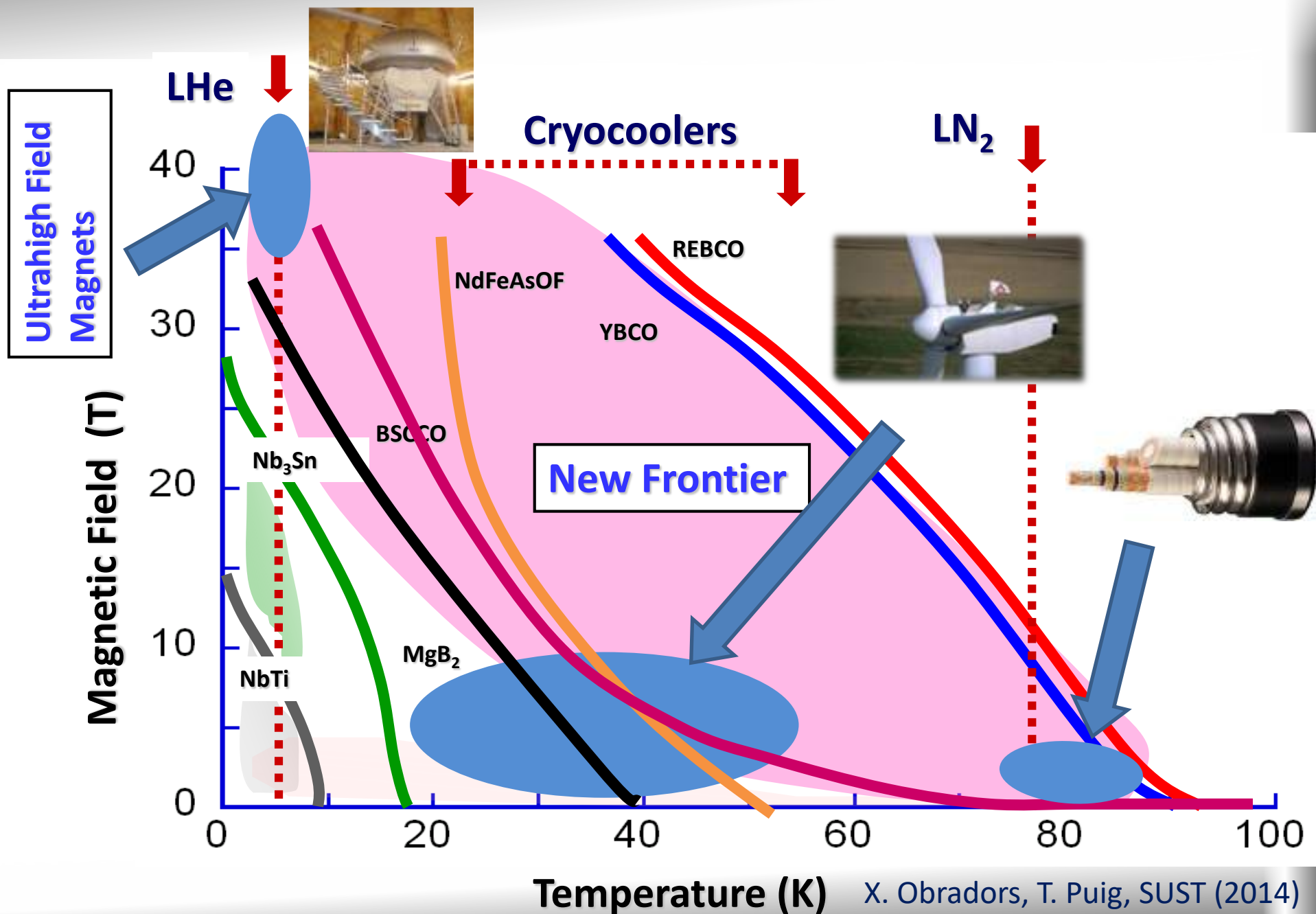
100 vegades més corrent que el Cu



Objectiu: aconseguir
100€/kA m

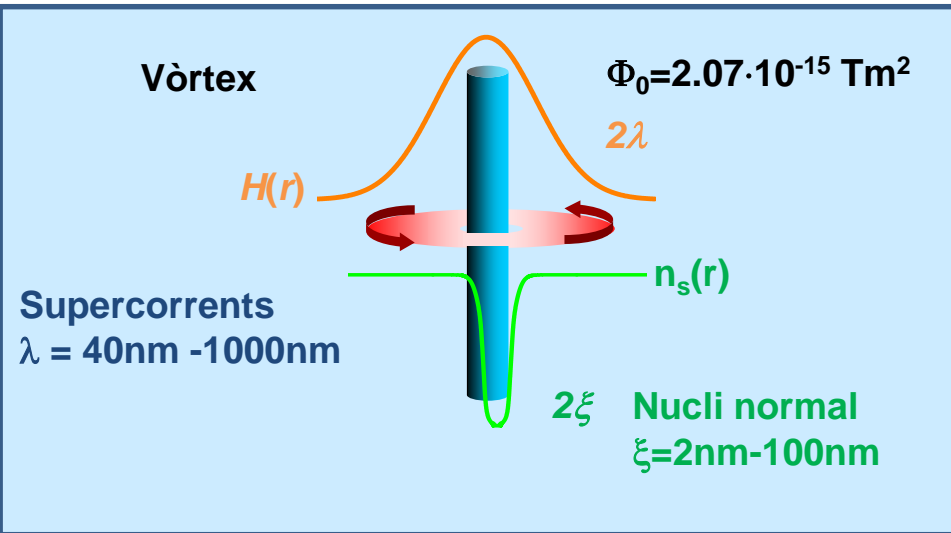
Control de la nanostructura en llargàries km

Noves fronteres per les aplicacions

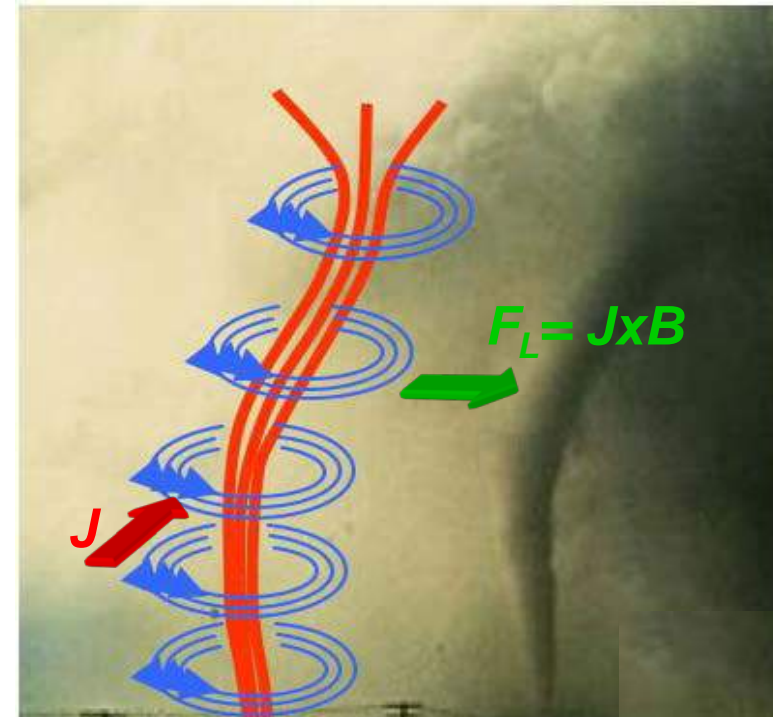


Per què la nanotecnologia és important a la superconductivitat ?

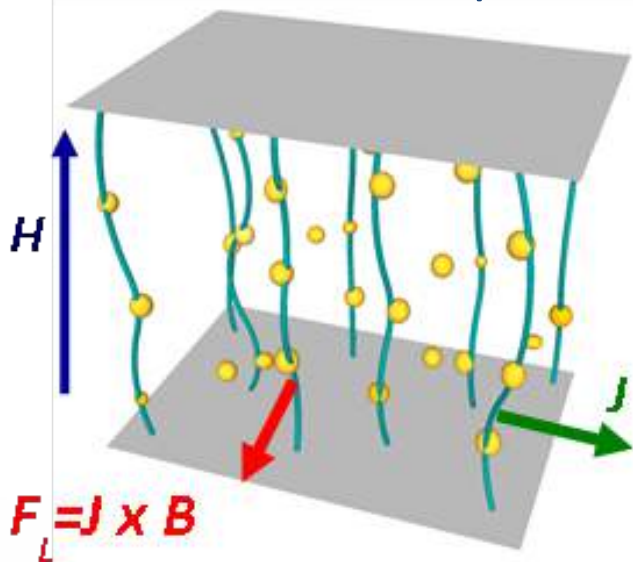
Les prestacions dependen del moviment dels vòrtex



La nano-escala a la Superconductivitat

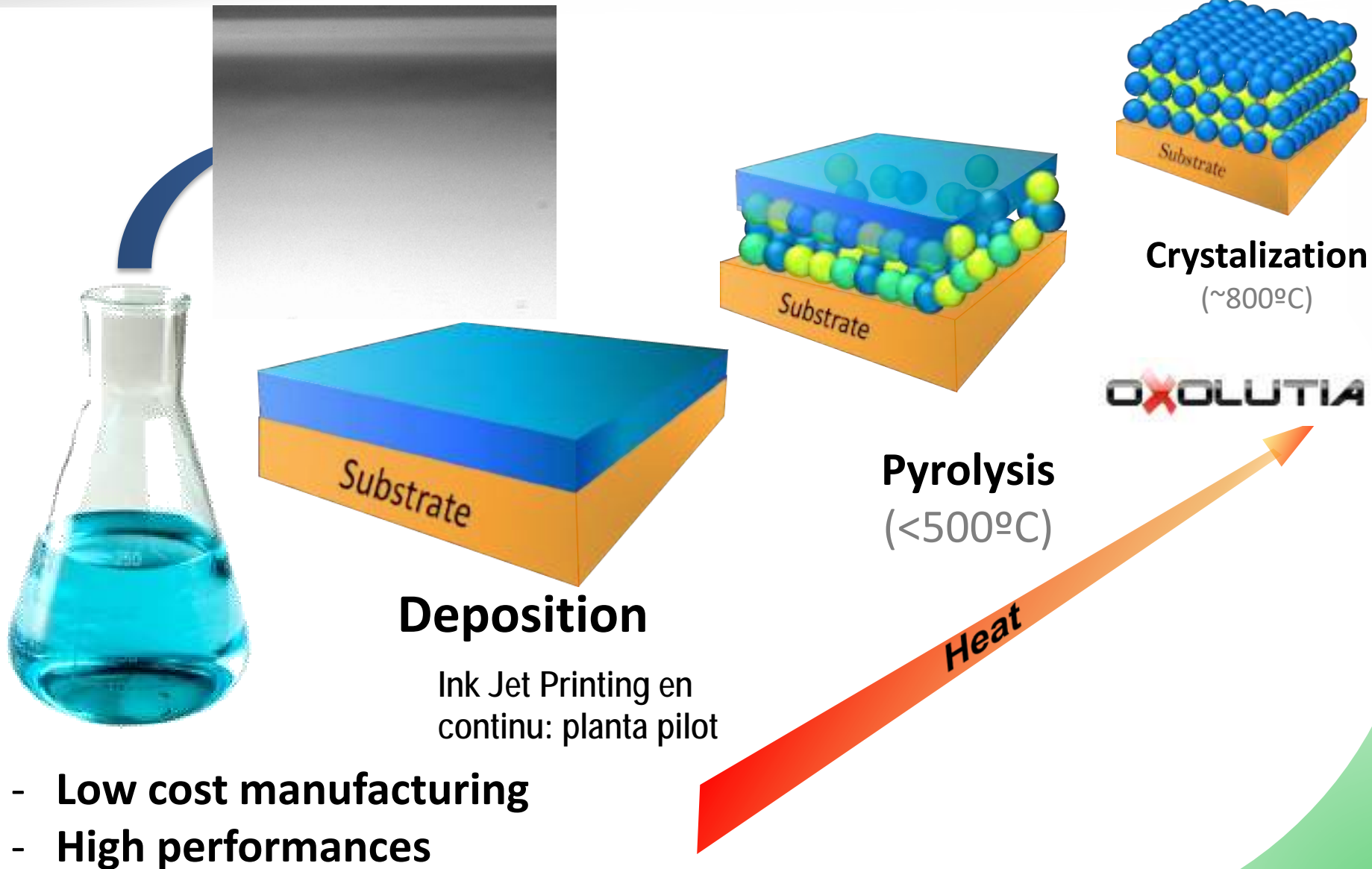


El corrent elèctric genera una força que mou els vòrtex: dissipació



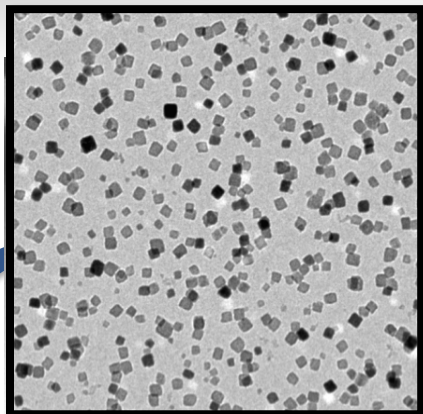
Necessitem immobilitzar els vòrtex als defectes nanomètrics del material

Conductors per Deposició Solucions Químiques a l'ICMAB

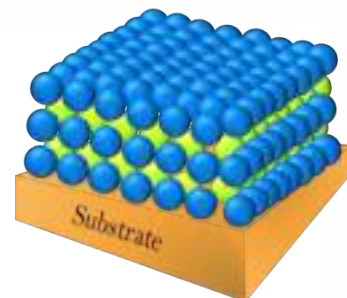


Conductors per Deposició Solucions Químiques a

I'ICMAB



BaZrO₃ : 4-9 nm



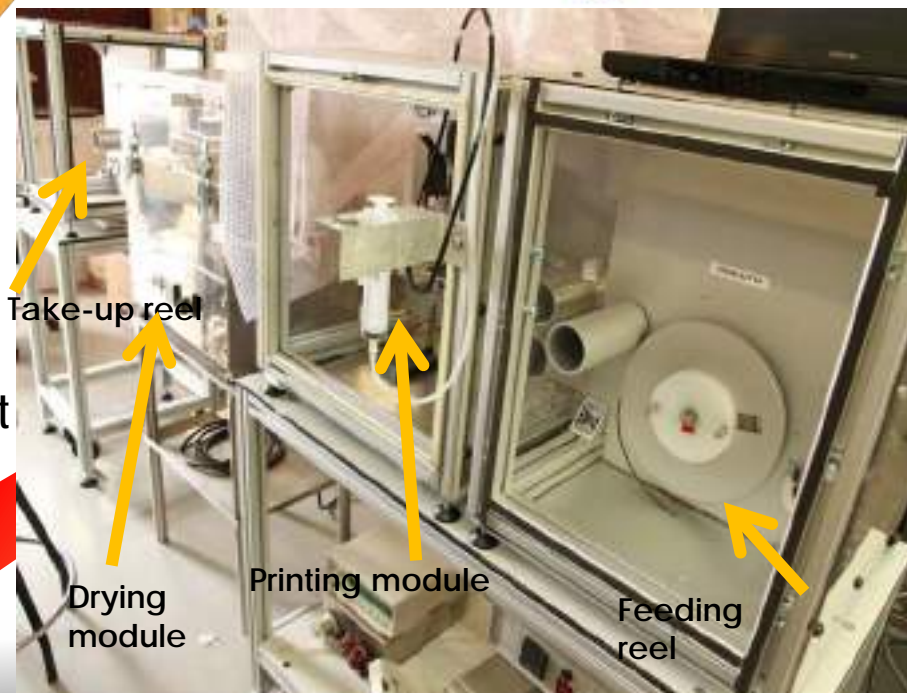
Crystallization
(~800°C)

OXOLUTIA



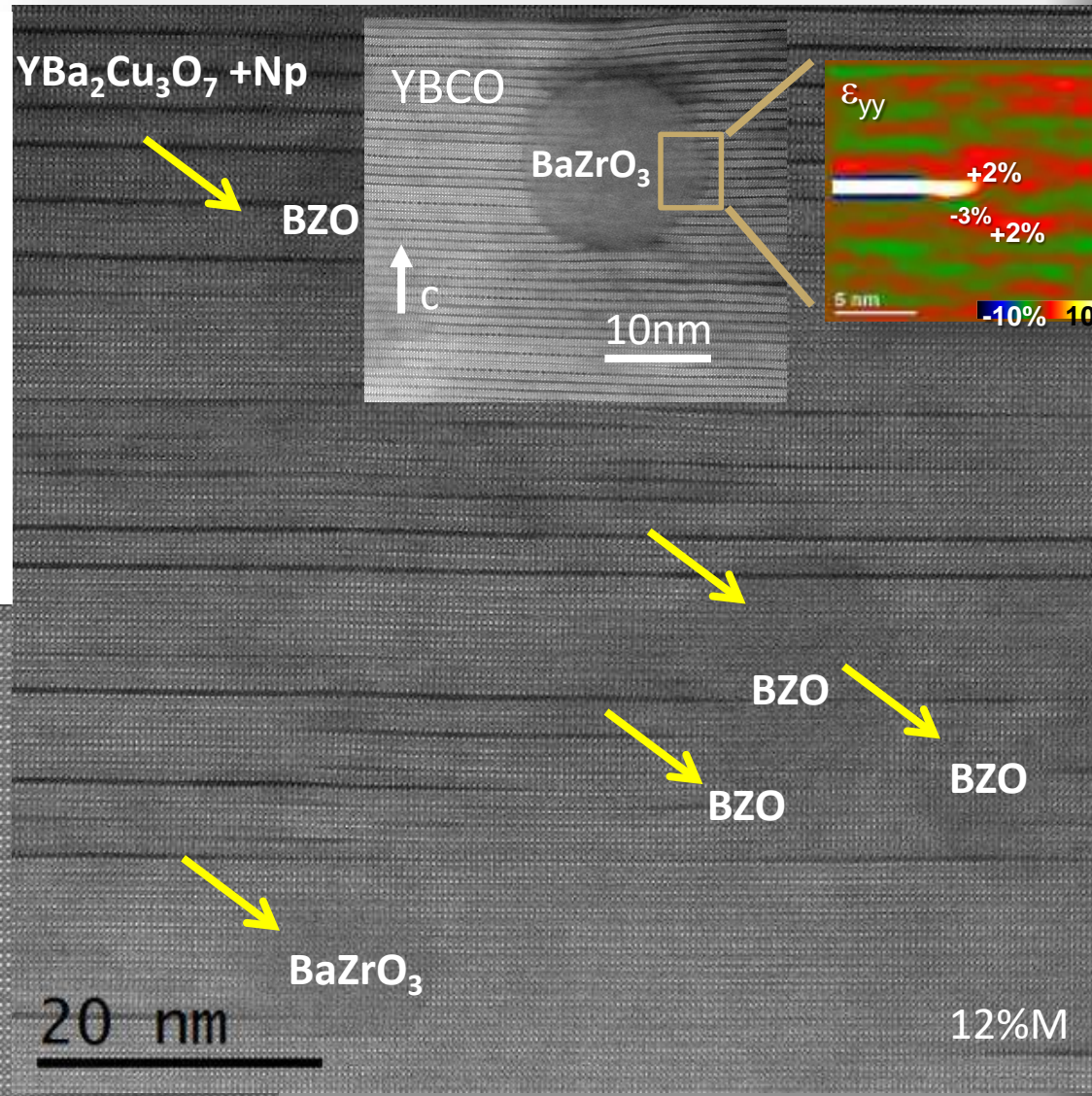
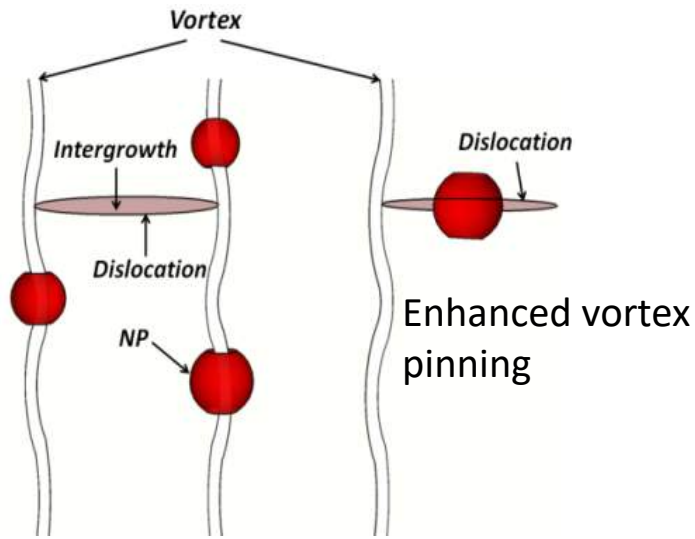
Deposition

Ink Jet Printing en
continu: planta pilot



- Low cost manufacturing
- High performances

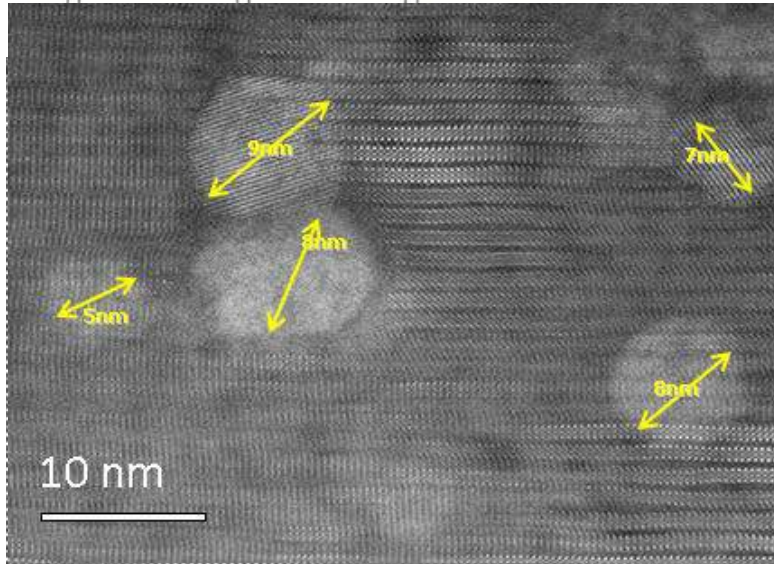
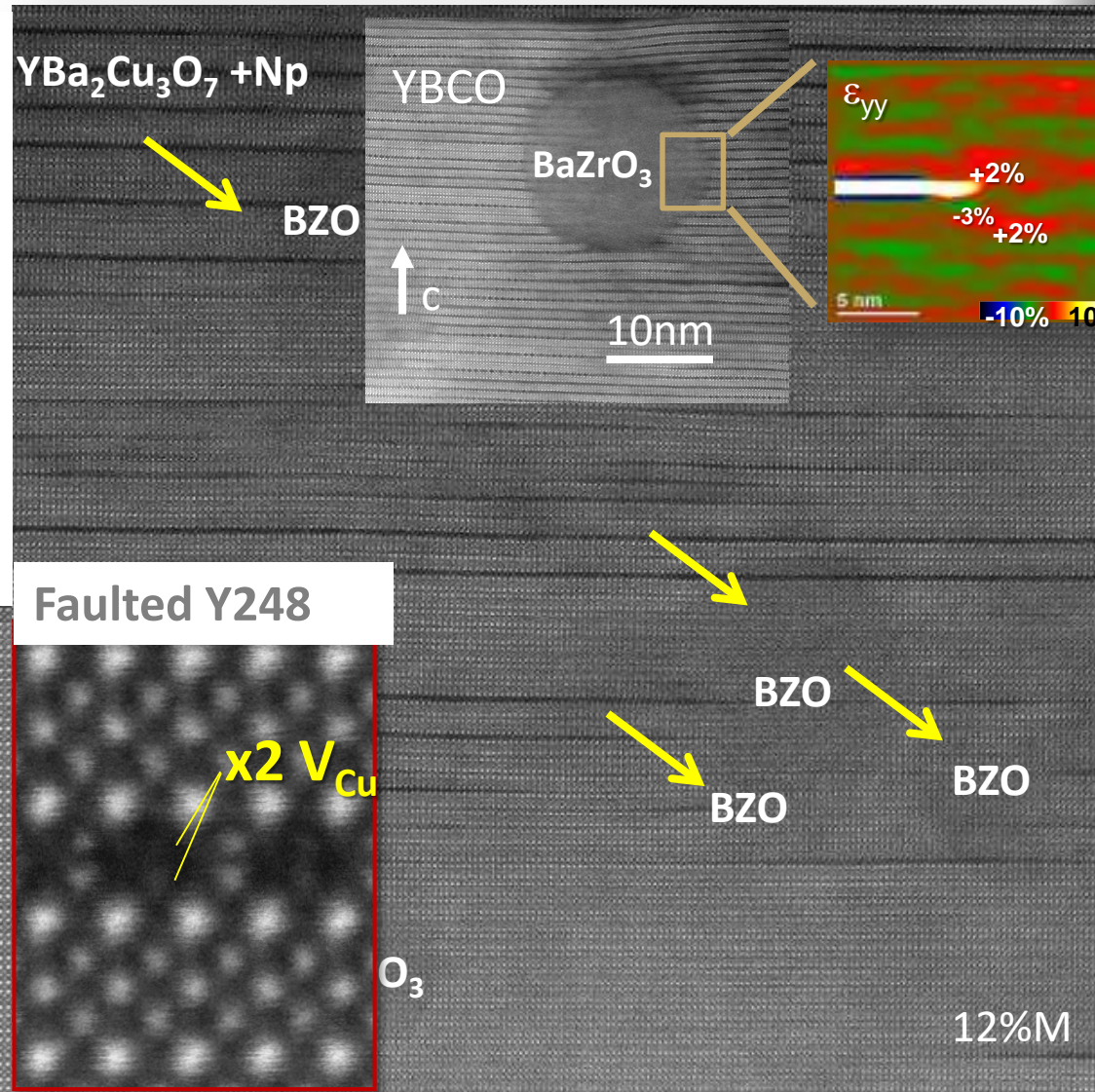
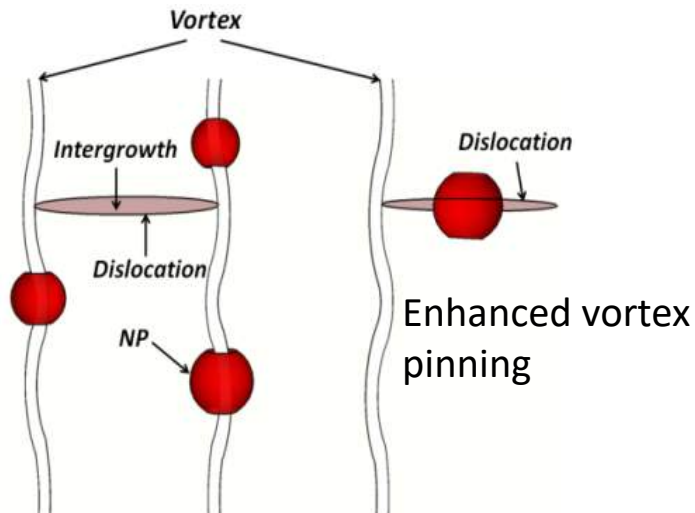
Conductors nanocomposites a l'ICMAB



J. Gutierrez, ...T. Puig, X. Obradors, *Nature Materials* 11 (2007)

A. Llordés, ..., T. Puig, X. Obradors *Nature Materials* 6 (2012)

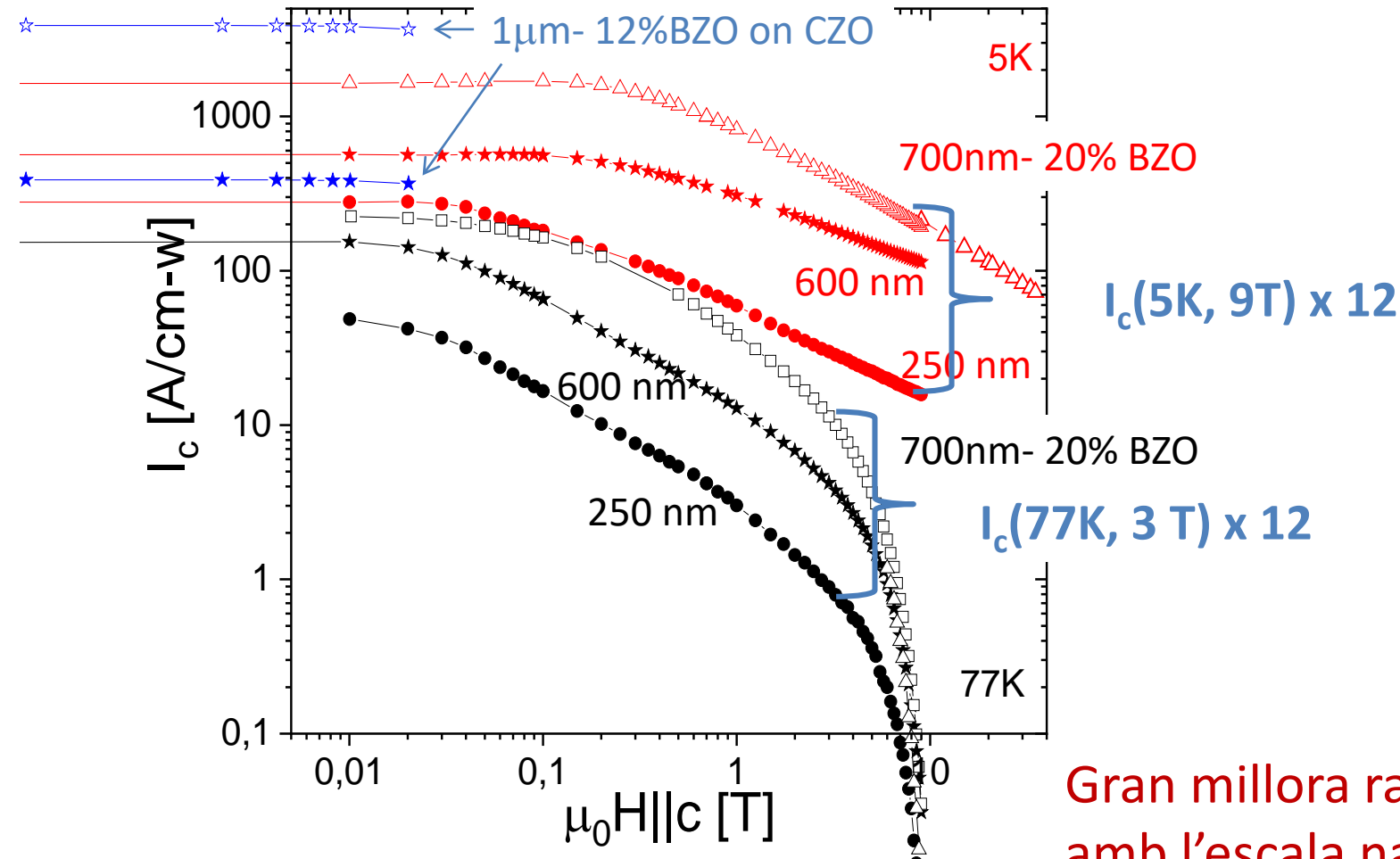
Conductors nanocomposites a l'ICMAB



J. Gutierrez, ...T. Puig, X. Obradors, *Nature Materials* 11 (2007)

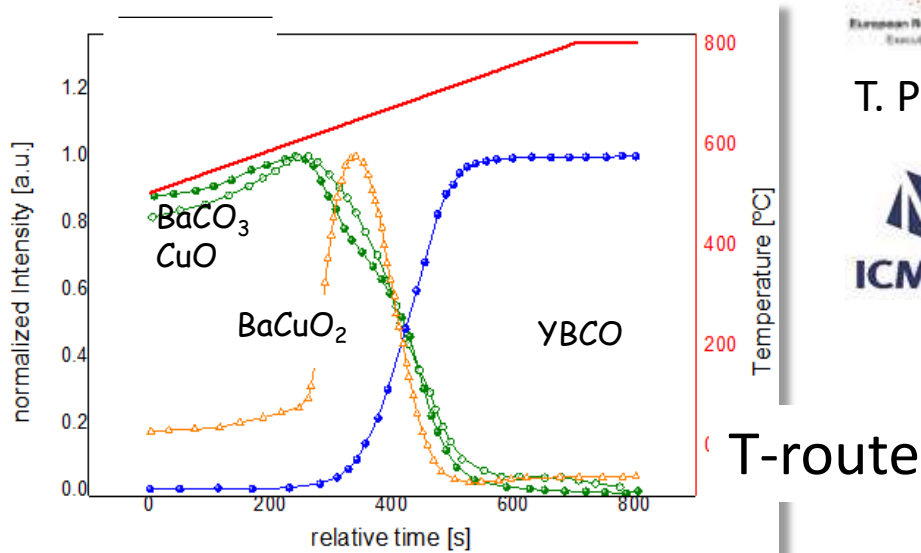
A. Llordés, ..., T. Puig, X. Obradors *Nature Materials* 6 (2012)

Augment del corrent crític als superconductors nanocomposites

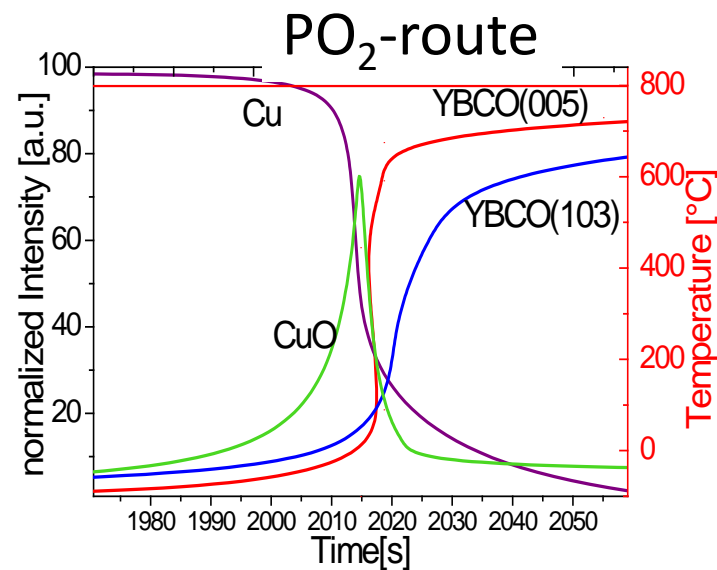
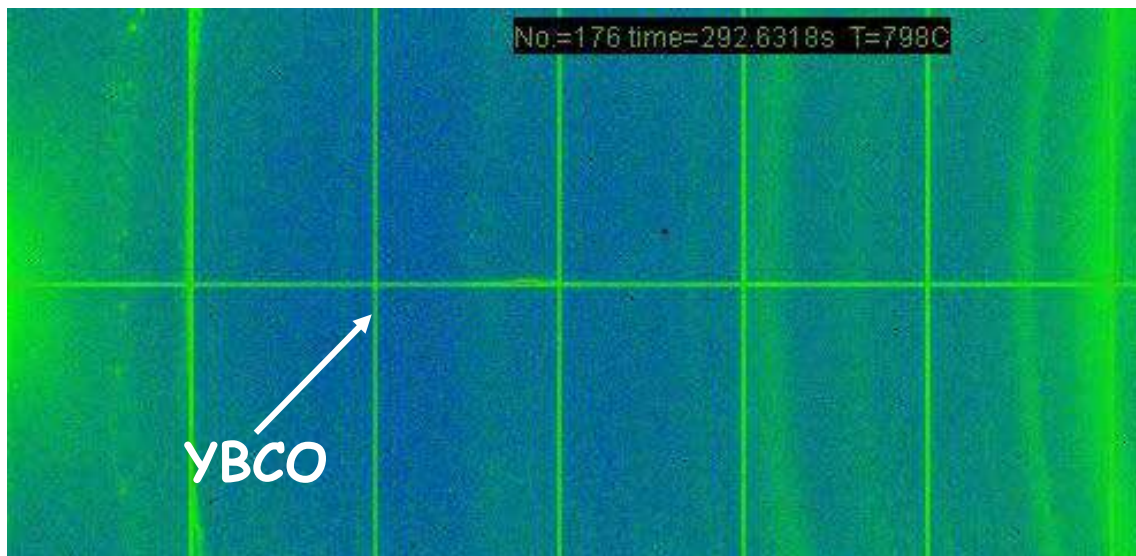


Gran millora ratio $\epsilon / \text{kA}\cdot\text{m}$
amb l'escala nano!

Augment continu de I_c a tots els rangs de T i H !



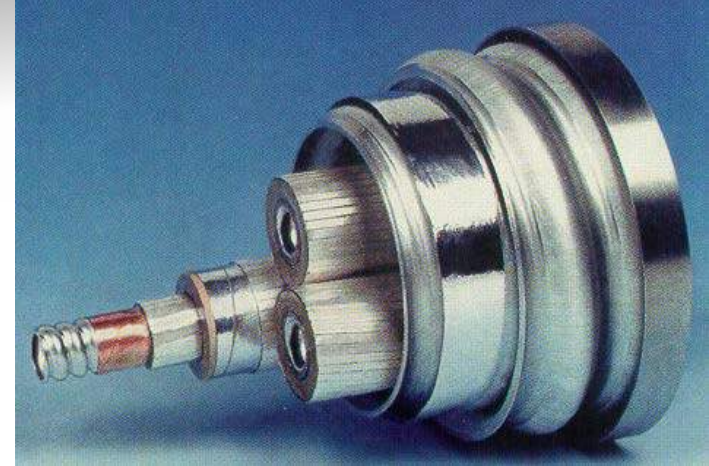
Ultra fast growth rate = 100 nm/s (x 100)



Growth rate = 26 nm/s

Cables superconductors

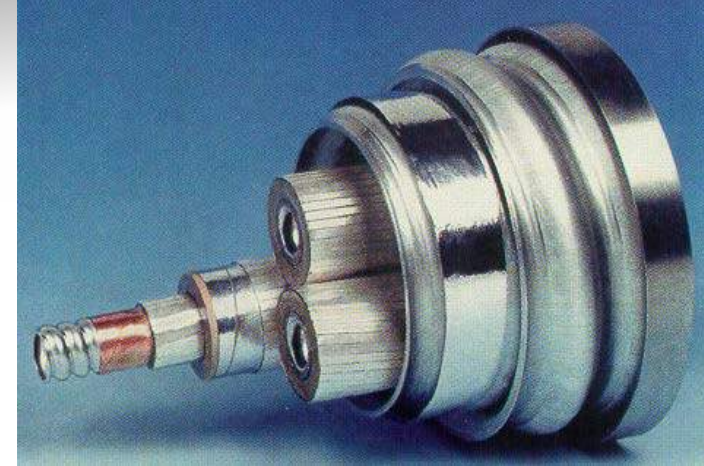
- Augment de potència: x 5. Molt útil a zones urbanes amb colls d'ampolla i a zones amb restriccions mediambientals
- Voltatge més baix per a la mateixa potència: instal·lació de xarxes a túnels o ponts preexistents
- Sense pol.lució electromagnètica
- Reducció impacte mediambiental



HTS cable 24kV-3200 A (amb Nexans). 2012
Premi ENDESA - Novare

Cables superconductors

- Augment de potència: x 5. Molt útil a zones urbanes amb colls d'ampolla i a zones amb restriccions mediambientals
- Voltatge més baix per a la mateixa potència: instal·lació de xarxes a tunels o ponts preexistents
- Sense pol.lució electromagnètica
- Reducció impacte mediambiental



HTS cable 24kV-3200 A (amb Nexans). 2012
Premi ENDESA - Novare

HTS DC CABLE: New Functionalities



- 3-5 power enhancement (same size)
- Power transmission in DC
- Power transmission at lower voltages (138 kV/345kV 10kV/110 kV)
- No electromagnetic impact
- No thermal impact

500 m DC superconducting cable 80 kV 500 MW (80 Km of SC tape)



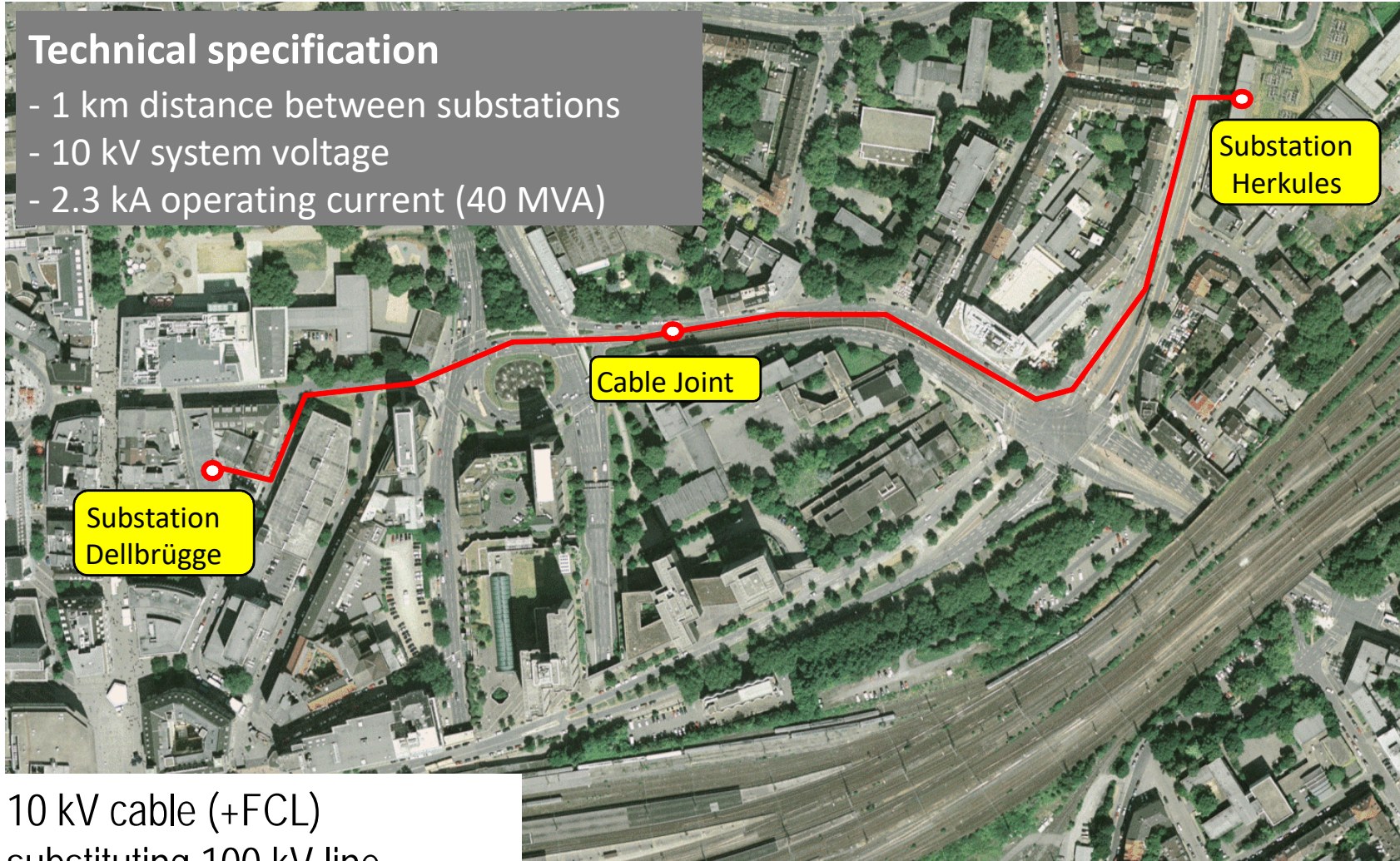
Superconducting Cables

Ampacity Project 09/2011-2/2016



Technical specification

- 1 km distance between substations
- 10 kV system voltage
- 2.3 kA operating current (40 MVA)



10 kV cable (+FCL)
substituting 100 kV line
3 years installed in Essen grid

Luftbild: "Darstellung aus HK Luftbilder / Karten Lizenz Nr. 197 / 2012 mit Genehmigung vom Amt für Geoinformation, Vermessung und Kataster der Stadt Essen vom 13.02.2012"

Source: M. Stemmler et. al. „40 MVA HTS Cable and Fault Current Limiter Installation“, ASC Conference 2012, Portland USA

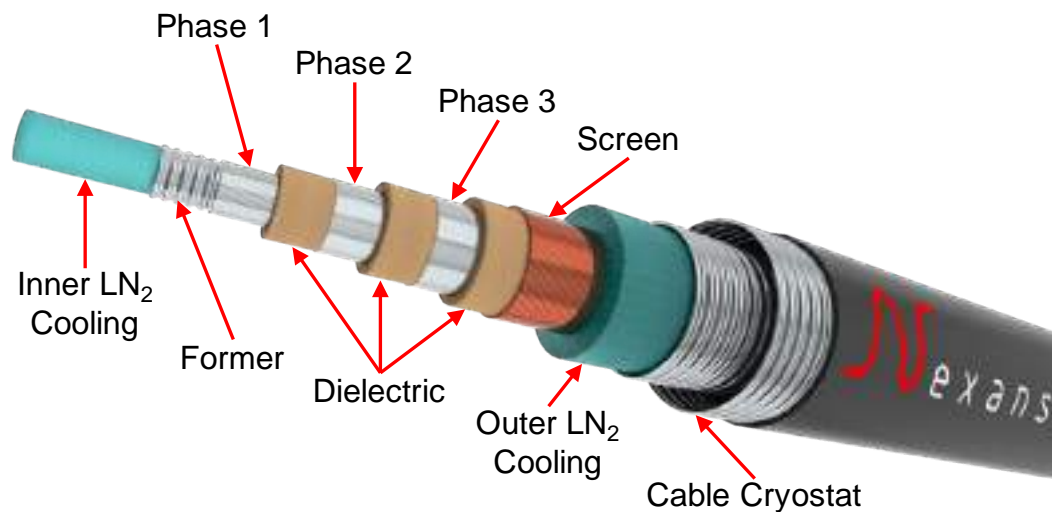
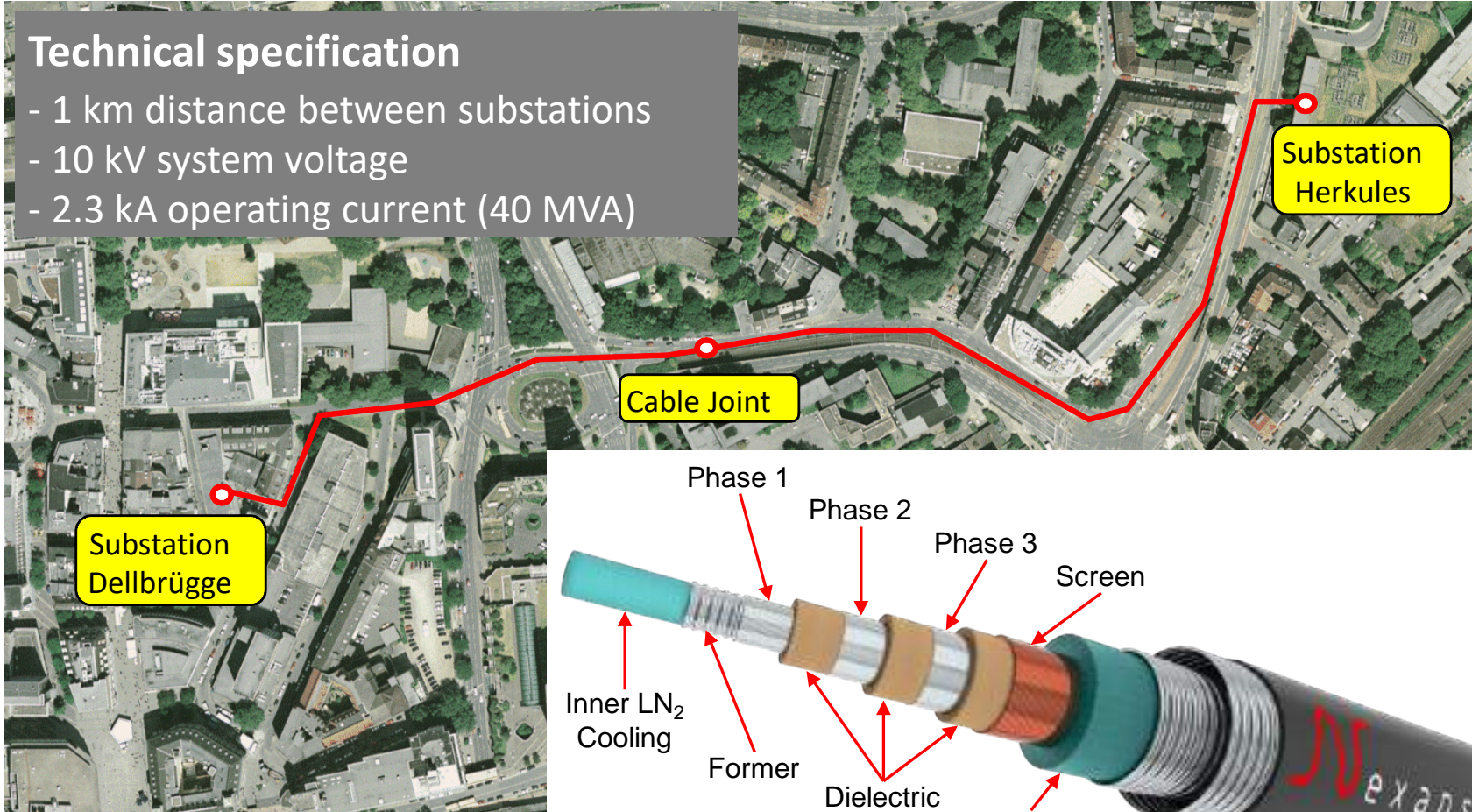


Superconducting Cables

Ampacity Project 09/2011-2/2016

Technical specification

- 1 km distance between substations
- 10 kV system voltage
- 2.3 kA operating current (40 MVA)



10 kV cable (+FCL)
 substituting 100 kV line
 3 years installed in Essen grid

Luftbild: "Darstellung aus HK Luftbilder / Karten Lizenz Nr. 197 / 2012 mit Genehmigung vom Amt für Geoinformation, Vermessung und Kataster der Stadt Essen vom 13.02.2012"

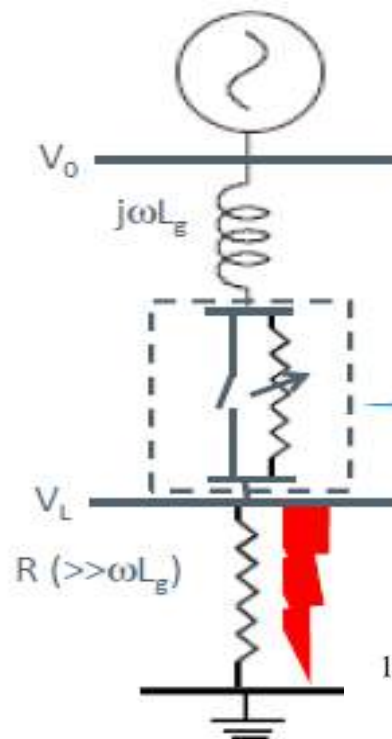
Source: M. Stemmler et. al. „40 MVA HTS Cable and Fault Current Limiter Installation“, ASC Conference 2012, Portland USA

Superconducting Fault Current Limiter



Protection integration of renewable energies and smart grid redundancy

- No meshing limit
- Invisible in normal operation
- Self-triggering (very reliable)
- Automatic recovery
- AC/DC interconnects

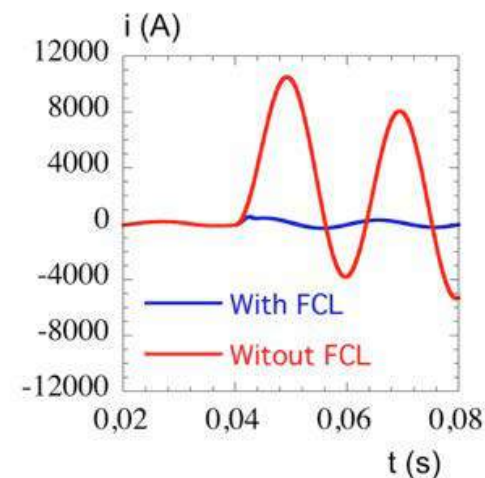


Superconductor Fault Current Limiter

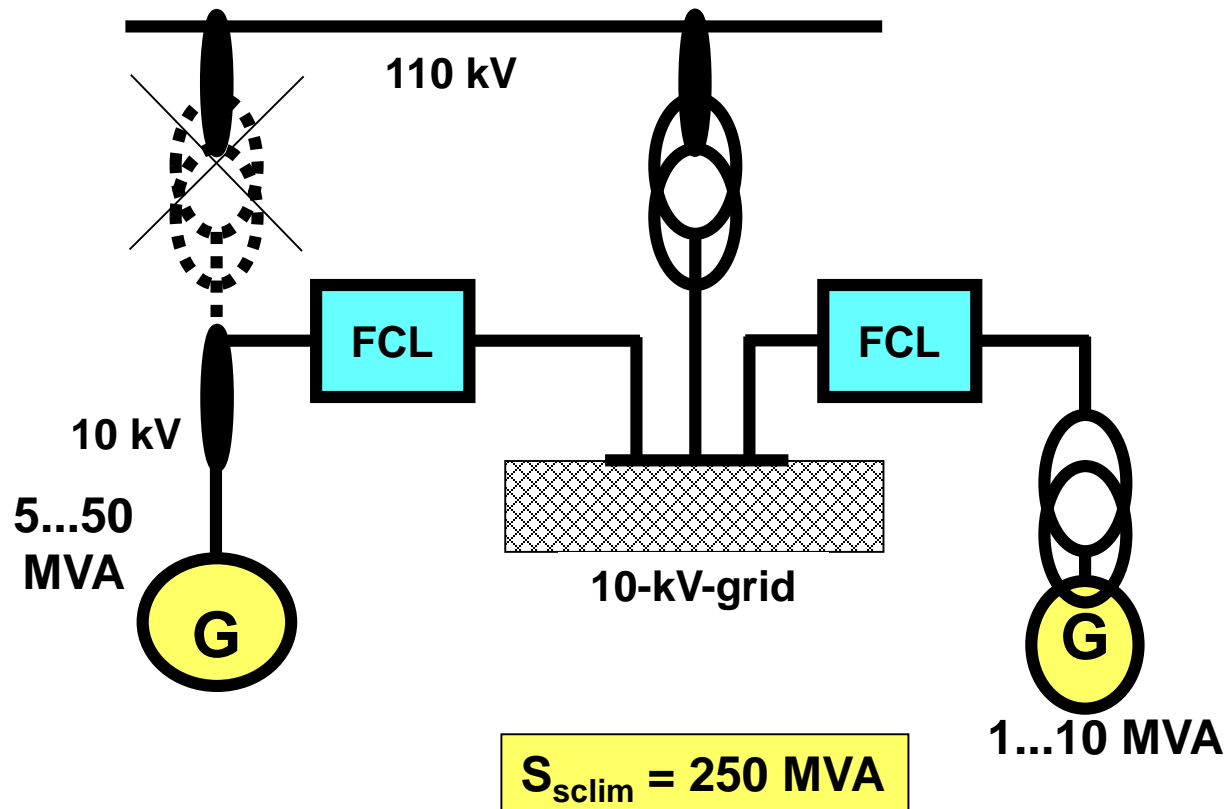
SFCL:

Switch closed - superconductor carries current

Switch open - HTS switches to resistive state



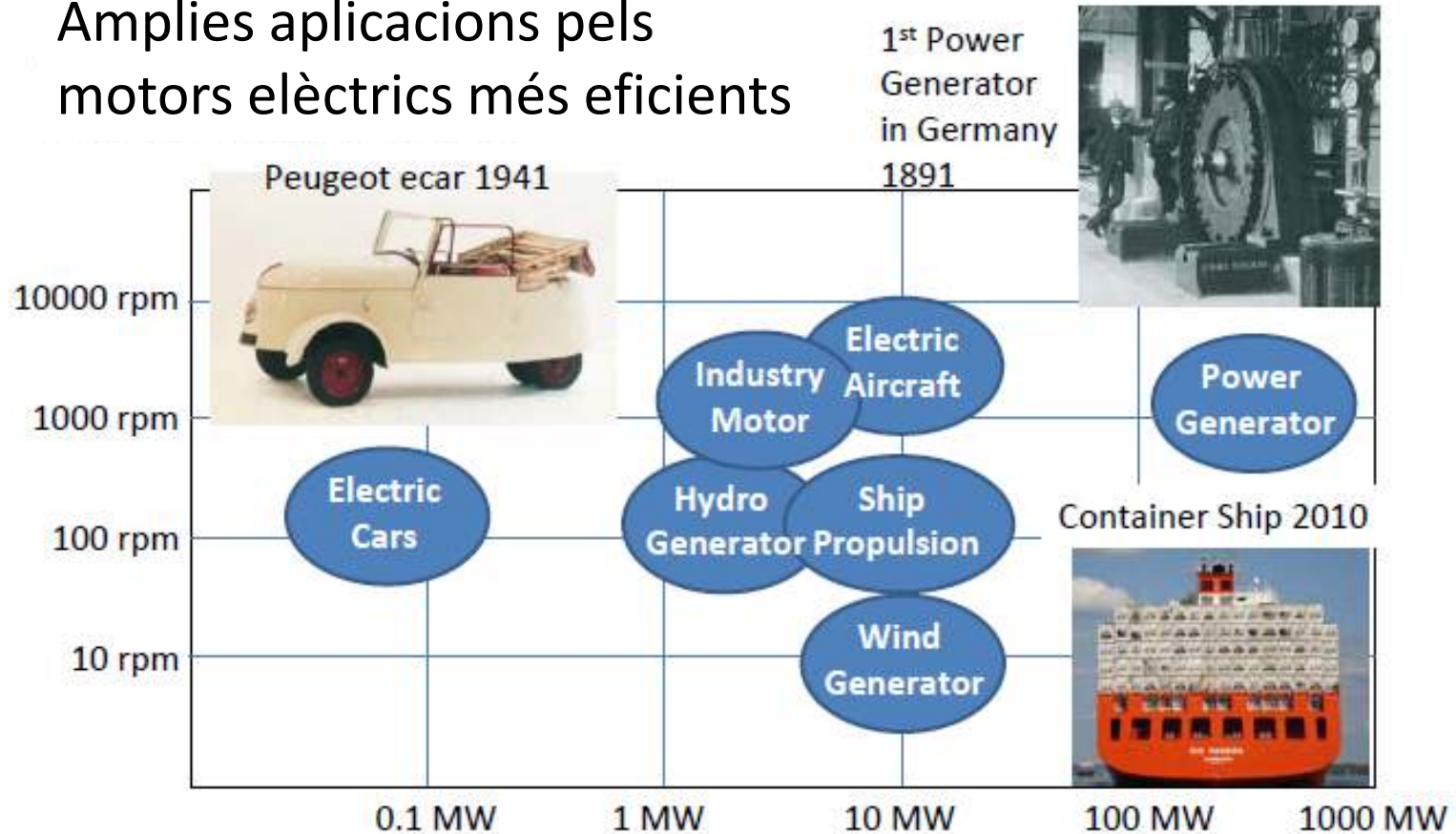
Xarxes intel·ligents: Limitadors de corrent per a la integració d'energies renovables



Nous centres de generació augmenten el corrent de curtcircuit
El FCL fa possible la connexió directa a la xarxa

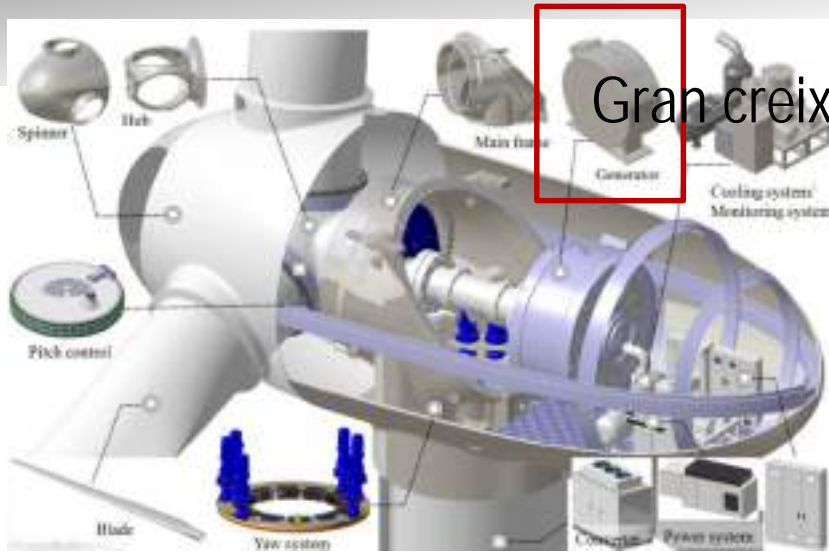
Nous motors i generadors superconductors

Àmplies aplicacions pels motors elèctrics més eficients



Transformant una indústria de més de 100 anys

Generadors Eòlics Superconductors



10 or 15 MW, generator sense reductor (300 Km de cinta SC)
 Gran creixement off shore

~1/3 pes

Copper Wound-Coil with Gearbox
 500 Tons

Permanent Magnet
 320 Tons

10 MWatt Generator
 Size Comparison

Partially Superconducting
 150 Tons

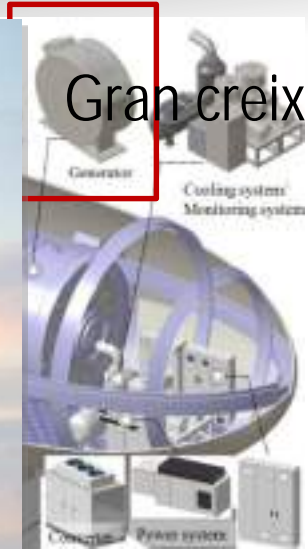
AML Energy Fully-Superconducting
 70 Tons



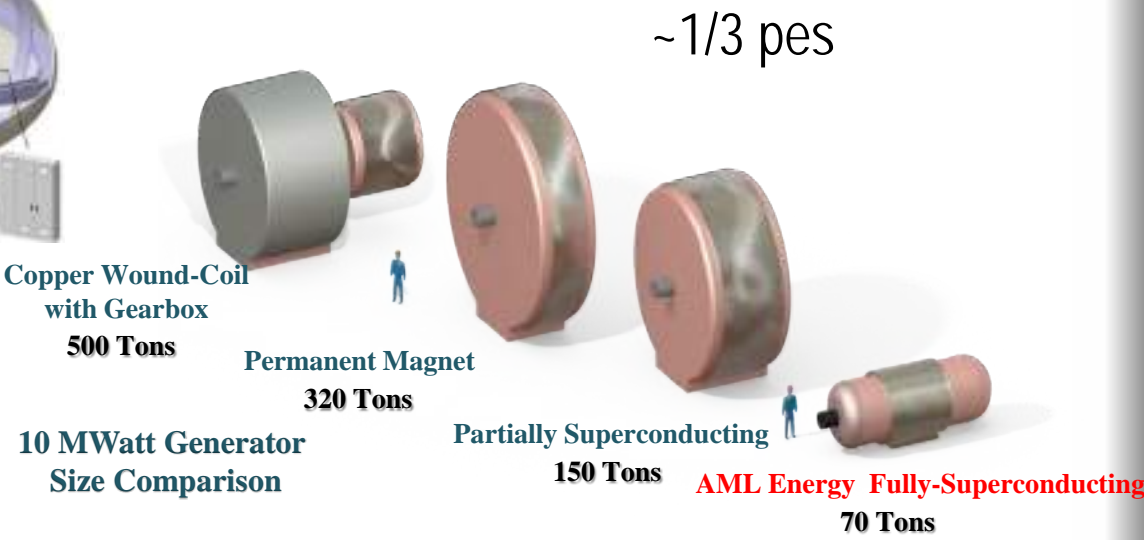
Gamesa  ICMAB col·laboració

Estàtor HTS per generador eòlic de 2 MW
 Propera fase: rotor HTS per generador tot HTS 5 MW

Generadors Eòlics Superconductors



10-15 MW, generator sense reductor (300 Km de cinta SC)
 Gran creixement off shore



Gamesa  ICMAB col·laboració

Estàtor HTS per generador eòlic de 2 MW
 Propera fase: rotor HTS per generador tot HTS 5 MW



Aviació elèctric del futur : maquinària Superconductora EADS – NASA



Figure: EADS

Generació CO₂ aviació

- Al voltant de 4 % mundial
- Tasa creixement força important
- Objectiu: decreixer 50% (2050)

Objectius tècnics Airbus

- Densitat de Potència dels motors/generadors HTS : 25-50 kW/kg (x 5)
- Ús bateries de 1000 Wh/kg

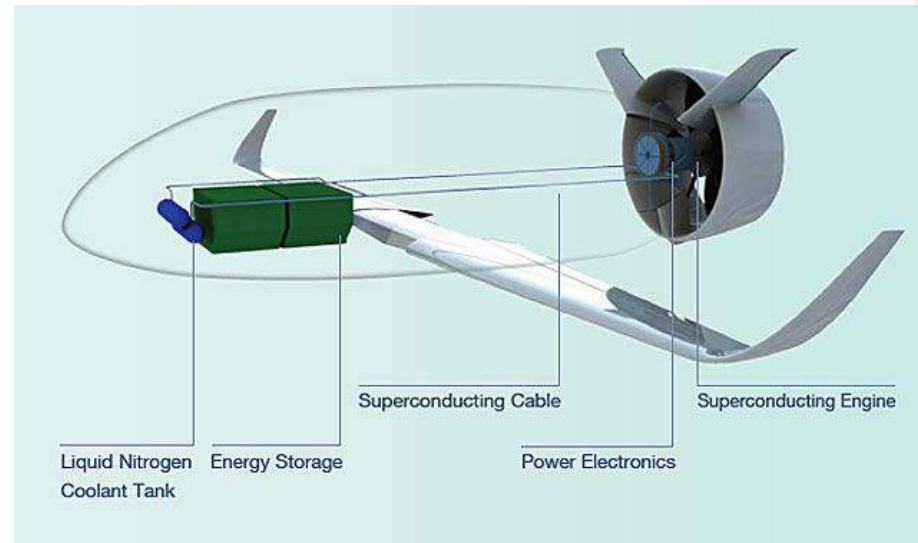


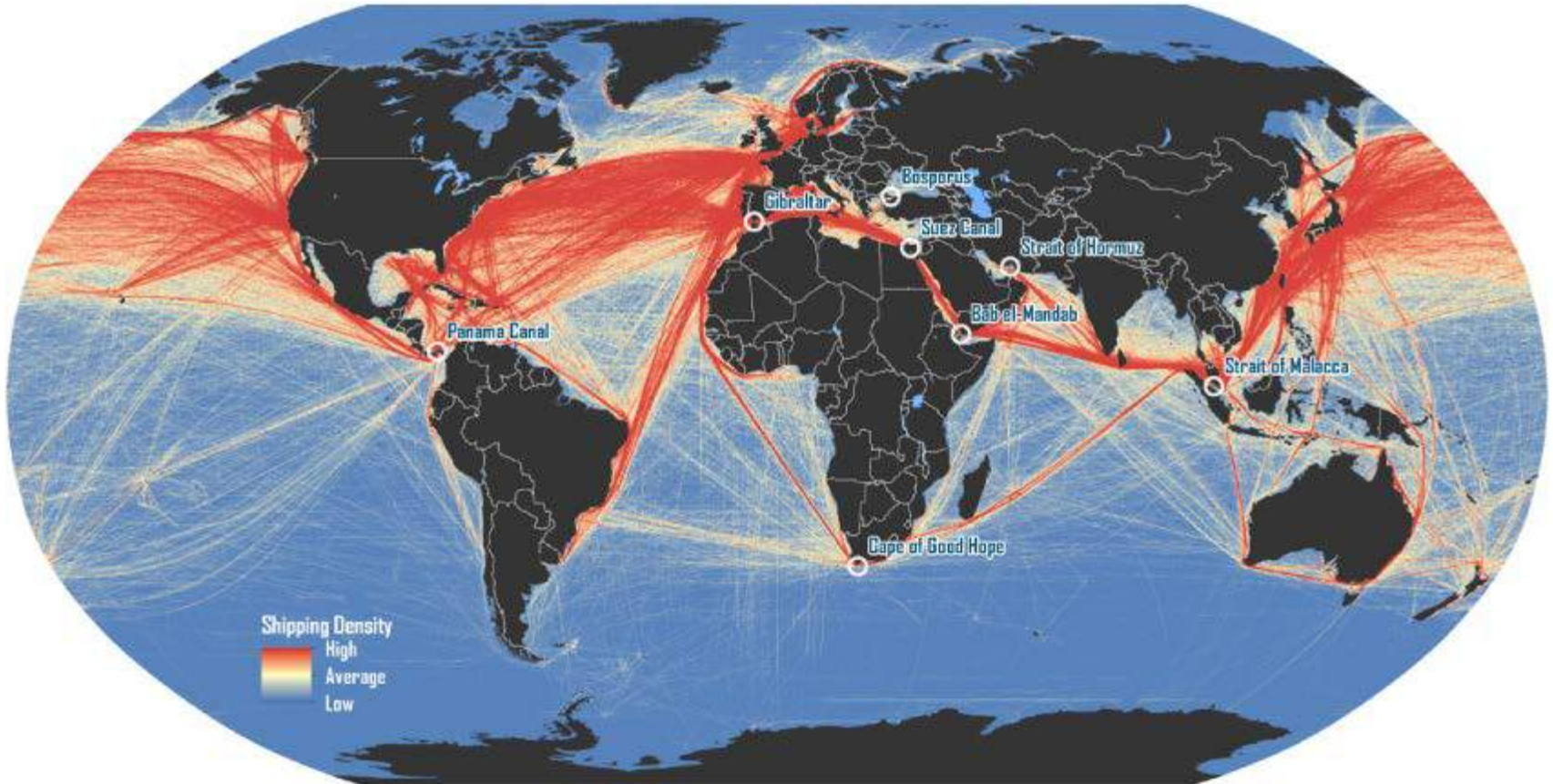
Figure: EADS

Beneficis principals avió elèctric

- Eficiència més elevada (+ 25 %)
- Menys cost del combustible
- Menys manteniment
- Menys soroll (aeroports propers)
- Menys emissió CO₂ i NO_x
- Futur combustible H₂ (avió híbrid)

Transport marítim mundial

Rutes marítimes



11.000 Mtones/any transportades per via marítima

60.000 vaixells de càrrega

3 % CO₂ actual podria pujar al 17 % el 2050!

Transport marítim mundial



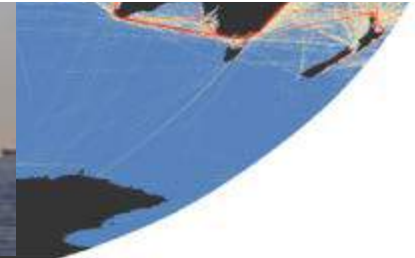
Motors

superconductors

Silenciosos

Eficients

Combustibles menys
contaminants



11.000 Mtones/any transportades per via marítima

60.000 vaixells de càrrega

3 % CO₂ actual podria pujar al 17 % el 2050!

Transport marítim mundial



Motors

superconductors

Silenciosos

Eficients

Combustibles menys
contaminants

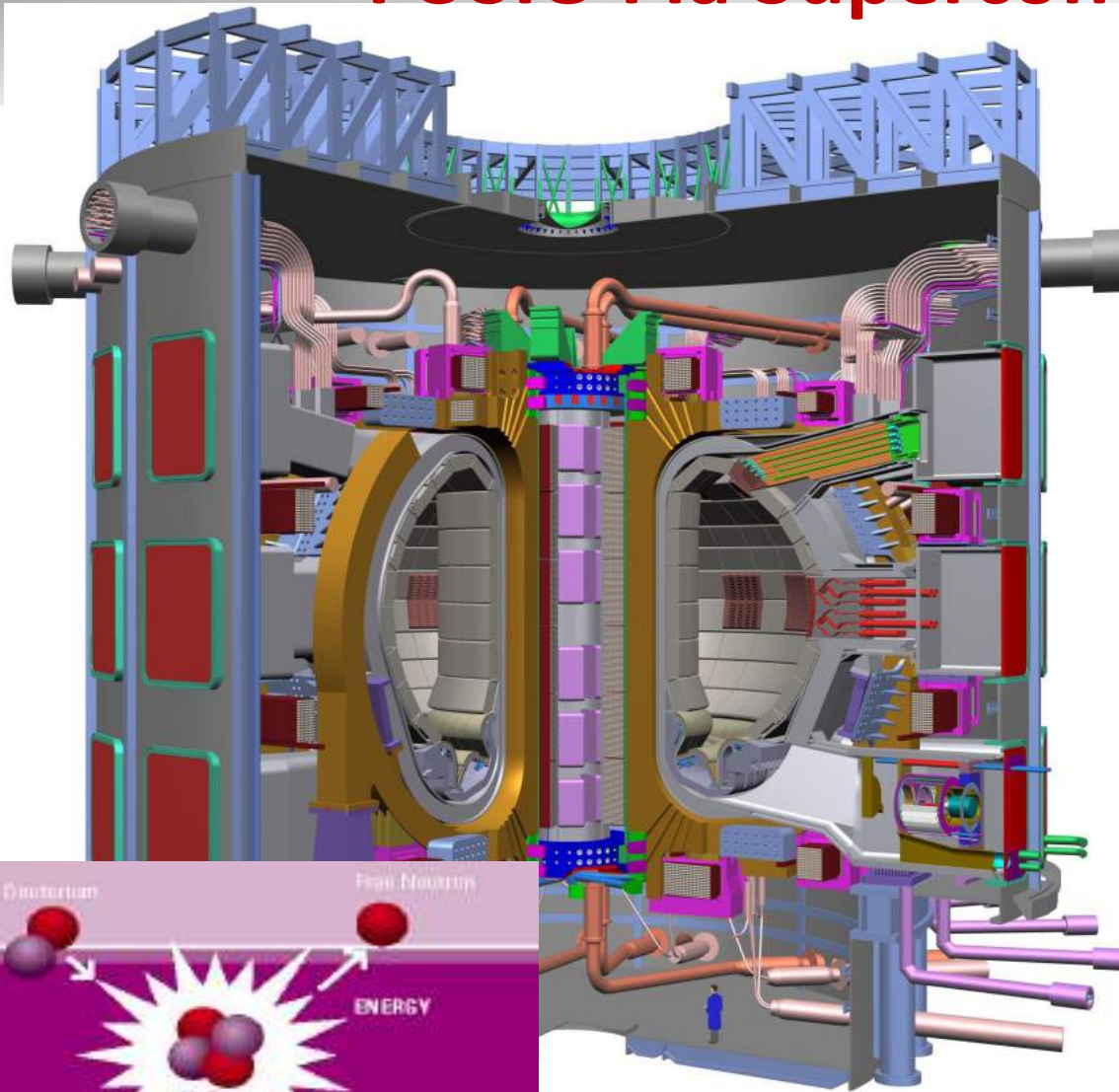
Motors > 60 MW

11.000 Mtones/any transportades per via marítima

60.000 vaixells de càrrega

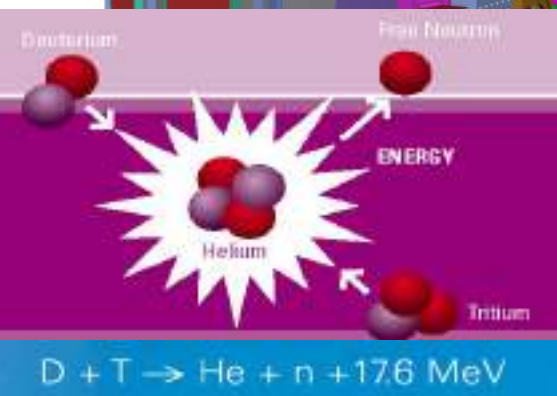
3 % CO₂ actual podria pujar al 17 % el 2050!

FUSIÓ i la Superconductivitat



ITER reactor (2005-2019)

- 800 m³
- 500 MW_{th}
- Magnetic fields very strong (H ~ 10T) in large volumes (coils D~12 m)
- 8700 Tm Superconductors
- HTS: 40% saving, simplified cryogenics



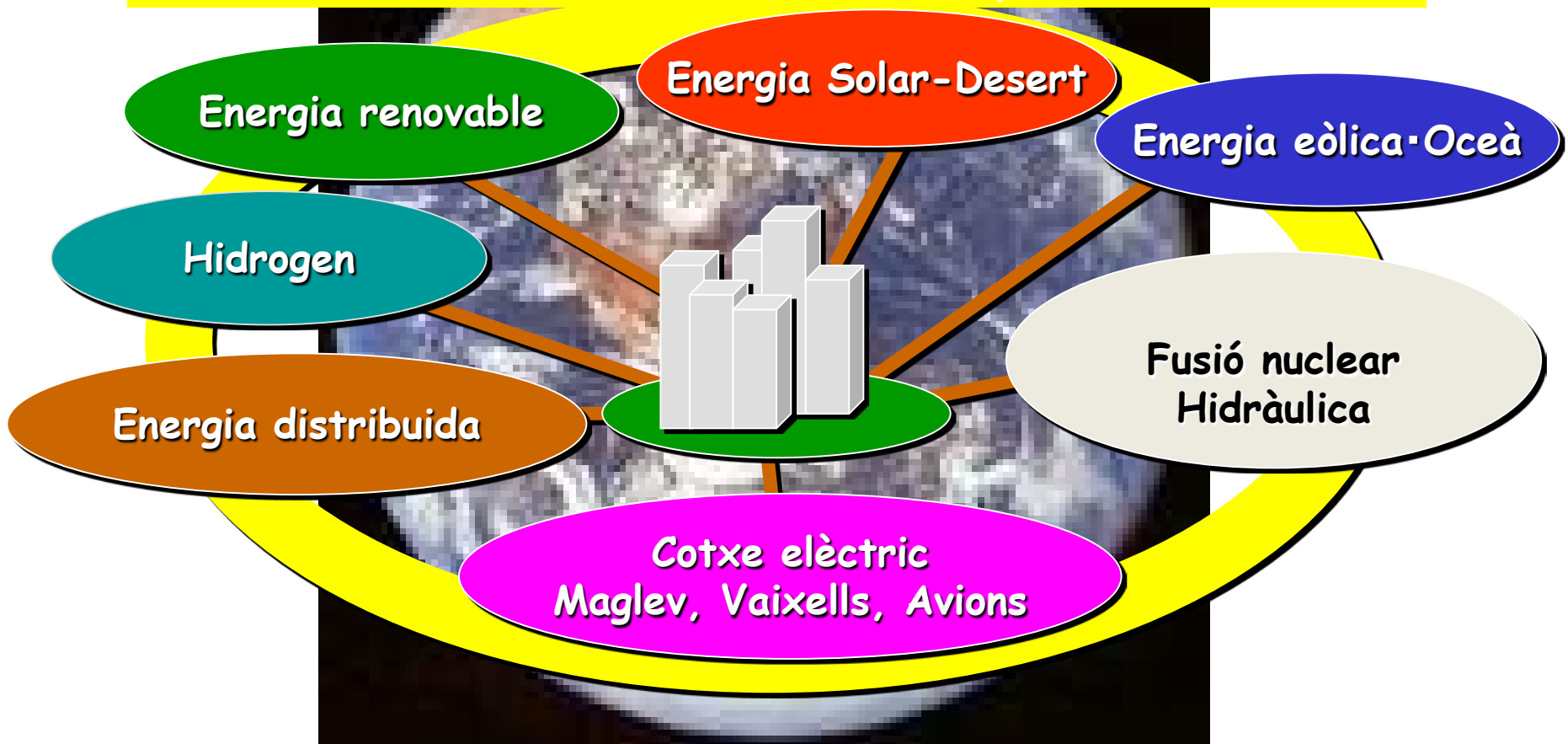
NEXT : DEMO reactor

- 1000-3500 m³
- 2000-4000 MW_{th}

International collaboration being build in Cadarache, France / New schemes for fusión proposed!

Xarxa global energètica del S.XXI i sistemes superconductors

Cable Superconductor, Motor Superconductor, SMES,
Limitador Corrent, Generador superconductor



Conclusions

- La transició energètica és un dels reptes més importants de la Humanitat al Segle XXI: +1.5°C al 2050 (IPCC-2018)
- Els nanomaterials són el coll d'ampolla dels nous paradigmes energètics
- Existeix un ampli ventall de reptes (i oportunitats) per a fer viables les tecnologies emergents
 - Combustibles solars
 - Generació solar: fotovoltaica, recuperació tèrmica,...
 - Transport elèctric: cotxe, avió i vaixells elèctrics
 - Superconductivitat: generació eòlica, xarxes elèctriques segures i eficients
- Desenvolupament sostenible: un món global socialment acceptable. Nou paradigma econòmic i social