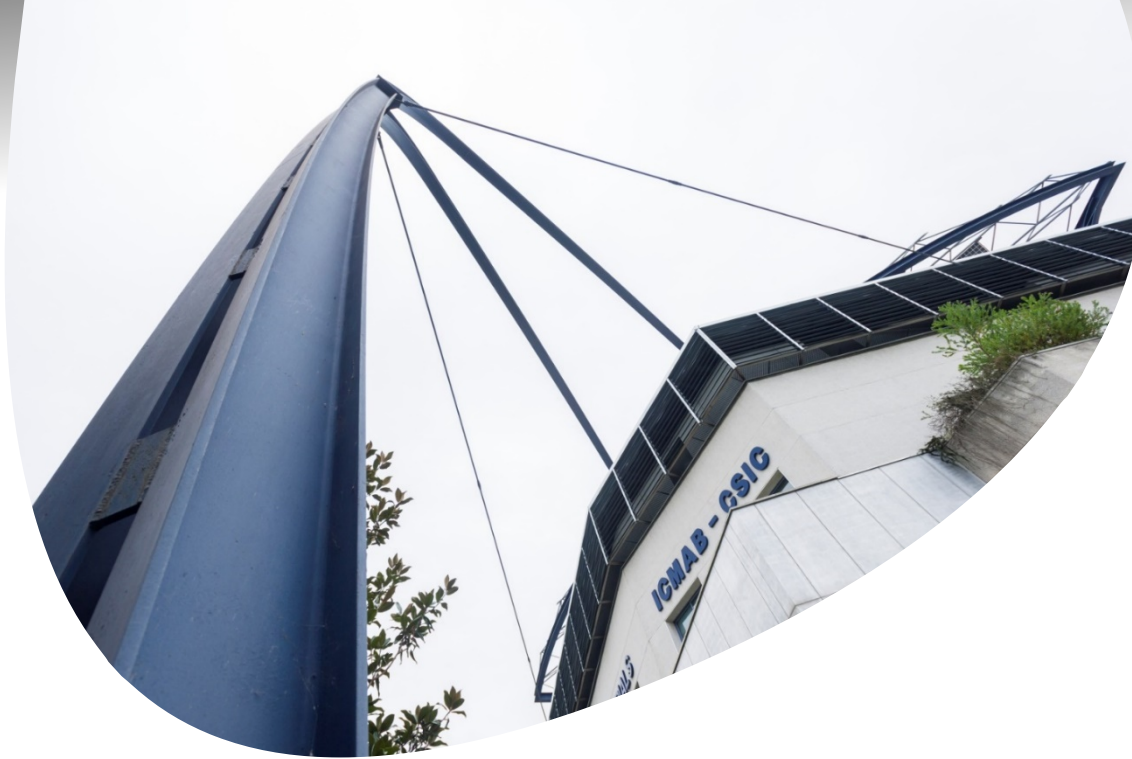




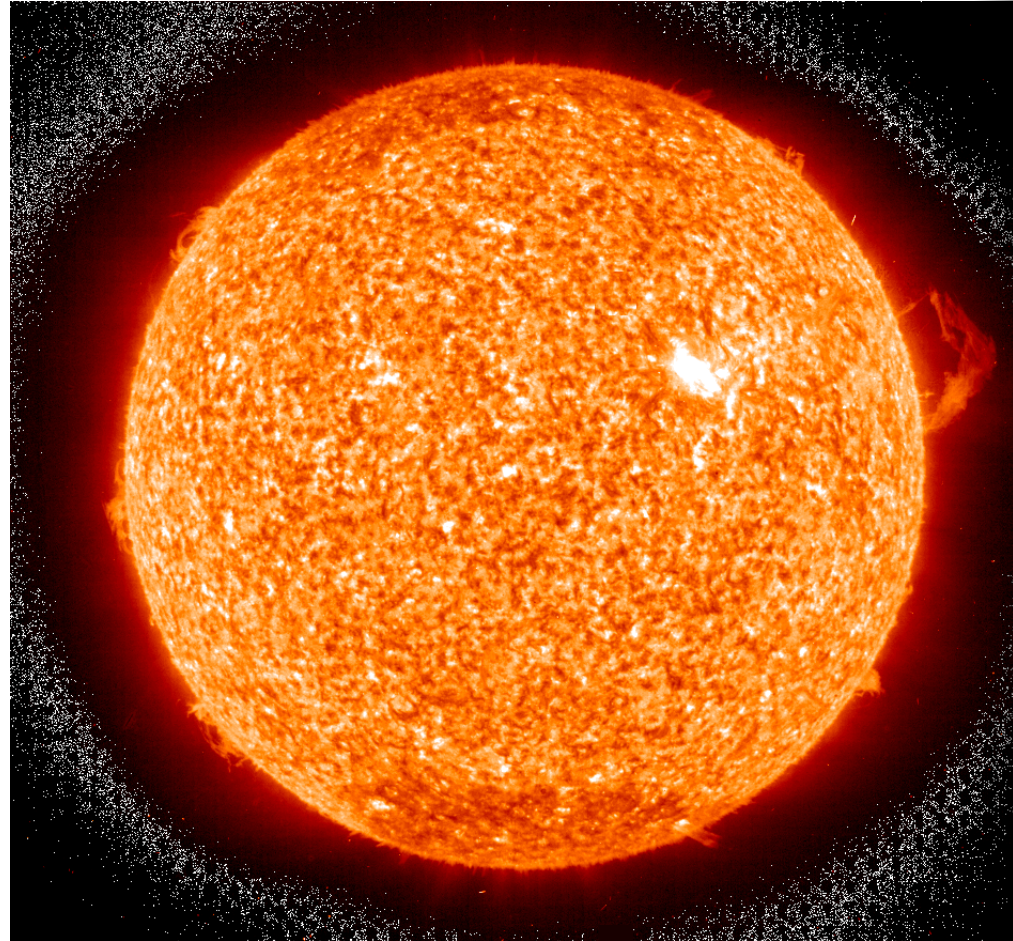
Nanomaterials: un desllorigador de la lluita contra el canvi climàtic

Xavier Obradors

Institut de Ciència de Materials de Barcelona, CSIC
Campus UAB, Bellaterra

L'energia és el motor de la nostra civilització

- L'energia és el desllorigador dels processos de l'Univers i la indústria mundial més gran
- L'energia ens dona la capacitat de proporcionar al món:
 - Aigua, aliments, salut
 - Estat del benestar (vivenda, transport, materials, comunicacions, cultura...)
- Transformacions socials i econòmiques



La fusió nuclear al sol és la nostra major font d'energia

Energia: és possible la sostenibilitat?

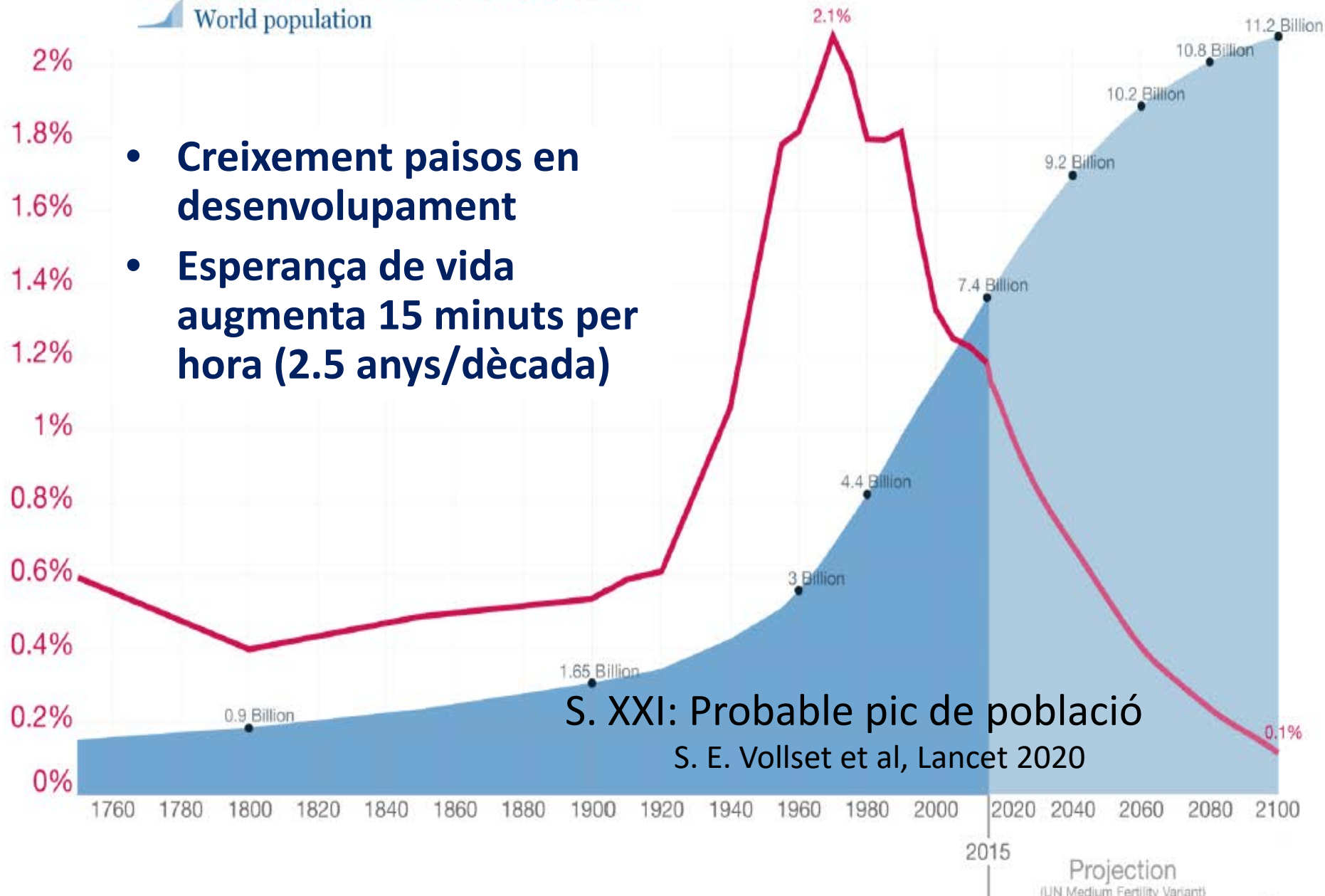
Energy Return On Investment (EROI): un concepte unificador

- Quanta energia podem recuperar pel consum realitzat per aconseguir-la?. És sostenible el procés?
- Un procés EROI < 1:1 no és viable
- Tribu de caçadors: aconsegueix EROI 10:1
- Agricultura (anys 1.300-1750): aconsegueix EROI 2.5:1. Població doble.
- Explotació forestal Suècia: EROI 7:1. Permet industrialització. Esgotament model (extinció bosc)
- S XX: petroli dona fins EROI 50:1. Població x4 en 100 anys.
- Educació, salut, cultura, arts, requereix EROI ~14:1.
- Una societat avançada necessita EROI > 10:1.
- Energies renovables poden generar EROI 10-15:1
- La sostenibilitat energètica amb energies renovables és possible!

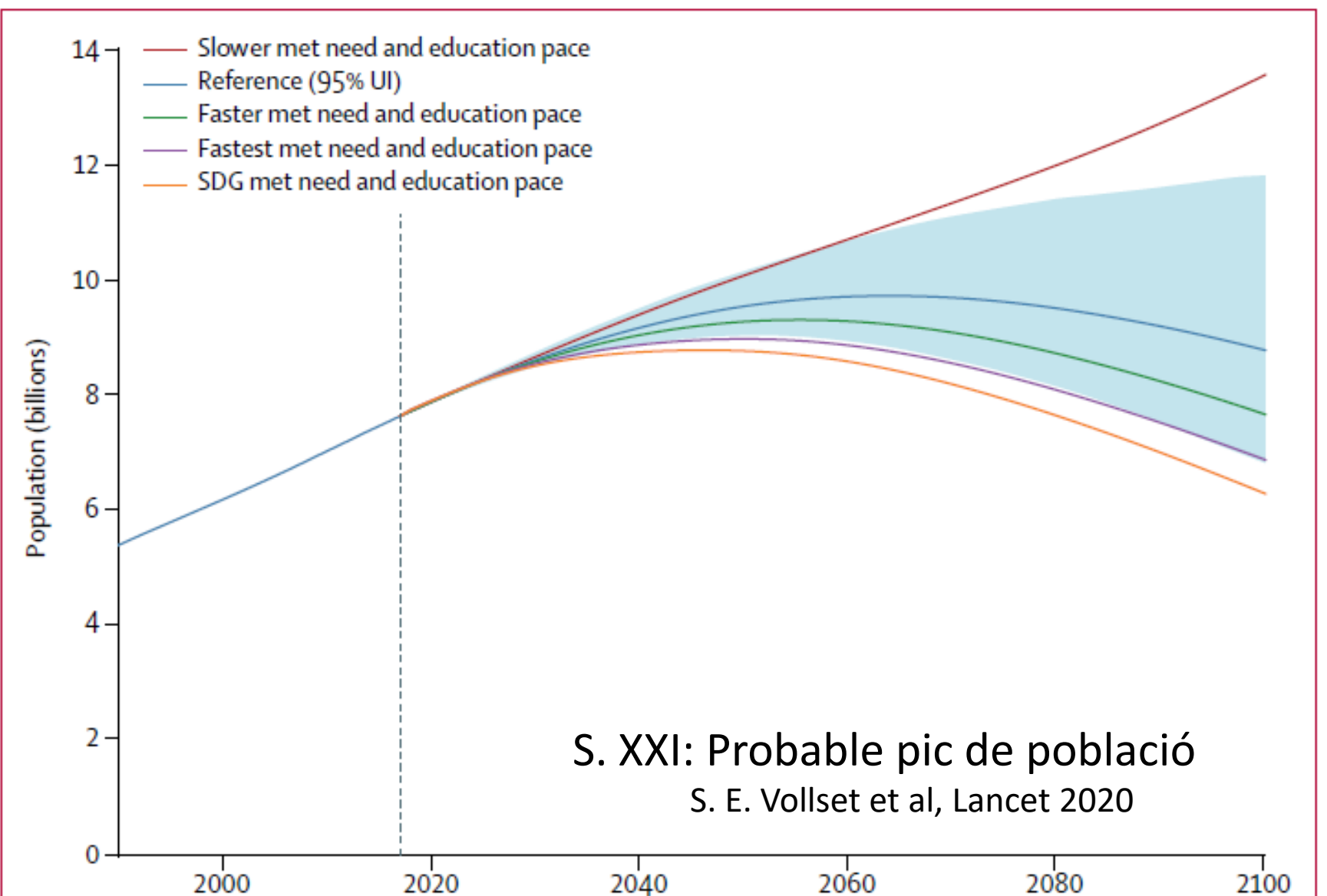
World population growth, 1750-2100

 Annual growth rate of the world population
 World population

- Creixement països en desenvolupament
- Esperança de vida augmenta 15 minuts per hora (2.5 anys/dècada)



World population growth, 1750-2100



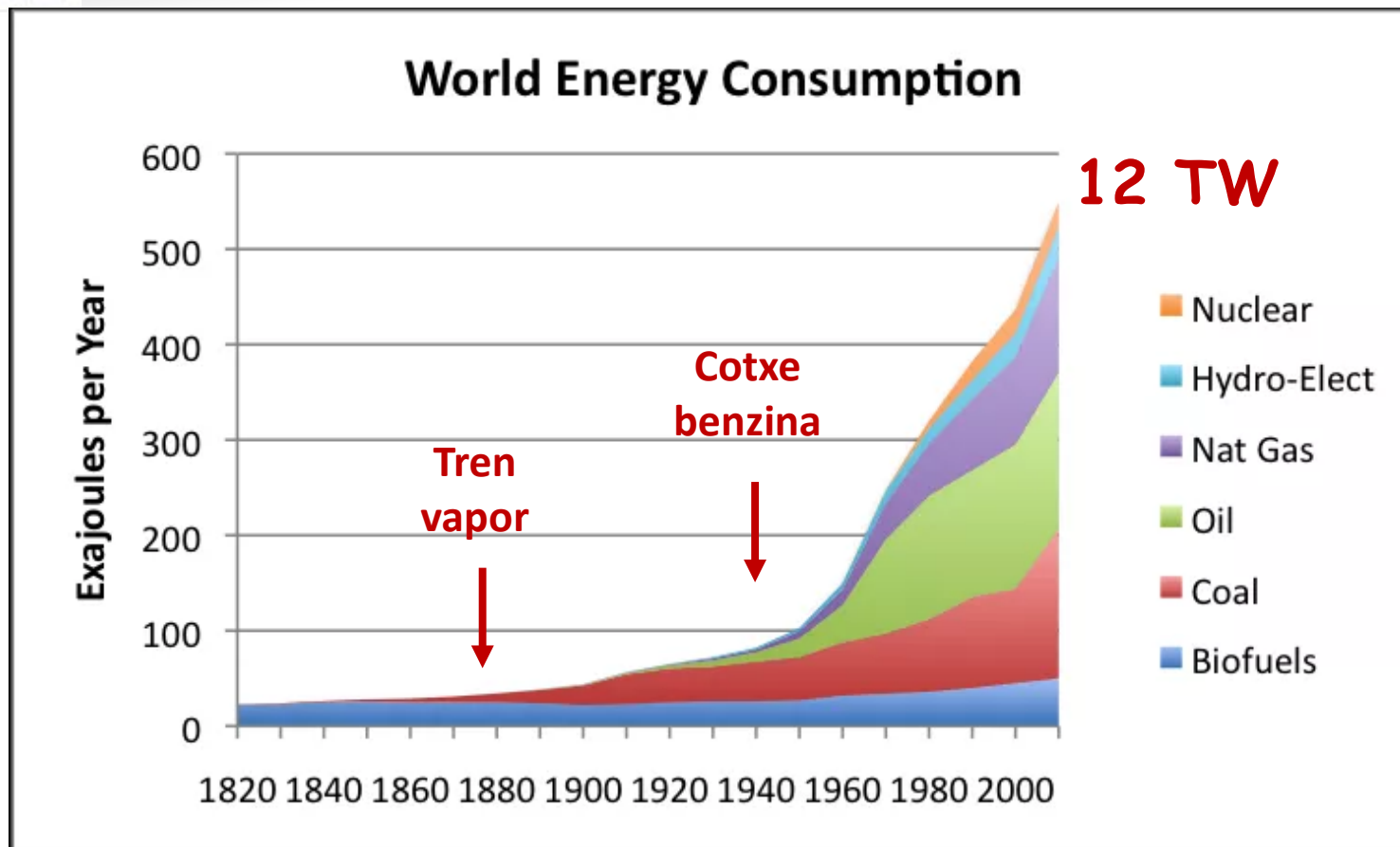
Annual growth rate of the world population

The graph displays five population scenarios from 1750 to 2100. All scenarios start at approximately 0.5 billion in 1750 and converge to about 7.8 billion by 2020. The 'Slower met need' scenario (red) shows continuous growth to nearly 14 billion. The 'Reference (95% UI)' (blue) and 'Faster met need' (green) scenarios peak around 2060-2070 before declining. The 'Fastest met need' (purple) and 'SDG met need' (orange) scenarios peak earlier, around 2050, and decline more sharply. A light blue shaded area represents the 95% uncertainty interval around the reference scenario. A vertical dashed line marks the year 2020. A secondary y-axis on the right shows the annual growth rate, with a red line indicating a 0.1% rate and a blue line indicating a 100% rate.

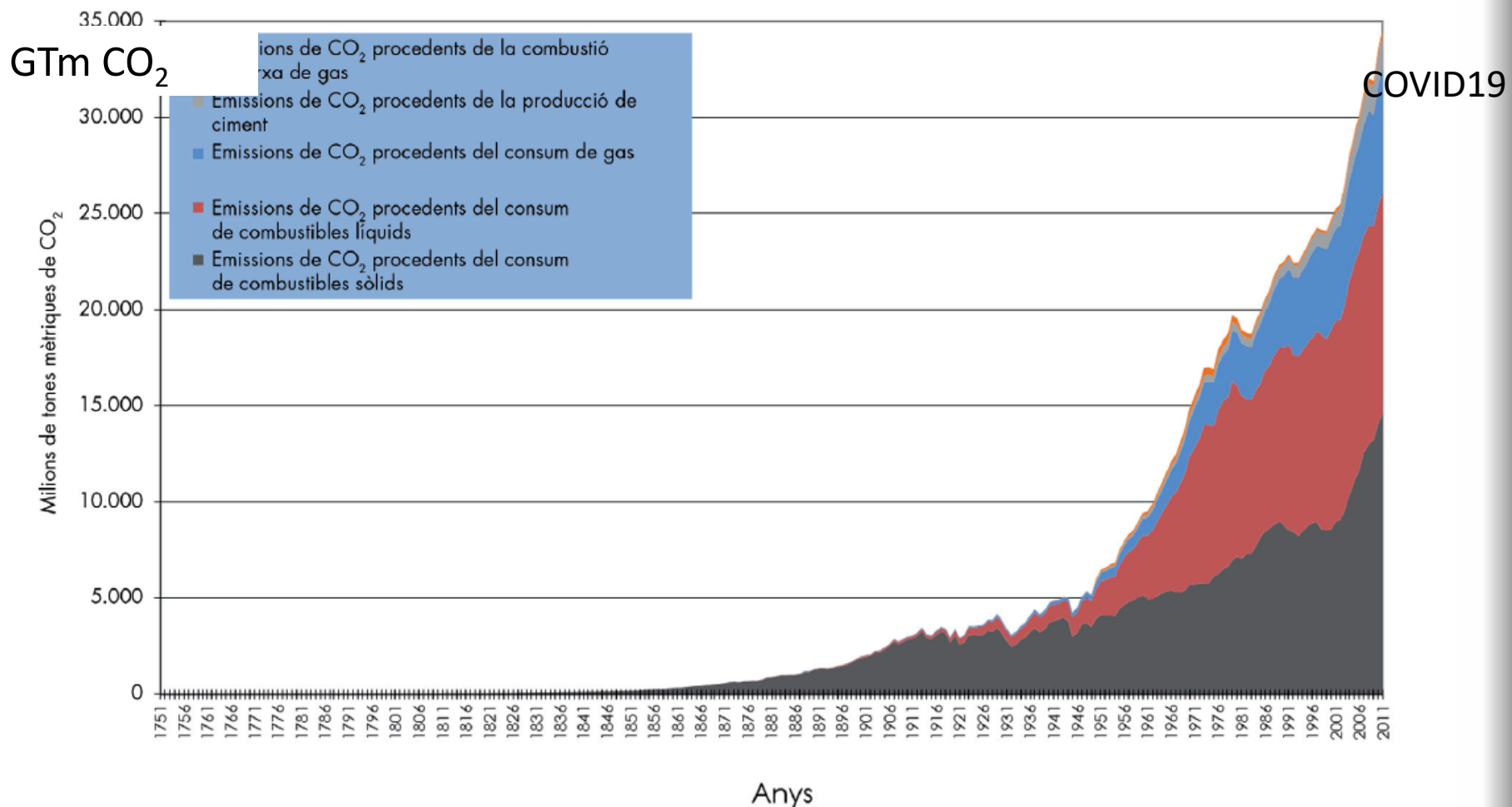
Year	Slower met need and education pace	Reference (95% UI)	Faster met need and education pace	Fastest met need and education pace	SDG met need and education pace
1750	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2020	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
2040	9.5	9.2	9.0	8.8	8.7
2060	11.0	9.8	9.3	8.9	8.6
2080	12.5	9.5	8.7	8.1	7.7
2100	13.5	8.8	7.7	6.9	6.3

S. XXI: Probable pic de població

S. E. Vollset et al, Lancet 2020



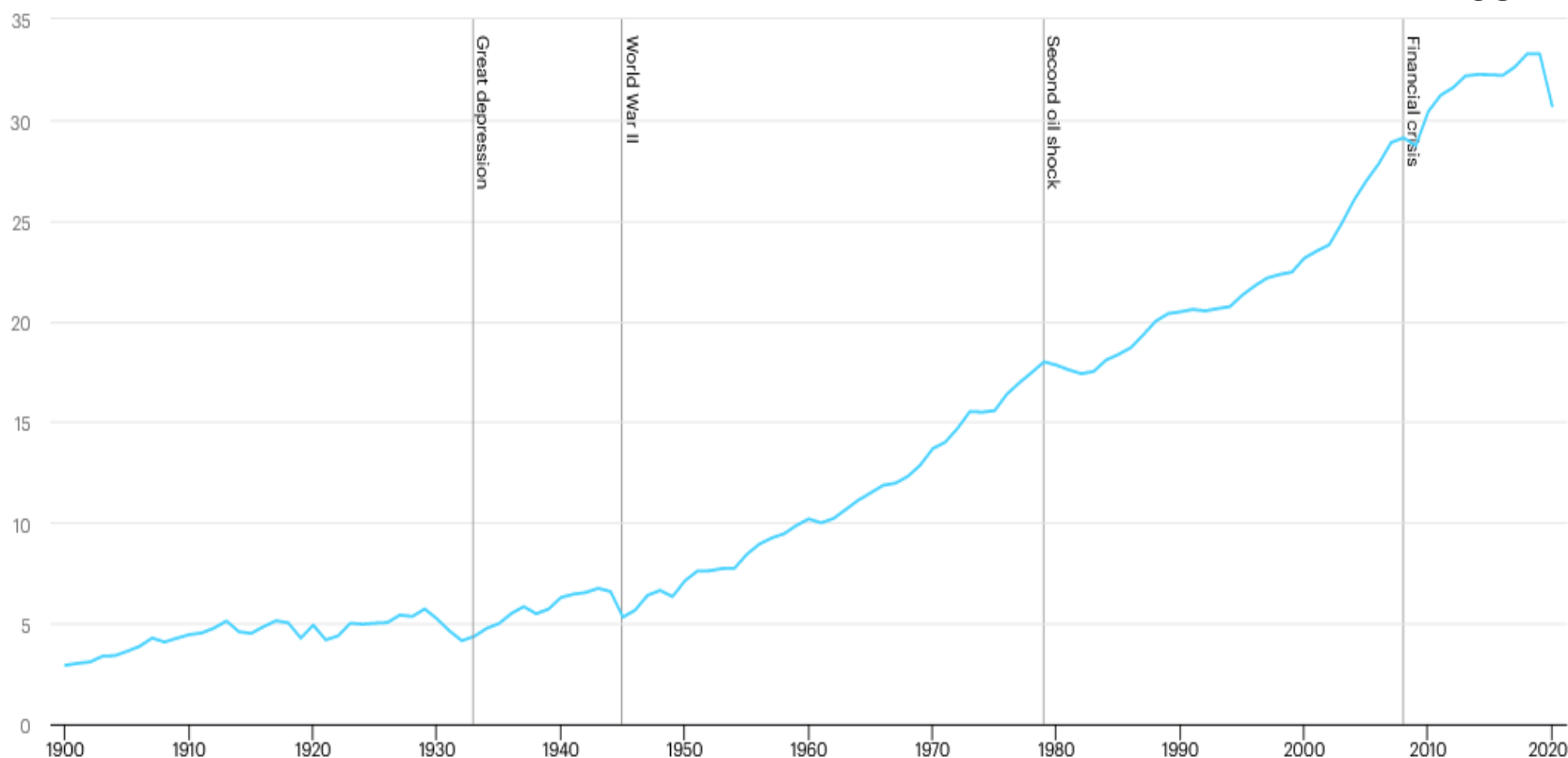
- Segle XX: dominació absoluta d'energies fòssils (75-85 %).
- Previsions BAU: +70% al 2030 / +100% al 2050
- Extracció petroli: 160.000 l/s actualment



- Segle XX: creixement non-stop!: 7 Tm CO₂/persona
- Combustibles fòssils són dominants

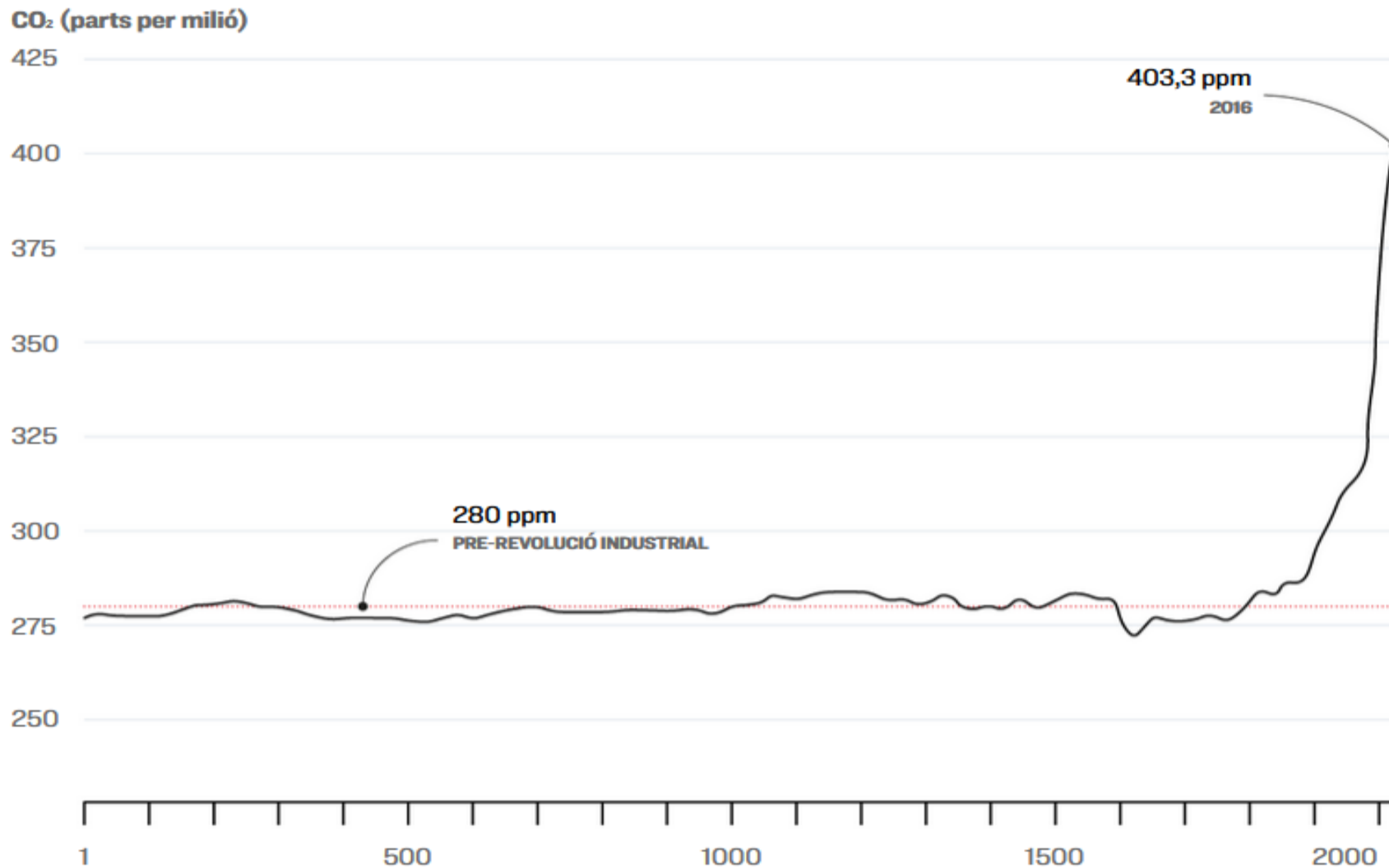
GTm CO₂

COVID19



- Segle XX: creixement non-stop!: 7 Tm CO₂/persona
- Combustibles fòssils són dominants

Generació mundial de CO₂



Augment de la temperatura de la Terra

1°C

Variación de la temperatura media de la tierra y el mar respecto a la media 1910-2000

0,5°C

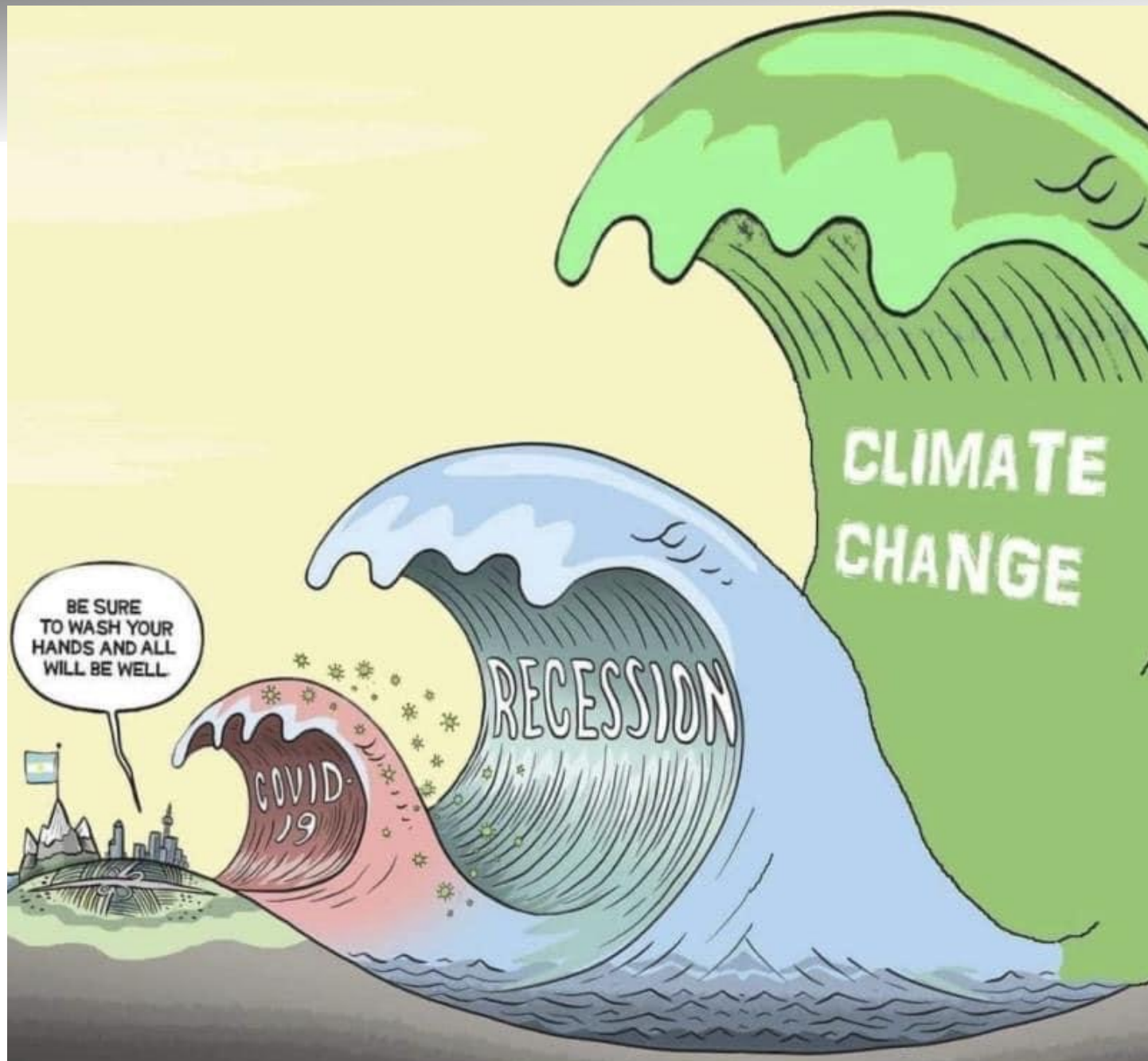
0,0

-0,5°C

Informes IPCC

1900 1920 1940 1960 1980 2000

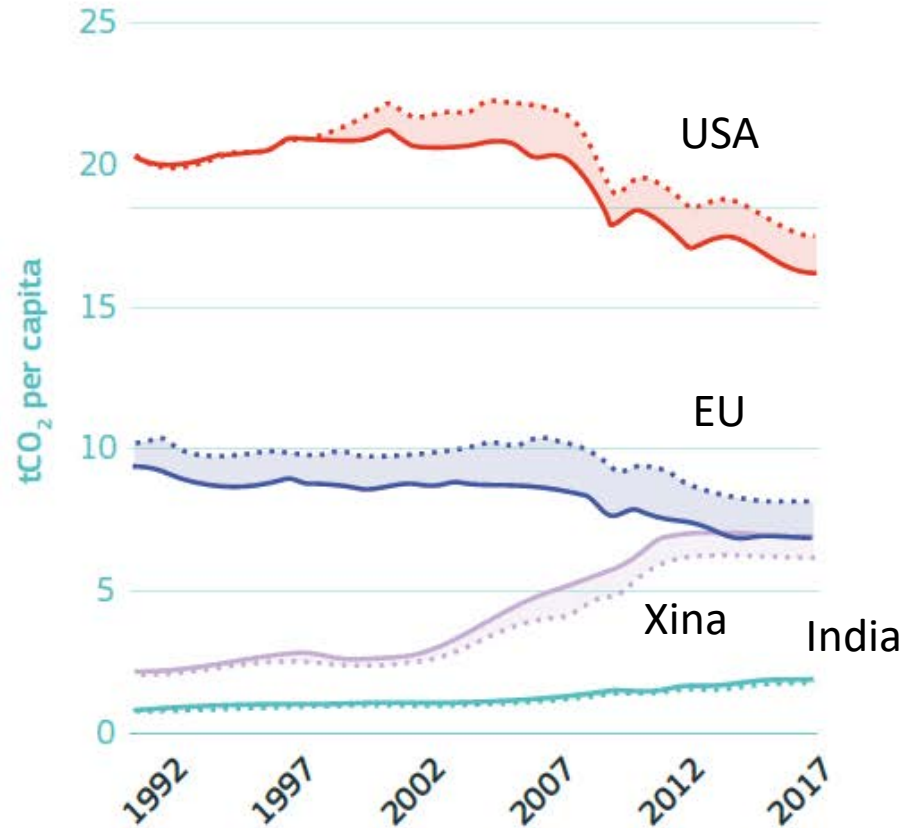
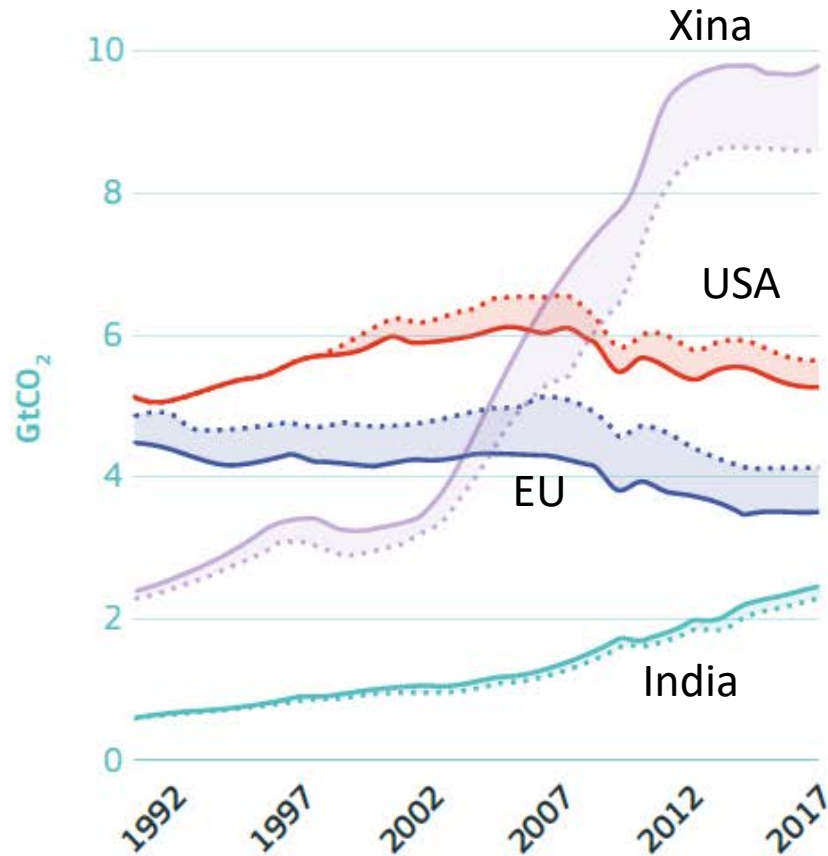
- Augment temperatura: $>1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un segle (correlació CO_2)
- Tendència continuada fins a l'actualitat (Obs. Fabra: $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$)



La Terra té
febre!



Origen geogràfic de l'efecte hivernacle antropogènic



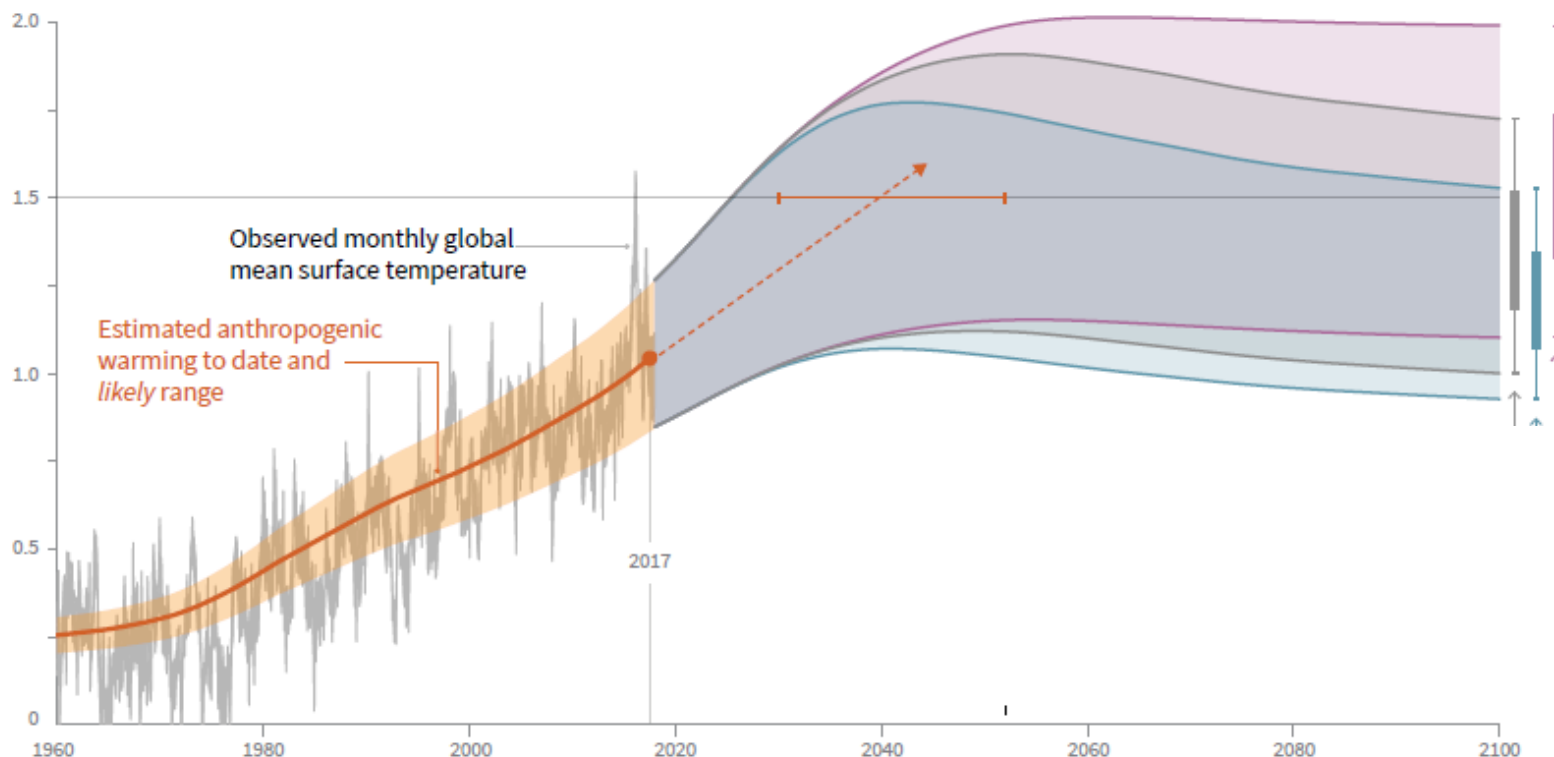
Valors acumulats de CO₂

- 1 bilió de Tm CO₂ generades pels combustibles fòssils

- IPCC 2018
- Nobel Economia 2018, WD Norhaus, PM Romer (Taxes CO₂)

Global total net CO₂ emissions

Global warming relative to 1850-1900 (°C)



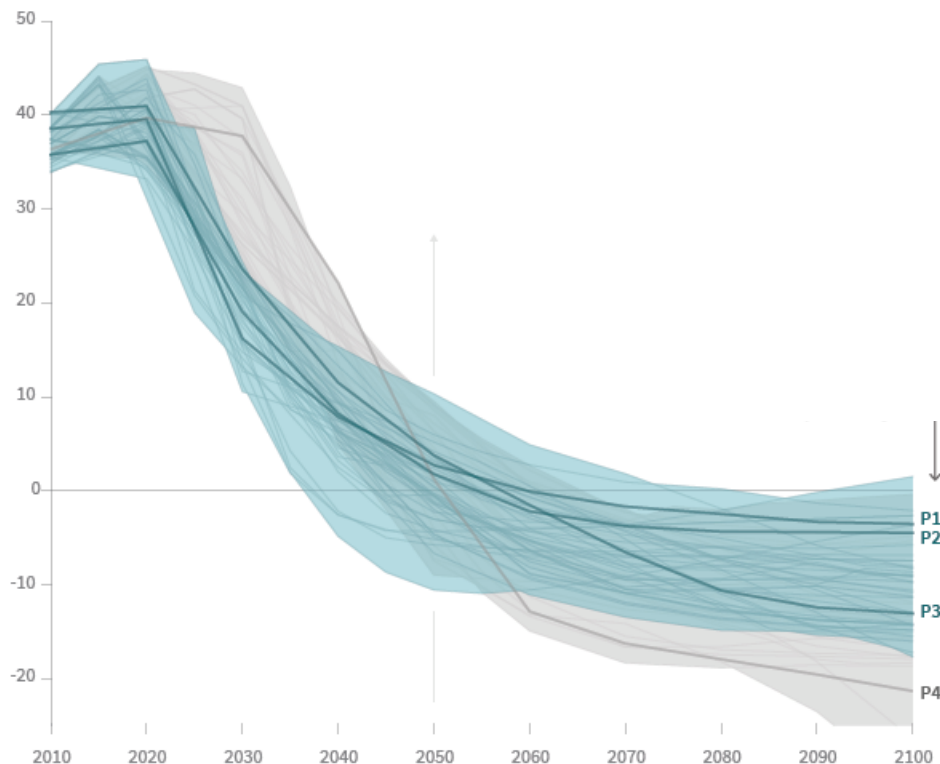
Estabilització CO₂ : <5 GTm CO₂/any
(reducció 1/10 vs actual)
Reducció: -7,6 % / any

Producció individual CO₂
<1 Tm CO₂/persona-any
Cotxe: 2 Tm CO₂/any

- IPCC 2018
- Nobel Economia 2018, WD Norhaus, PM Romer (Taxes CO₂)

Global total net CO₂ emissions

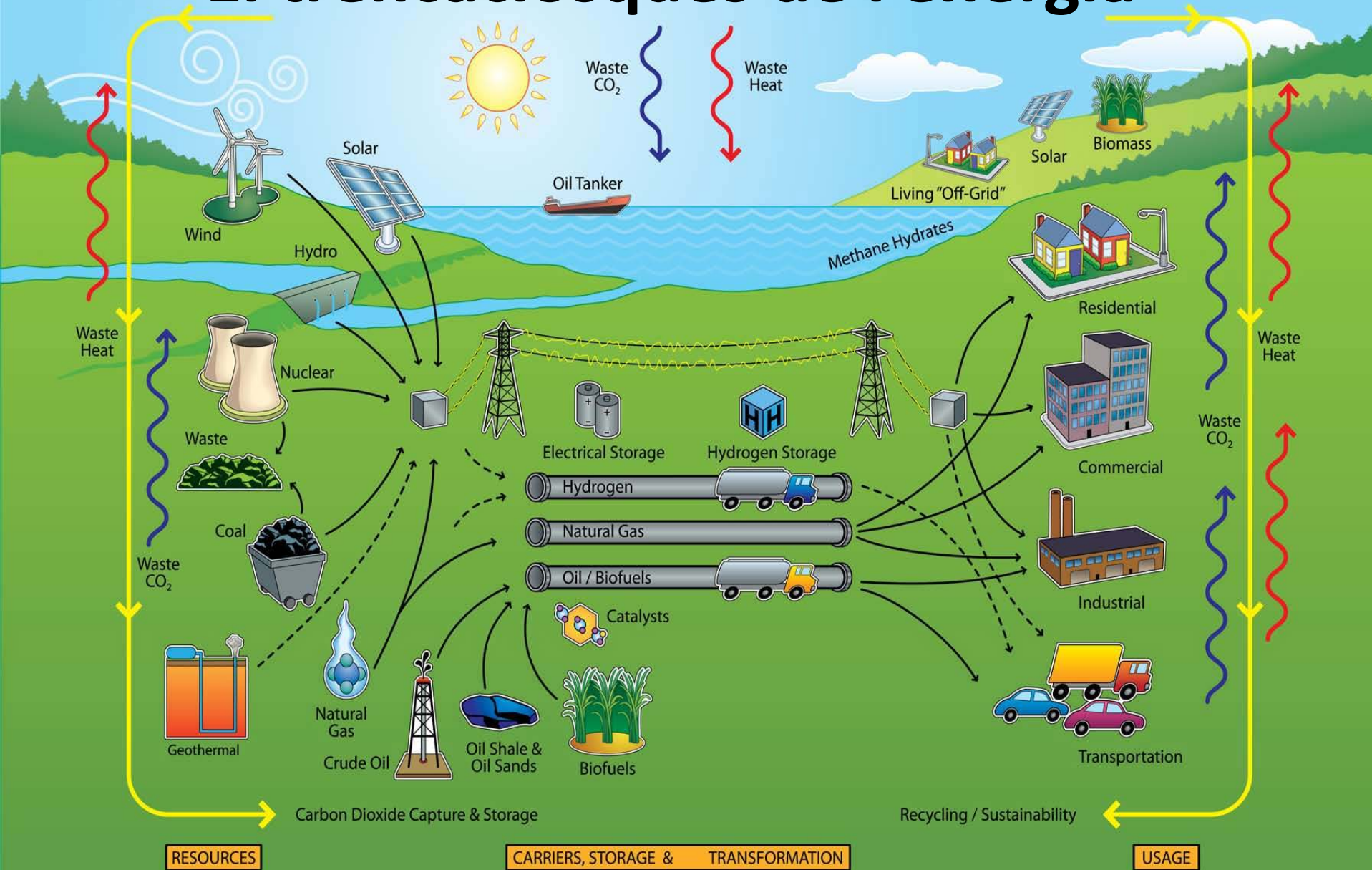
Billion tonnes of CO₂/yr



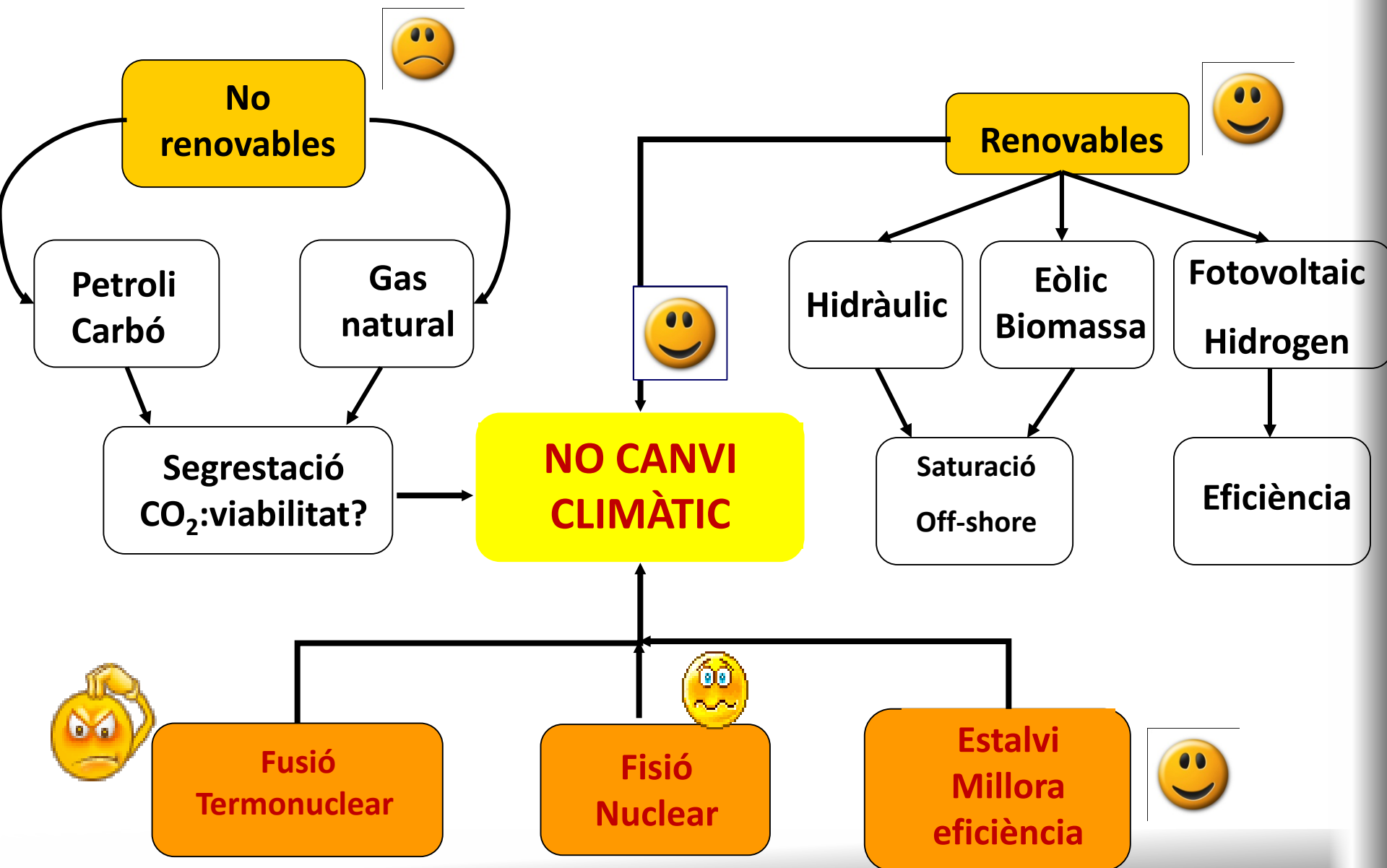
Estabilització CO₂ : <5 GTm CO₂/any
 (reducció 1/10 vs actual)
 Reducció: -7,6 % / any

Producció individual CO₂
 <1 Tm CO₂/persona-any
 Cotxe: 2 Tm CO₂/any

El trencaclosques de l'energia

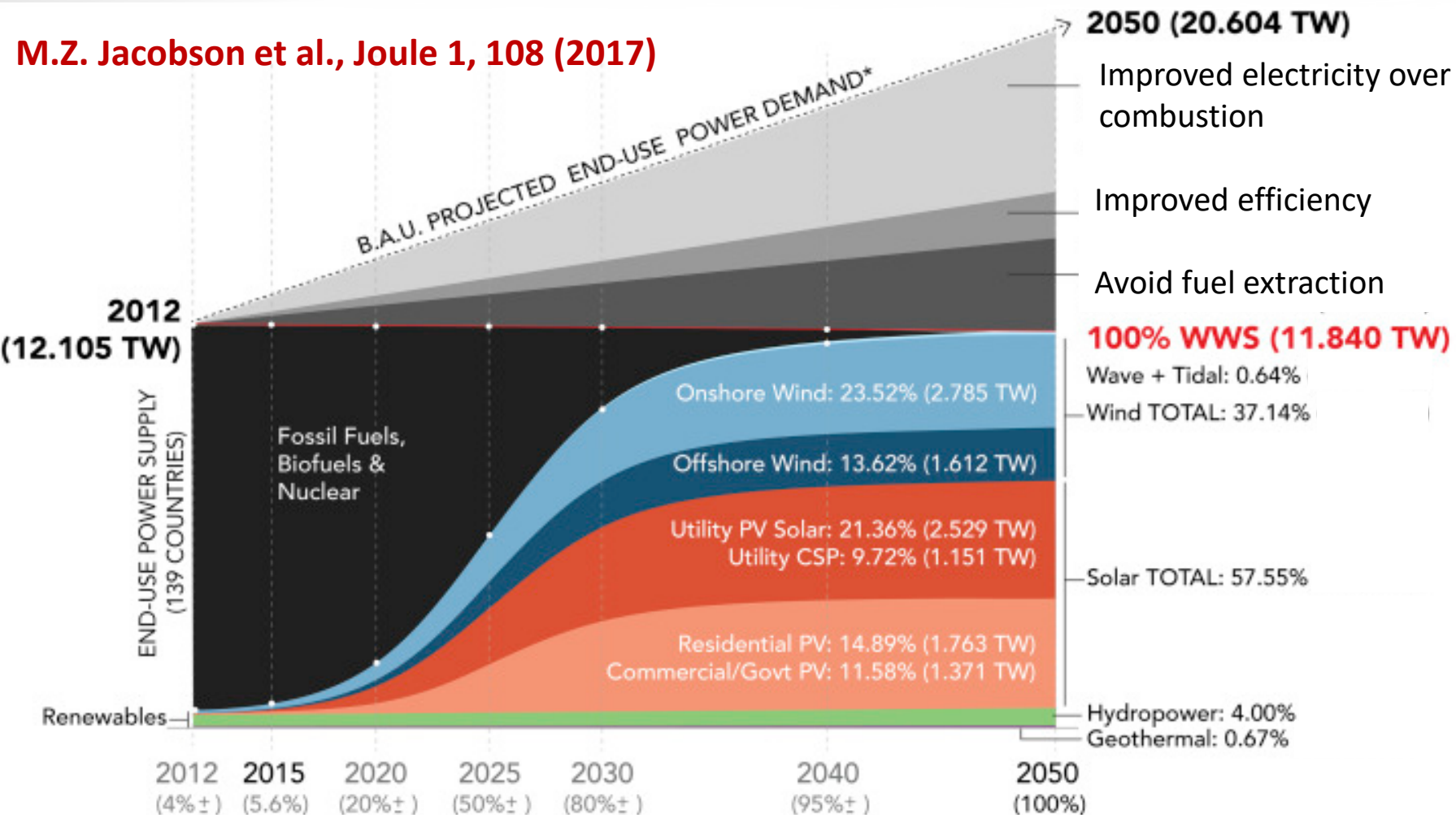


El cistell energètic



Full de ruta transició energètica

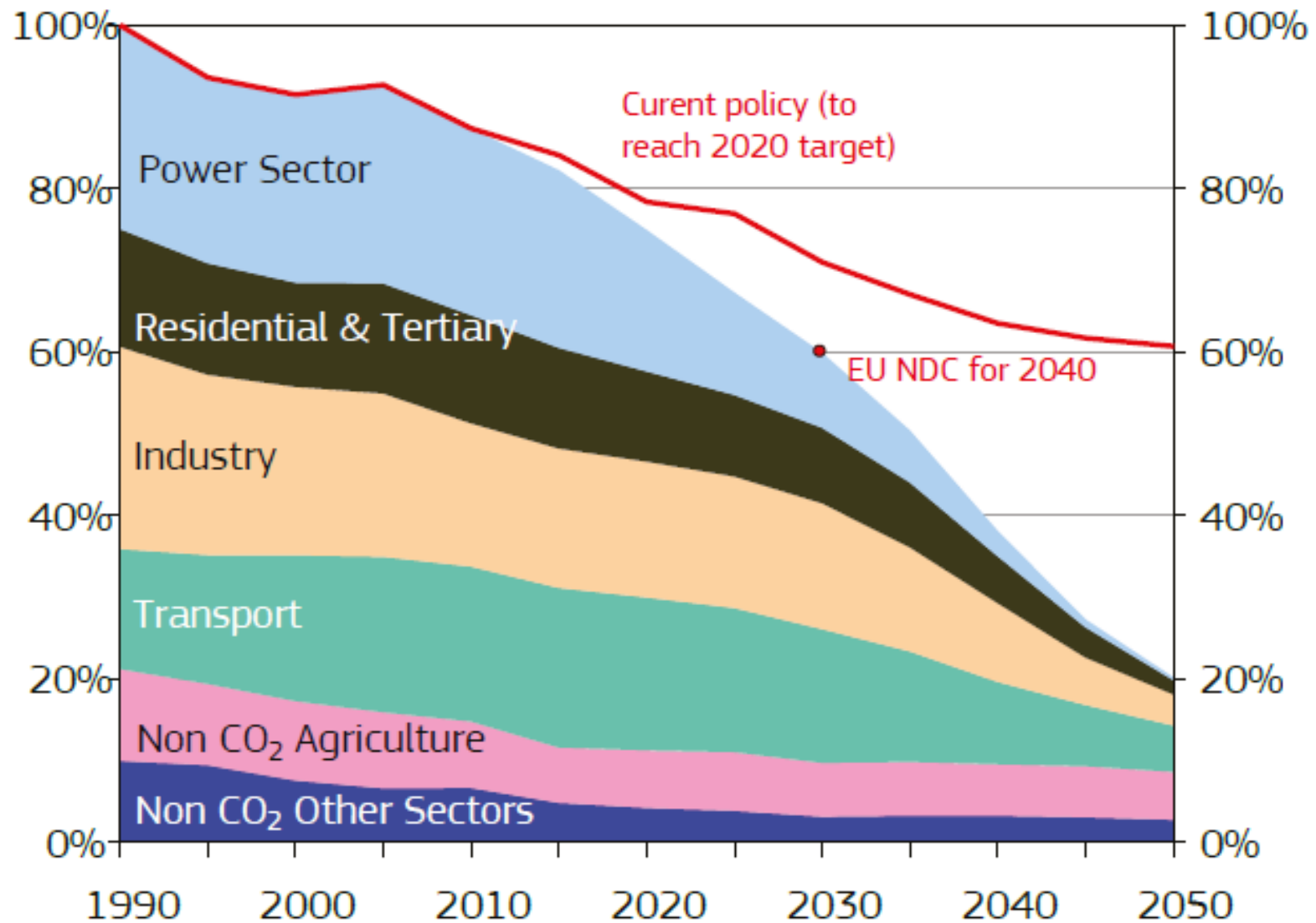
M.Z. Jacobson et al., Joule 1, 108 (2017)



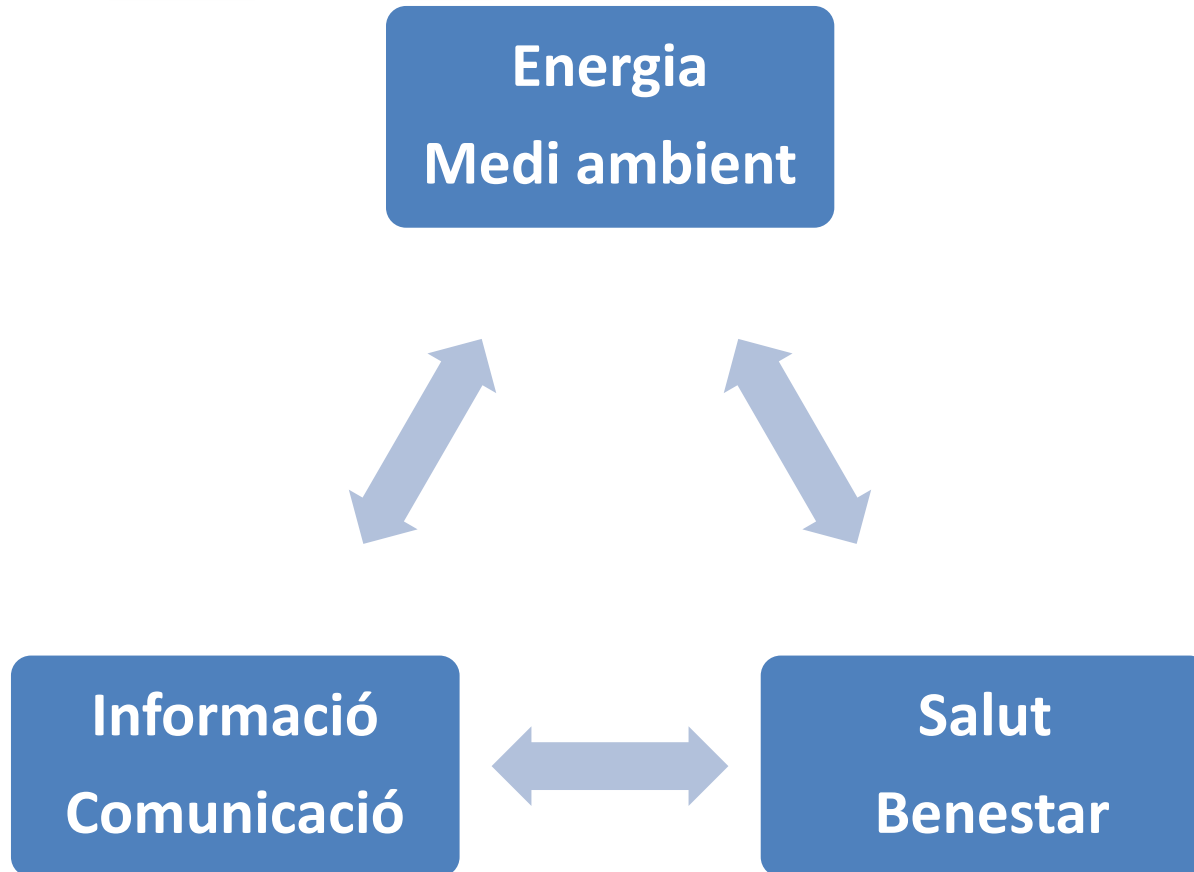
Projected Power Supply & Demand, 139 Countries

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

Full de ruta emissions GEH: Europa



Reptes múltiples interrelacionats pel segle XXI

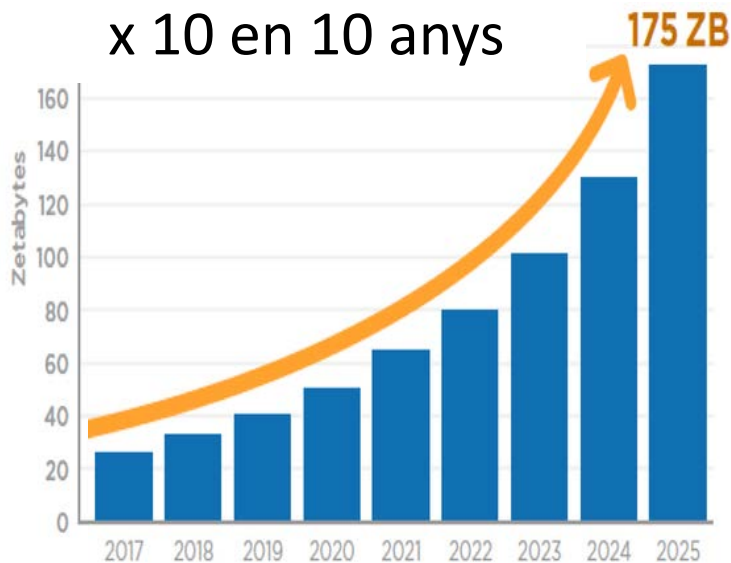


- Herència del S. XX: la superabundància ens ha proporcionat coneixement científic
- La millor eina de que disposem per enfrontar-nos al triple repte del S XXI és el coneixement científic: la 4^a revolució industrial

TIC: necessitem augmentar l'eficiència energètica

1 ZB = 1 bilió Gbytes

Ús de Dades / any
x 10 en 10 anys



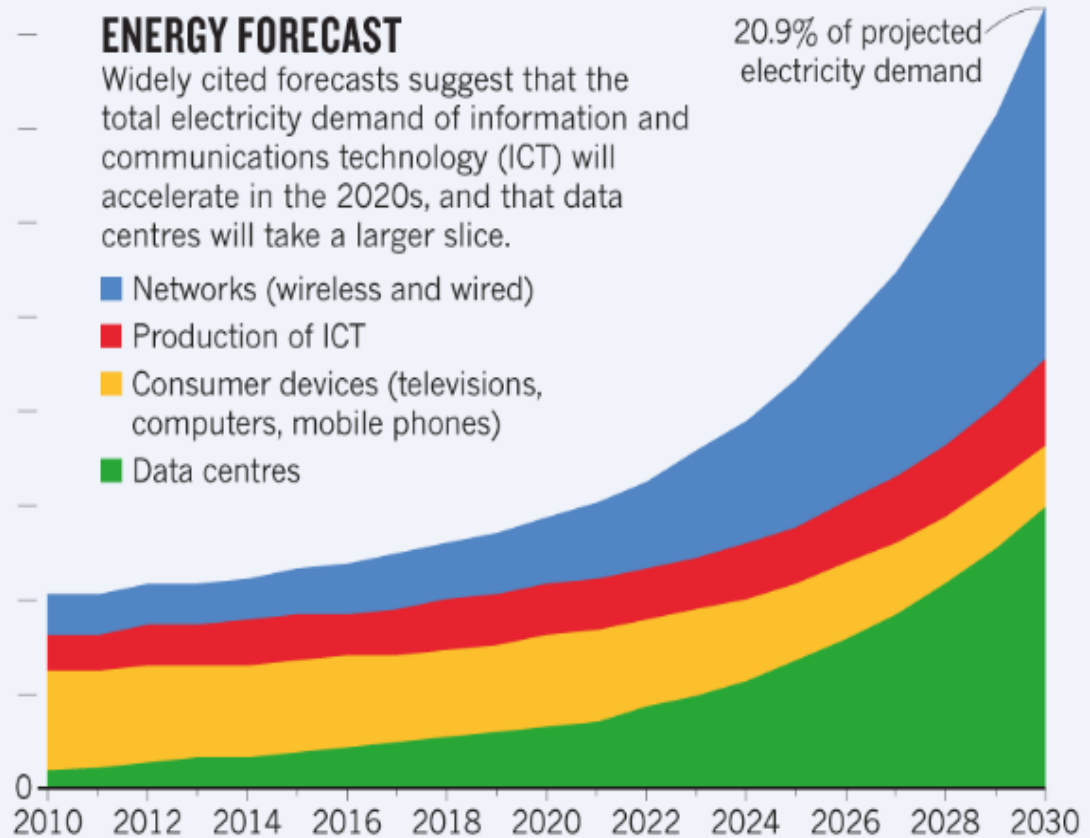
9,000 terawatt hours (TWh)

ENERGY FORECAST

Widely cited forecasts suggest that the total electricity demand of information and communications technology (ICT) will accelerate in the 2020s, and that data centres will take a larger slice.

20.9% of projected electricity demand

- Networks (wireless and wired)
- Production of ICT
- Consumer devices (televisions, computers, mobile phones)
- Data centres



N. Jones, "How to stop data centres from gobbling up the world's electricity", *Nature*, Sep. 2018

- Consum global energia ICT creix ràpidament (ara ja és ~ 5%)
- Important focus en la recerca de nous nanomaterials, noves idees i nous dispositius

Acords contra el Canvi Climàtic

- **Acord de Kyoto (1997)**

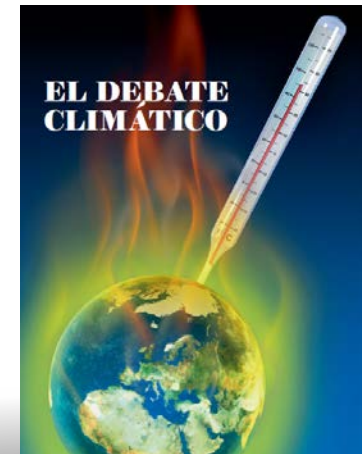
- Nombre de països: 38 industrialitzats
- Acords concrets: inversions, reducció 20 % de CO₂ per 2020

- **Acords de Paris (2015)**

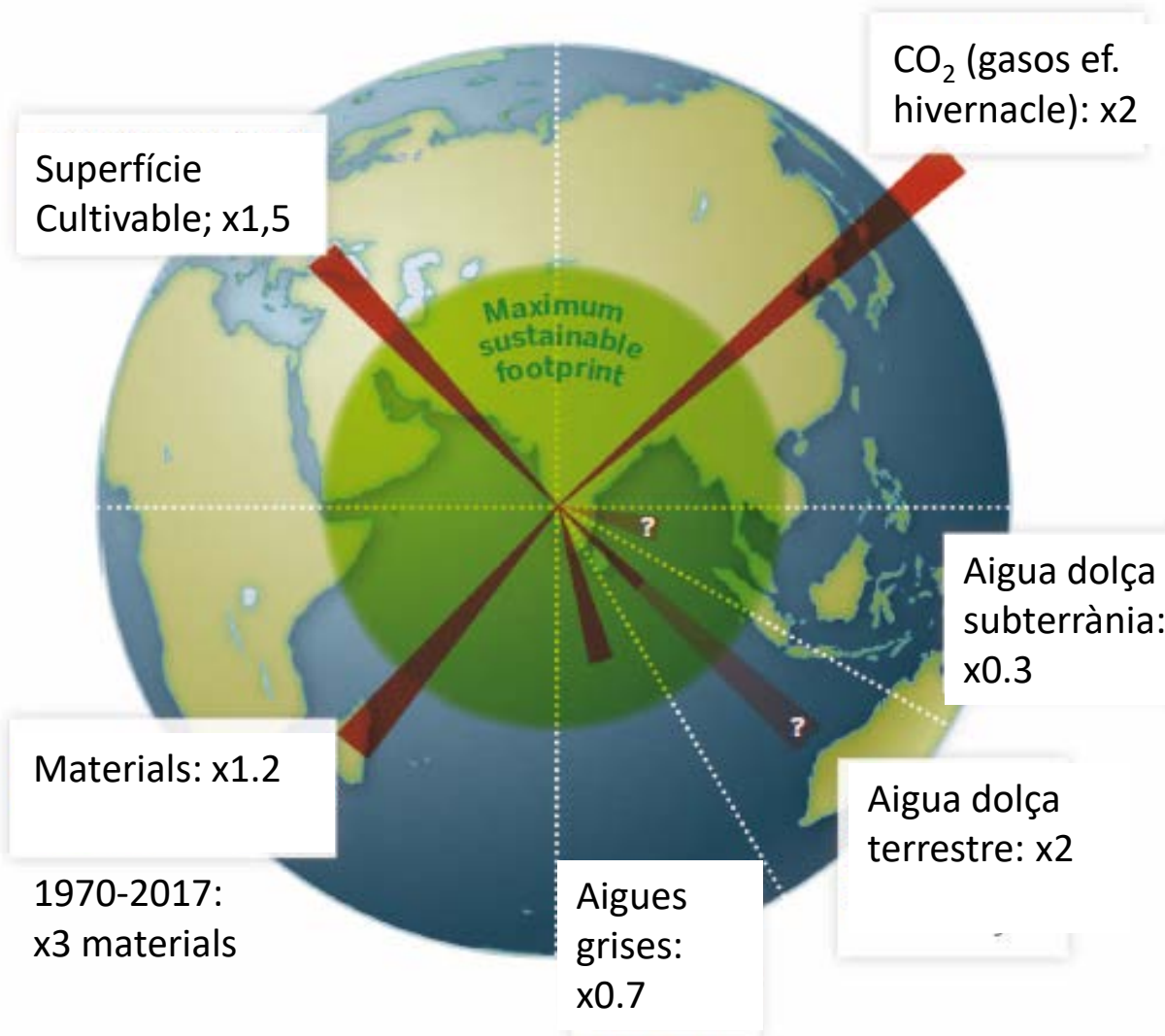
- Limitar l'escalfament del planeta a 2°C i seguir reduint després (2ª meitat S XXI)
- Rebaixar un 25-40 % les emissions de CO₂ respecte 1990 al 2025
- 195 Països van signar l'acord (USA ?)
- Cal també quantificar els efectes del transport mundial (aviació, navegació marítima)

- **Proposta IPCC (2018)**

- Limitar l'escalfament del planeta a 1.5°C (2050): múltiples accions. P.ex. >85 % renovables
- Rebaixar un 45 % les emissions de CO₂ respecte 1990 al 2030 i balanç zero el 2050: 10 anys crítics!



Les petjades de l'activitat humana



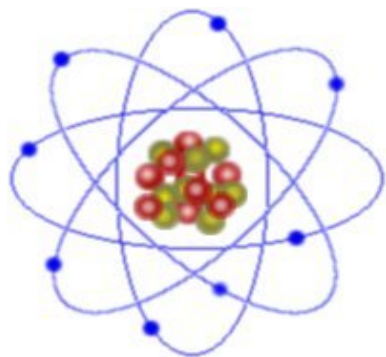
Ja necessitem una Terra i mitja!

Cal fer més amb menys i revisar el nostre model de vida!

Objectius Desenvolupament Sostenible Nations Unides



1 nm = 0,0000000001 m



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

$\times 10^{-9}$



ESCALA HUMANA

$\times 10^9$



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

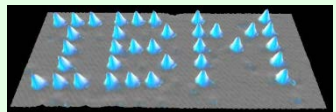


The periodic table is color-coded by groups. The colors are: yellow for Group 1, orange for Group 2, blue for Groups 3-10, purple for Group 11, grey for Group 12, green for Group 13, light green for Group 14, dark green for Group 15, brown for Group 16, red for Group 17, and pink for Group 18. The lanthanide and actinide series are shown at the bottom in a separate row, color-coded by their respective groups.



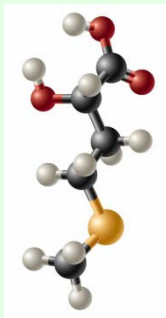
Materials

Manipulació
atòmica

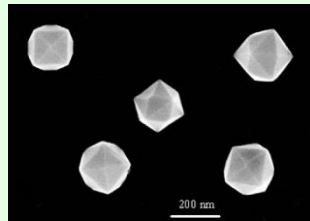


0D

Molècules



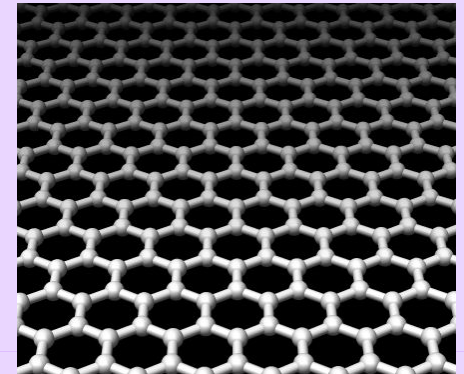
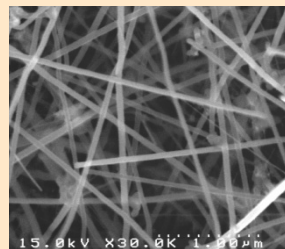
Nanopartícules



10^{-9} m

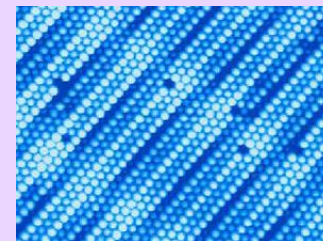
1D

Nanofilms
Nanotubs



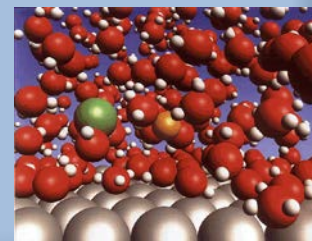
2D

Superfícies
Capes primes



3D

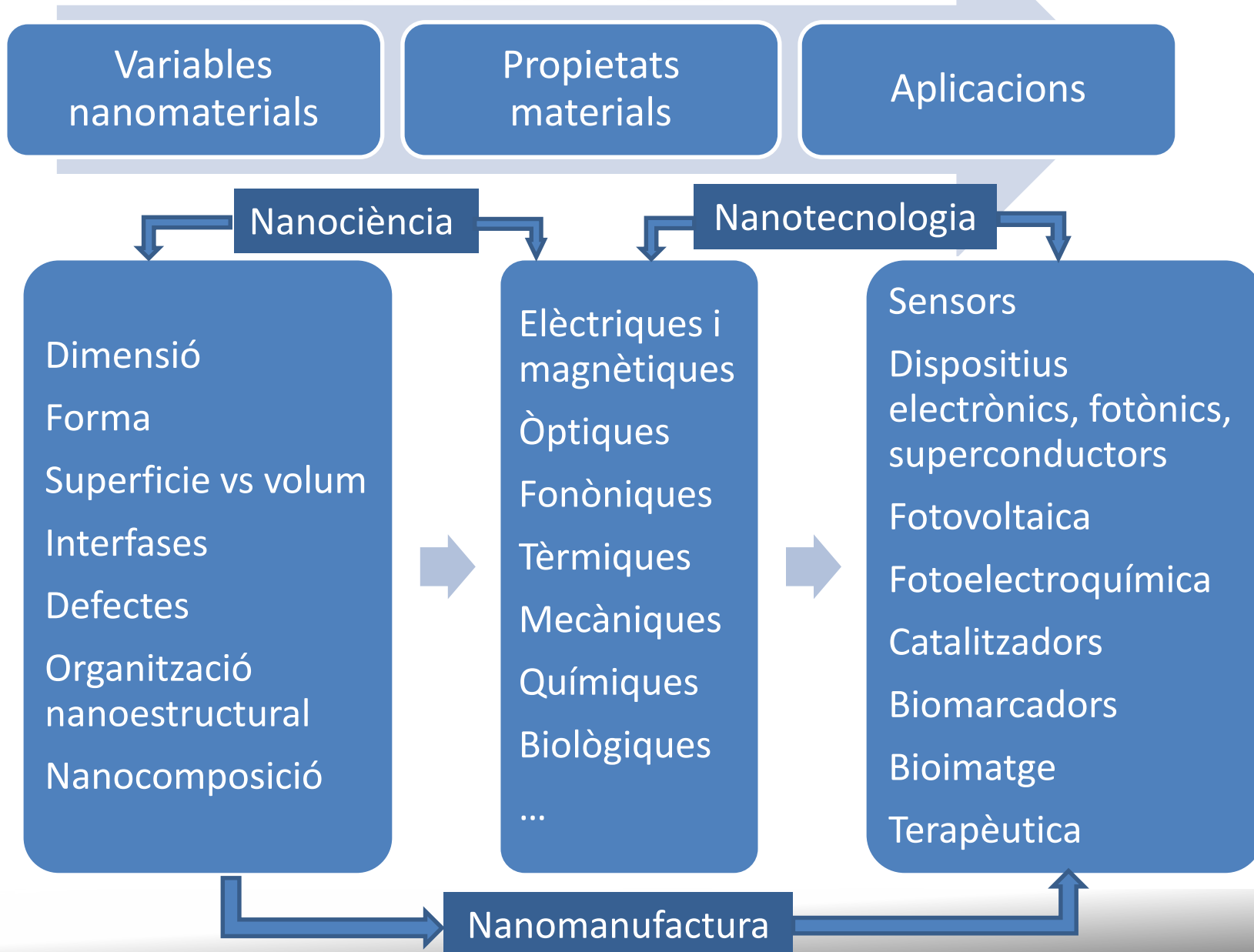
Xarxes



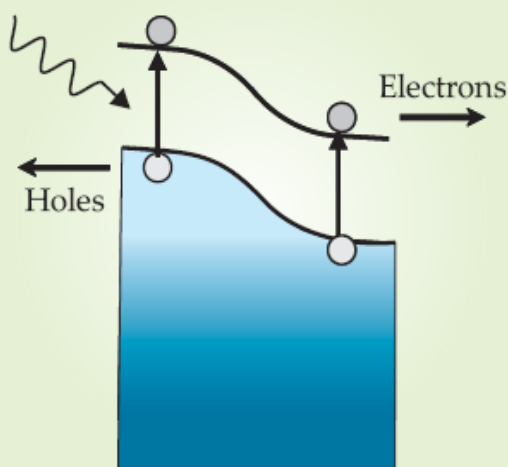
Noves regles de joc

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

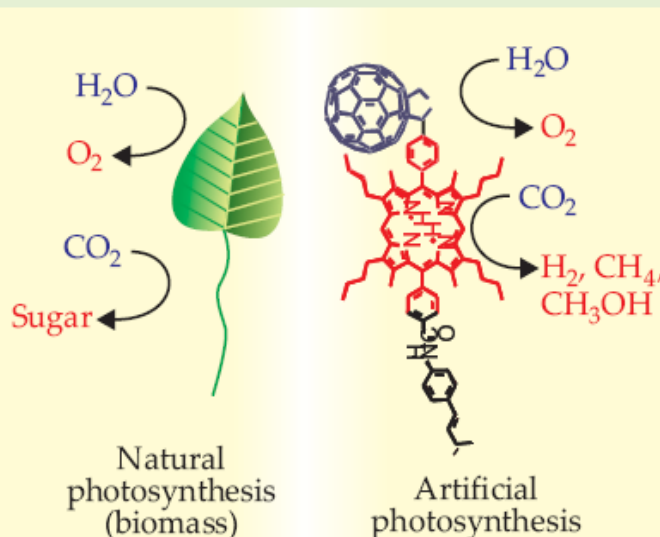
Nanociència i nanotecnologia: un nou paradigma científic i tecnològic



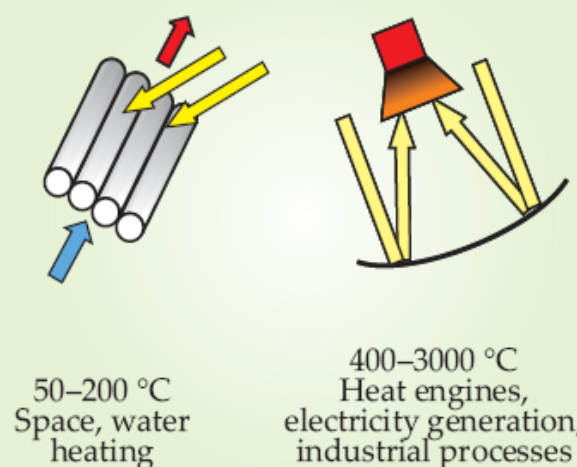
El tità Prometeus: Energia química, electrònica, elèctrica i tèrmica a partir del sol pels homes



Solar electric



Solar fuel



Solar thermal

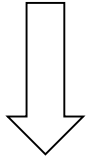
Electrònica

Fotoquímica

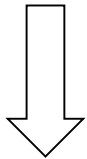
Tèrmica

Protons i electrons fotogenerats

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



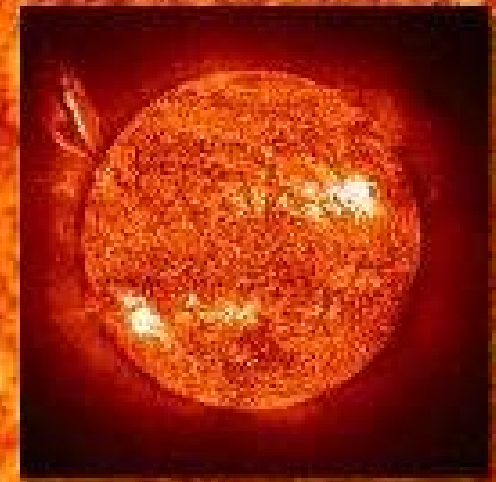
Podem aconseguir 10 TW
De llum solar l'any 2050?
(10% eficiència, 0.1%
superfície)



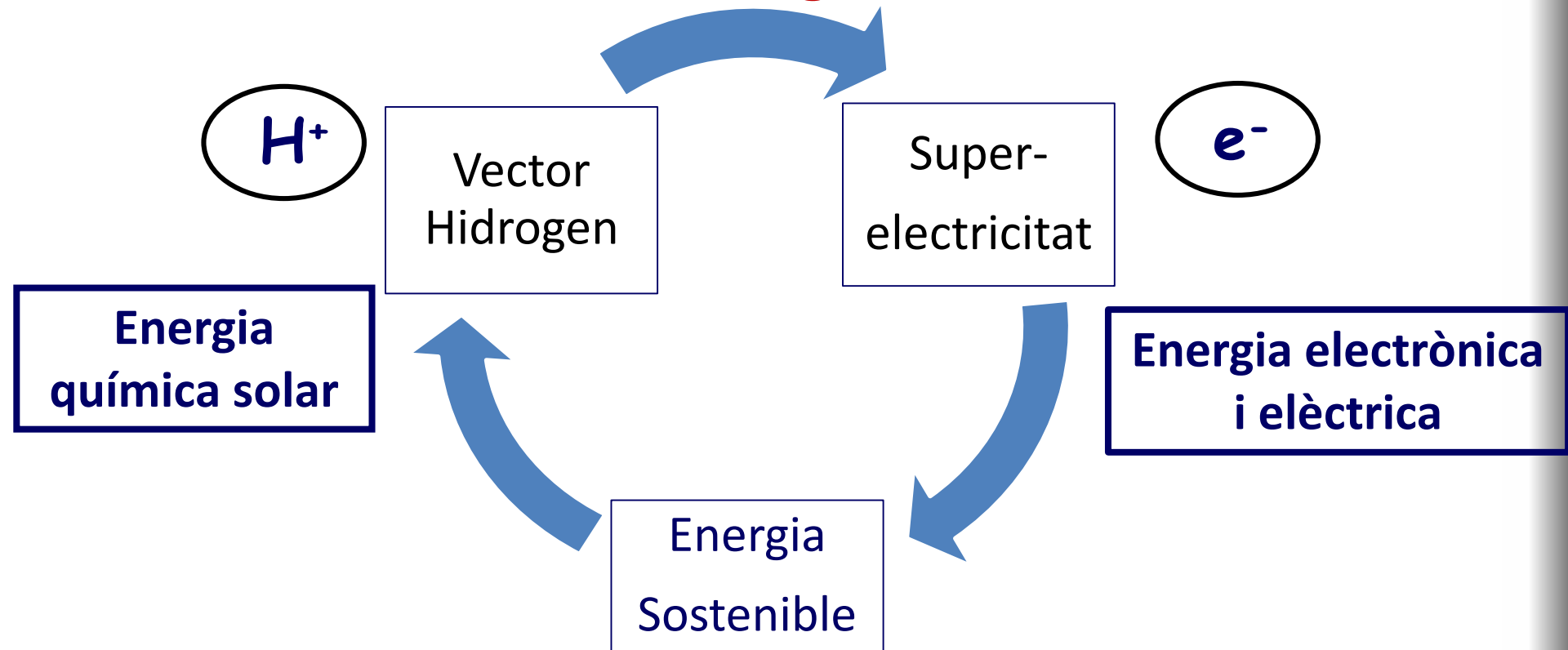
1h llum solar = 1 any
energia humanitat

La fusió: la nostra font d'energia

Earth shown
for size comparison



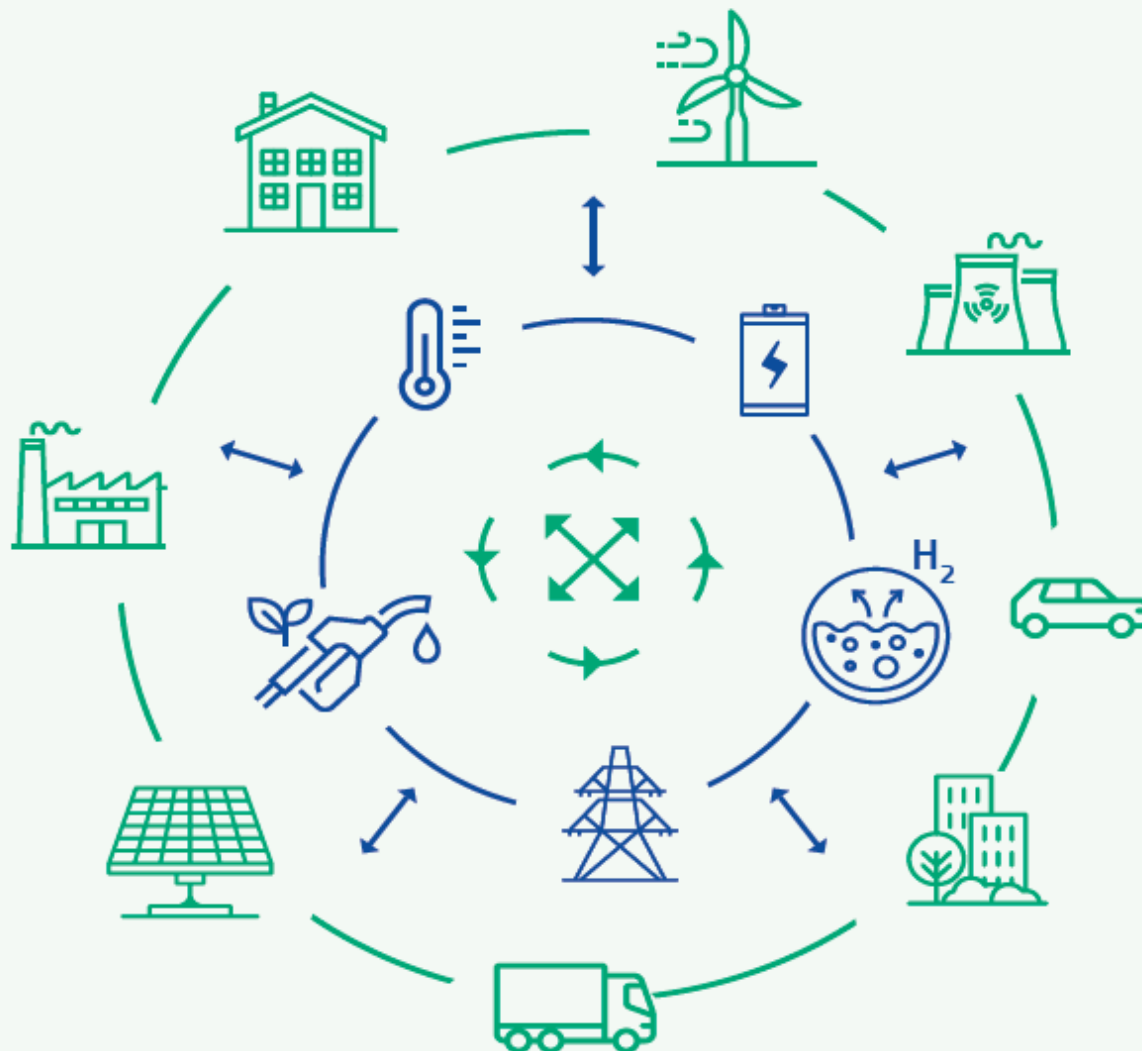
Nou paradigma: vectors energètics entrelligats



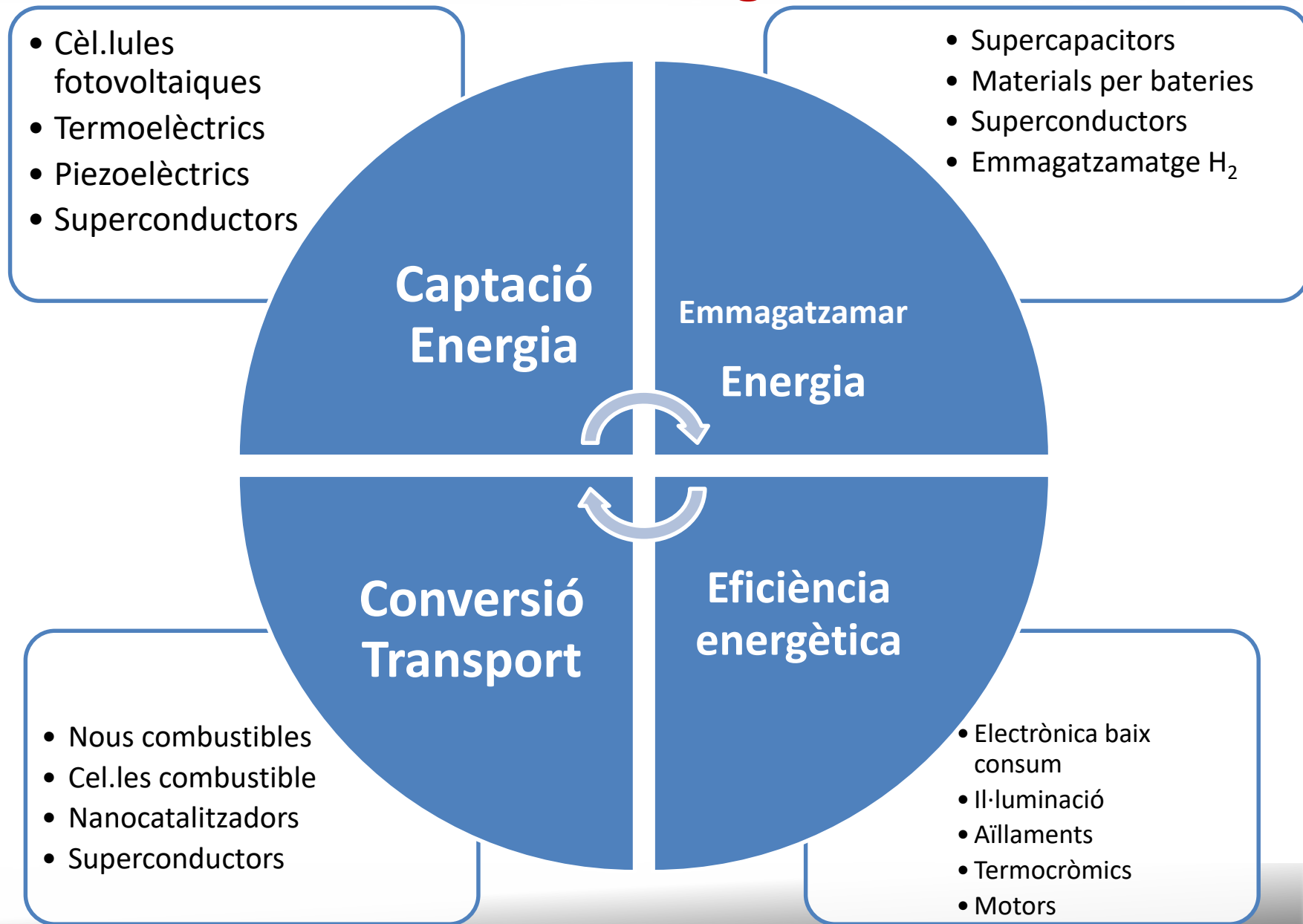
Electrons i protons seran els vehicles mundials de l'energia
Xarxa de generació-distribució-emmagatzematge d'Energia
química i elèctrica

Nou paradigma: vectors energètics entrelligats

Usuaris i productors

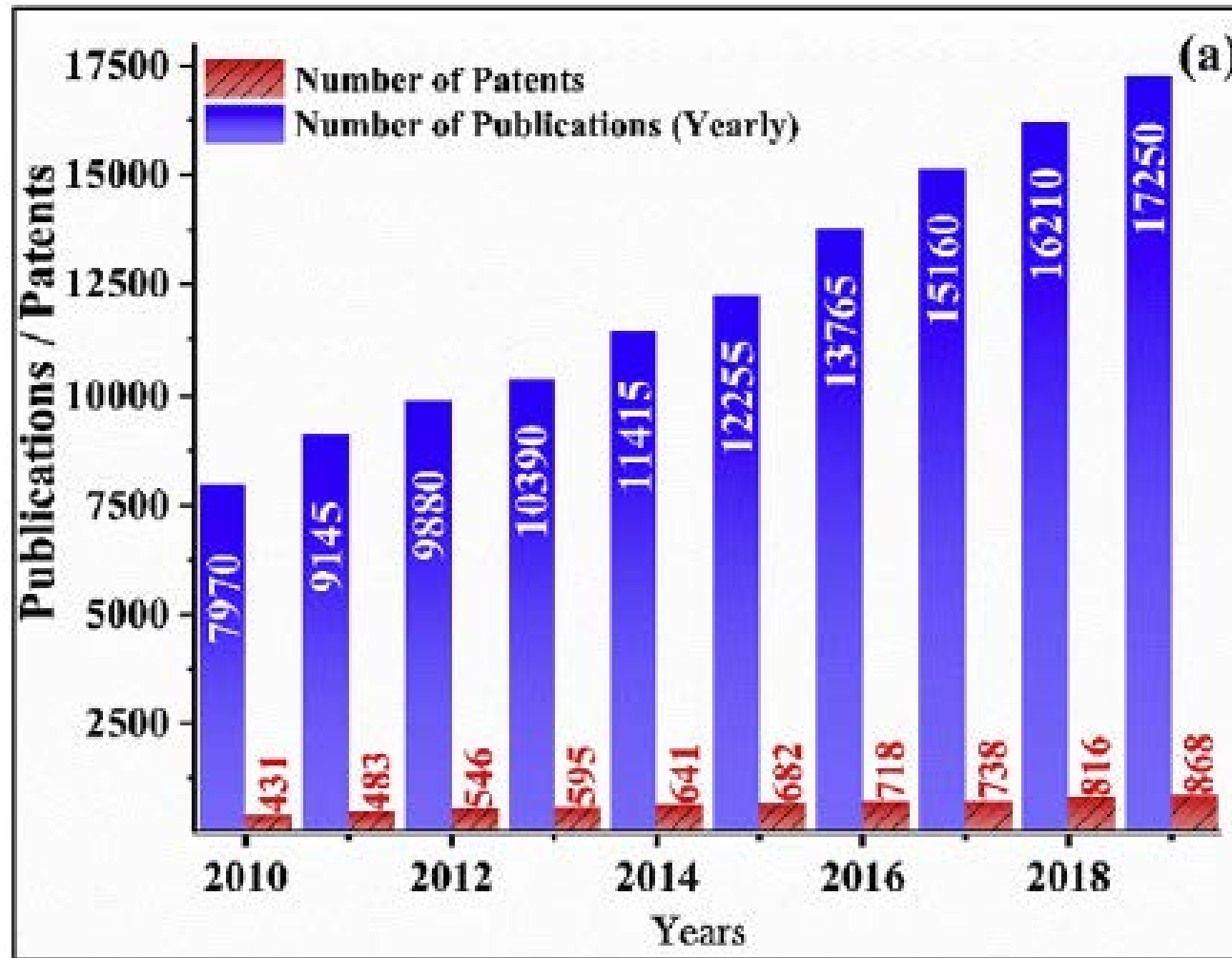


Nanomaterials: un desllorigador per a la transició energètica



L'economia de l'hidrogen

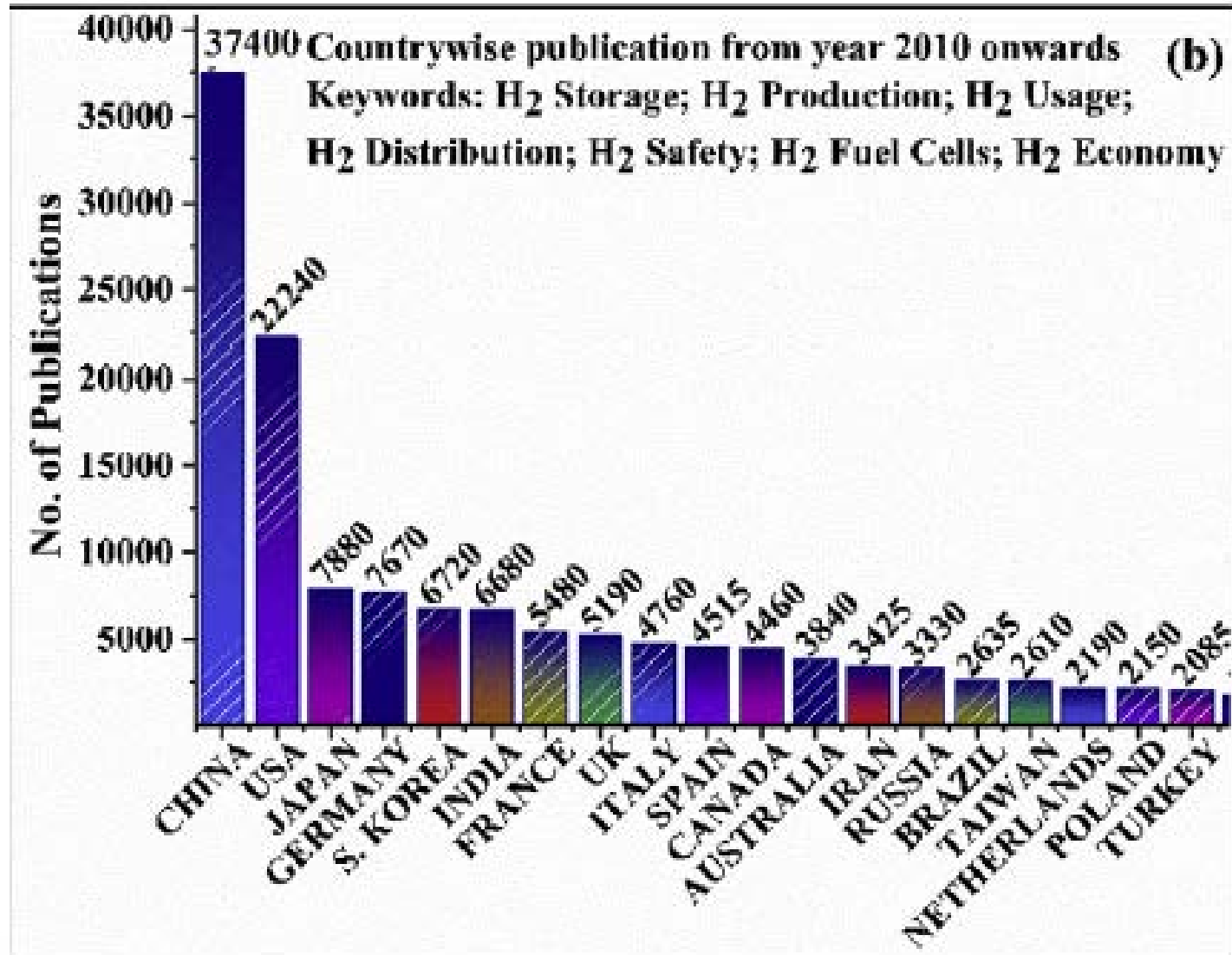
Un somni que s'està fent realitat!



>47 publicacions/dia ; > 2 patents/dia

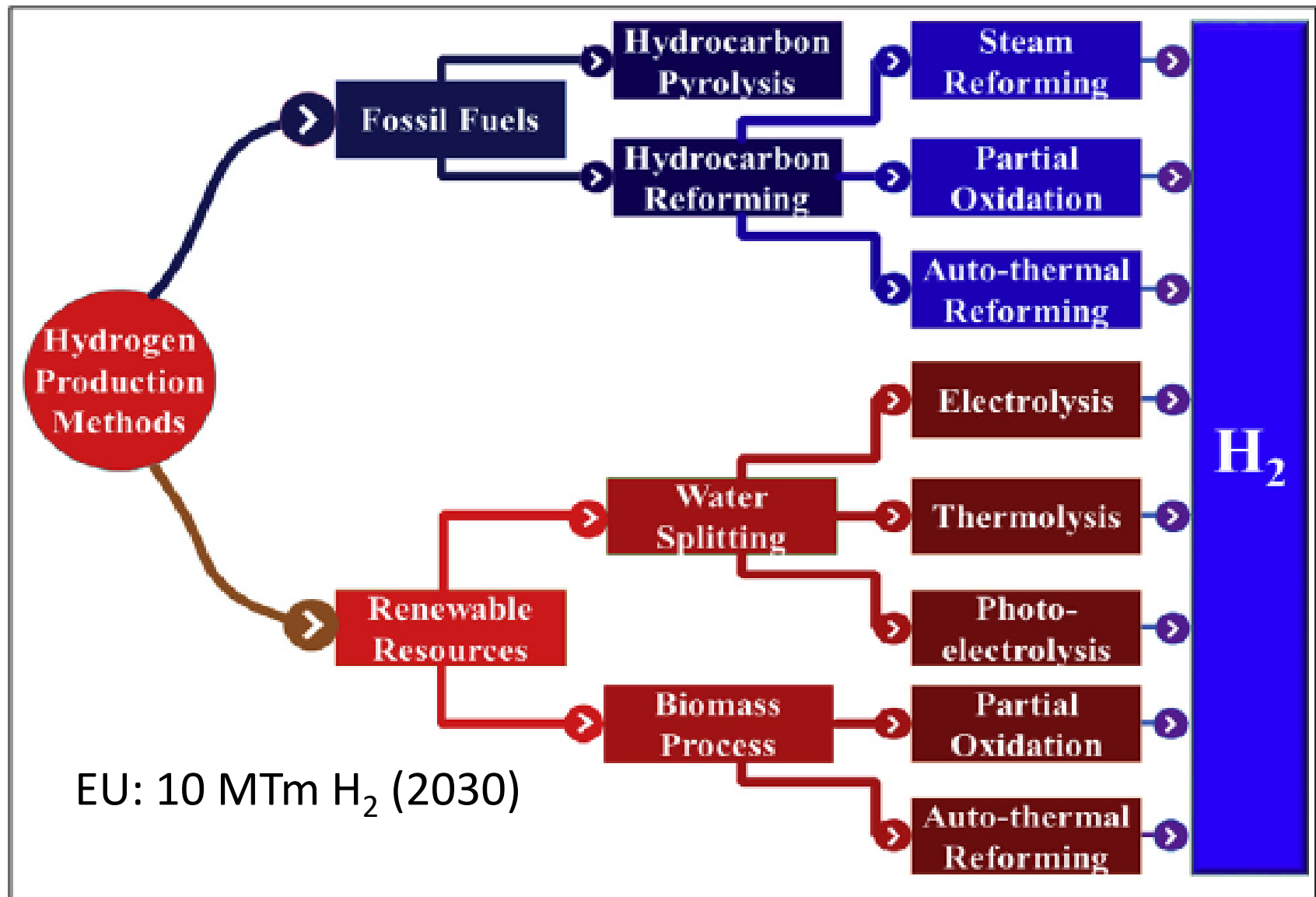
L'economia de l'hidrogen

Xina: >10 publicacions/dia els darrers 10 anys!



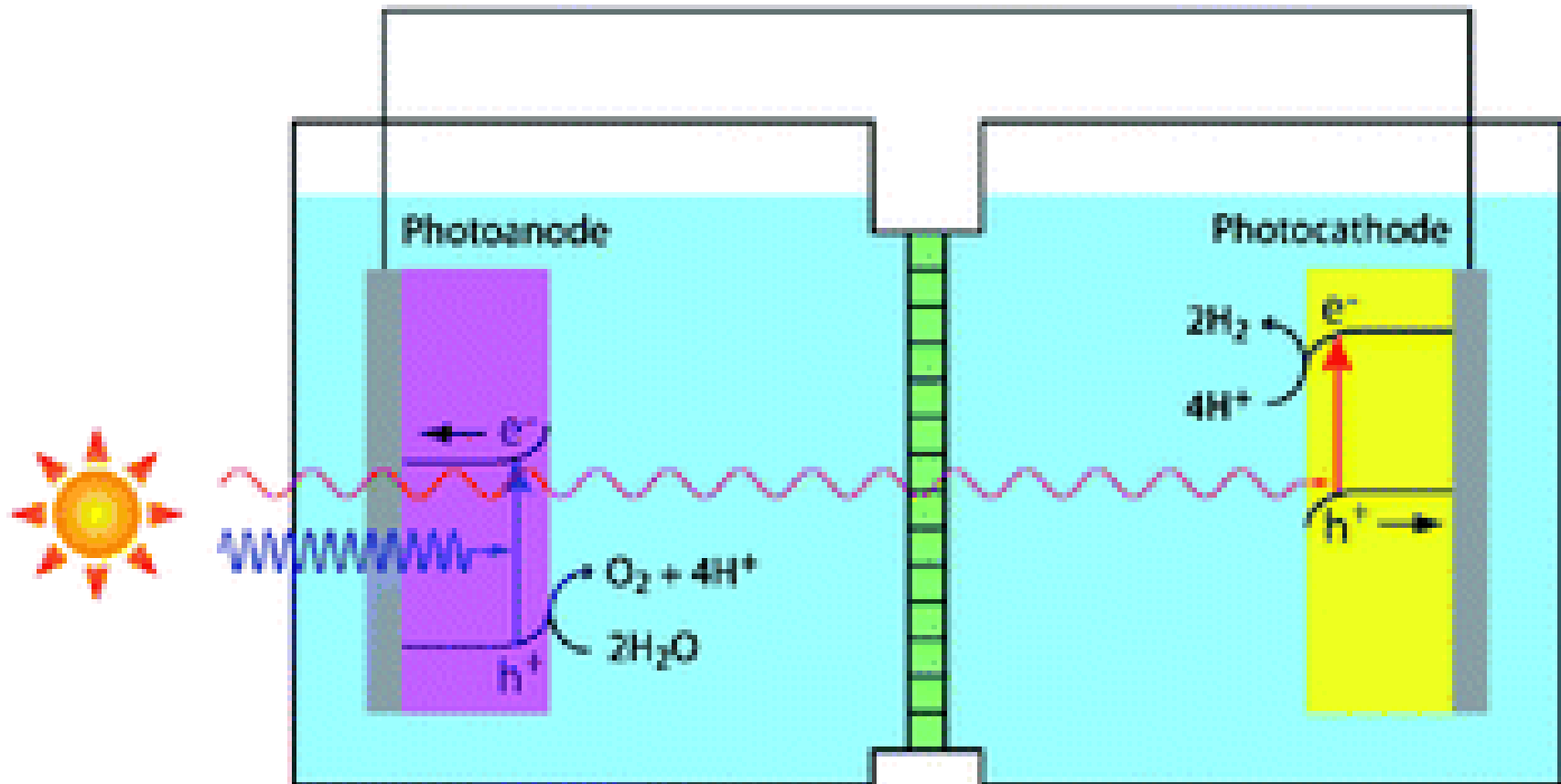
Energia química: combustibles solares

L'economia de l'hidrogen



Cel·les fotoelectroquímiques (PEC)

Eficiència actual: 12 %



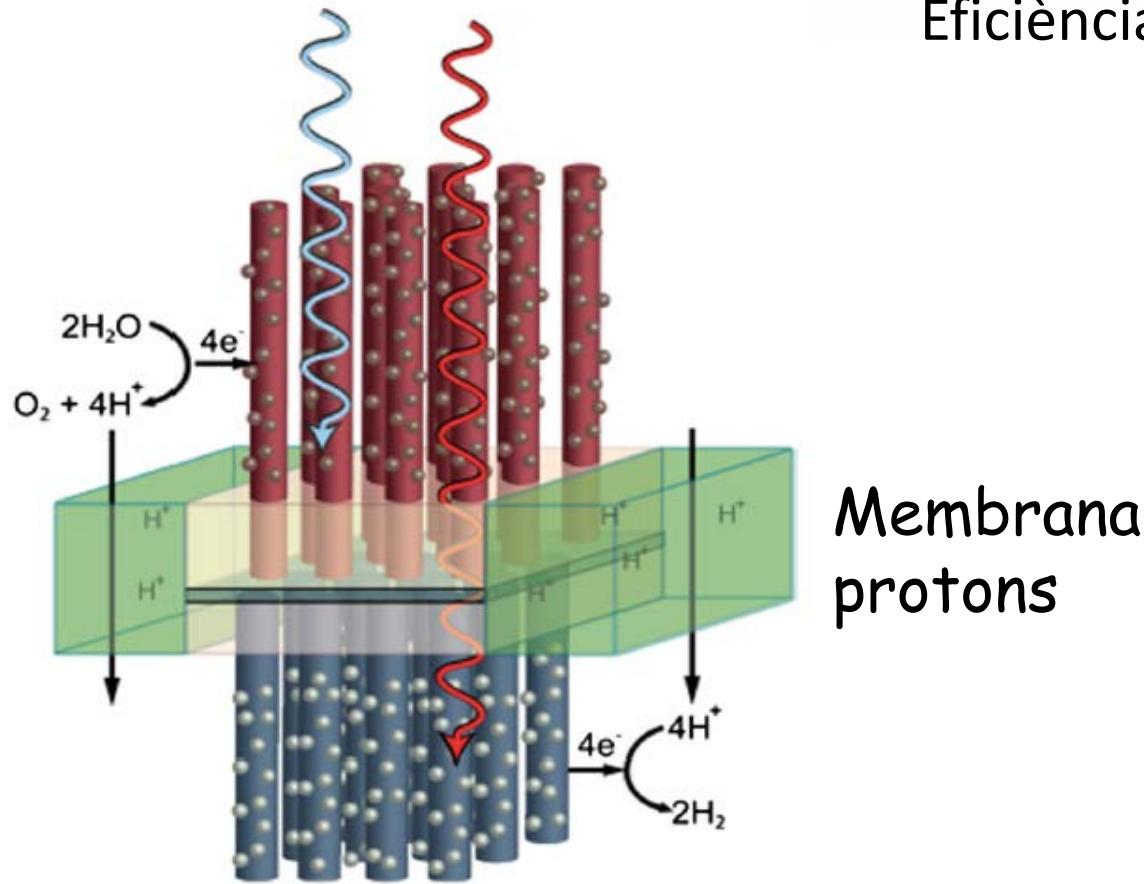
- Òxids semiconductors nanoporosos: TiO_2 , Fe_2O_3 (tipus p i n)
- Absorció de la llum
- Interfase amb H_2O
- Transport i separació eficient de càrrega

H. L. Tuller, Mater Renew Sustain Ener 6, 3 (2017)

Sun et al., Energ Env Sci (2010)

Cel·les fotoelectroquímiques (PEC)

Eficiència actual: 12 %



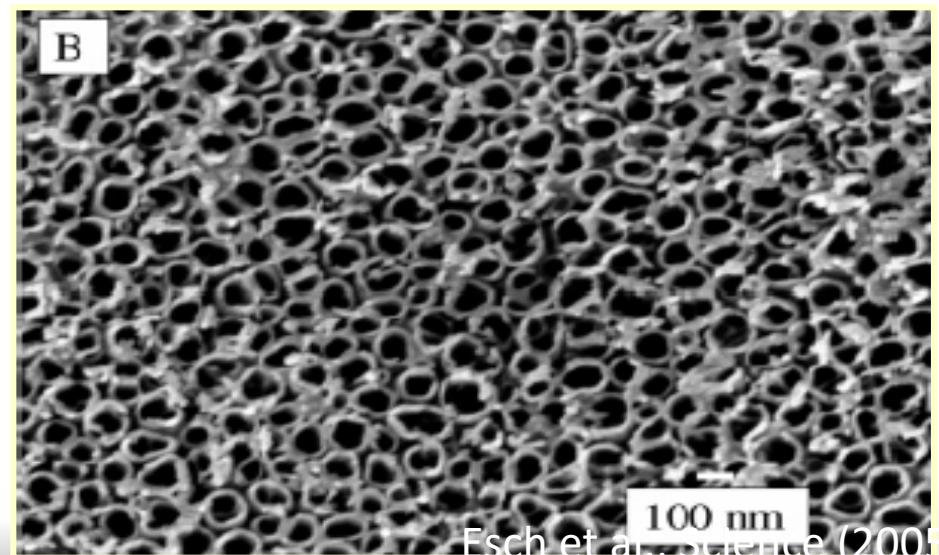
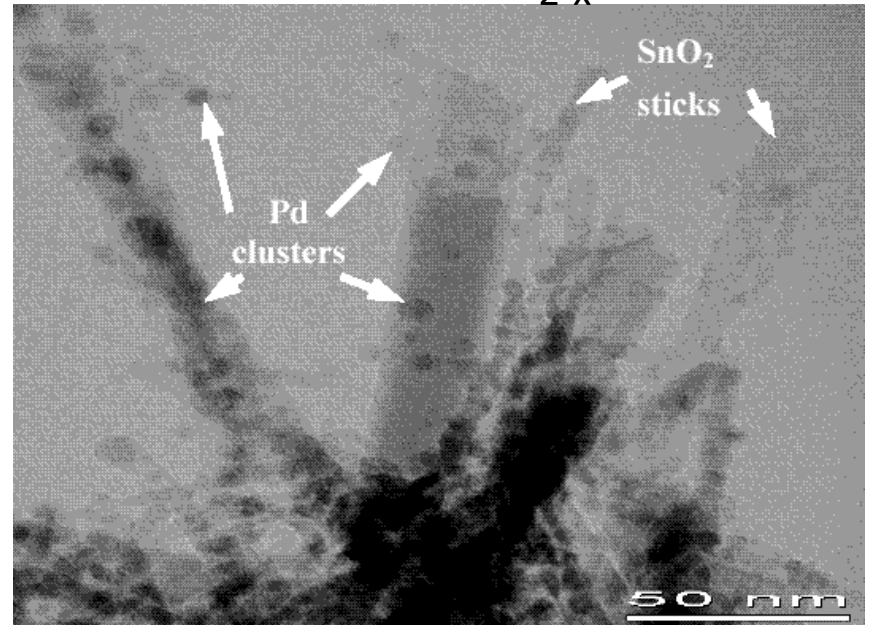
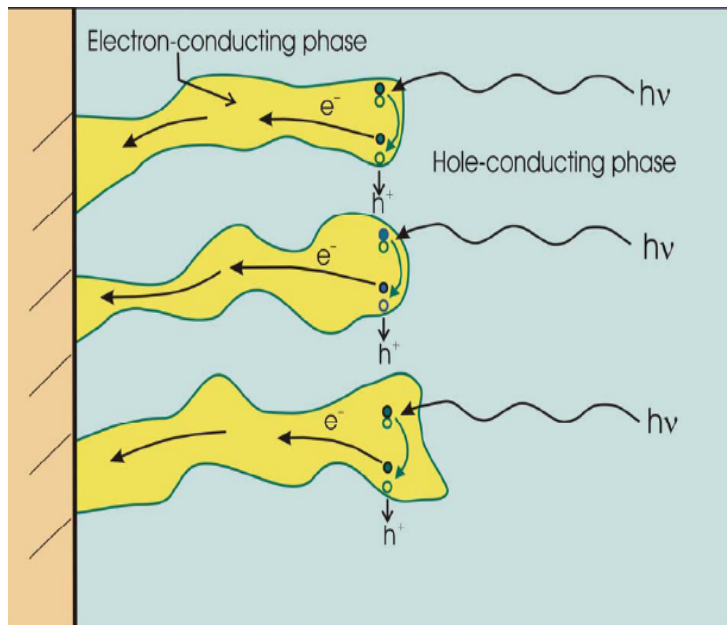
- Òxids semiconductors nanoporosos: TiO_2 , Fe_2O_3 (tipus p i n)
- Absorció de la llum
- Interfase amb H_2O
- Transport i separació eficient de càrrega

H. L. Tuller, Mater Renew Sustain Ener 6, 3 (2017)

Sun et al., Energ Env Sci (2010)

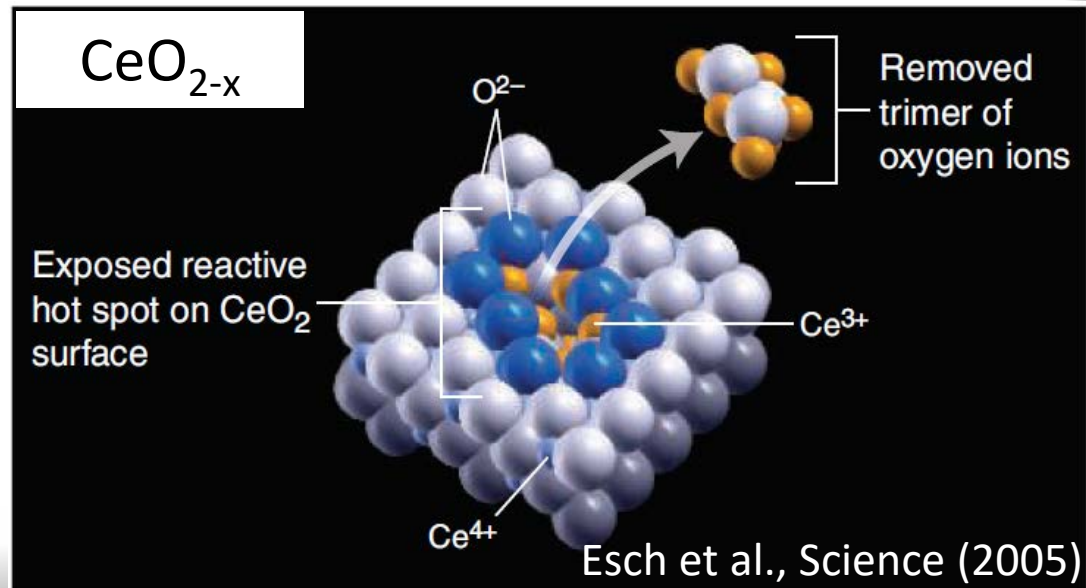
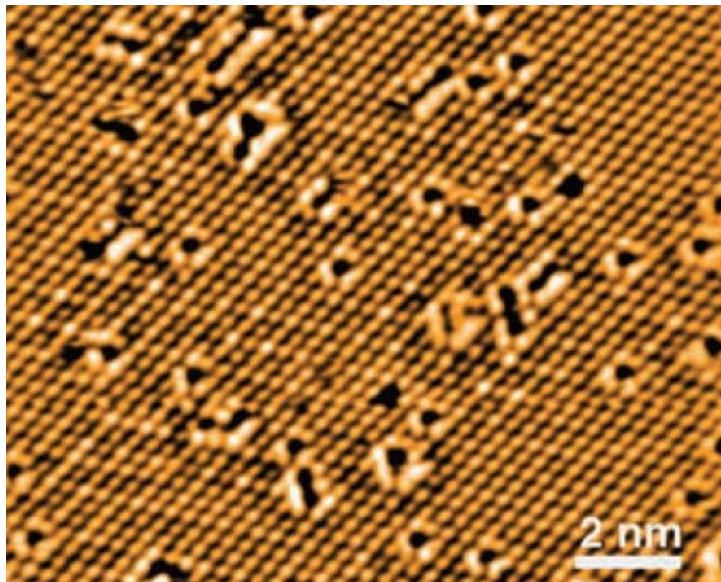
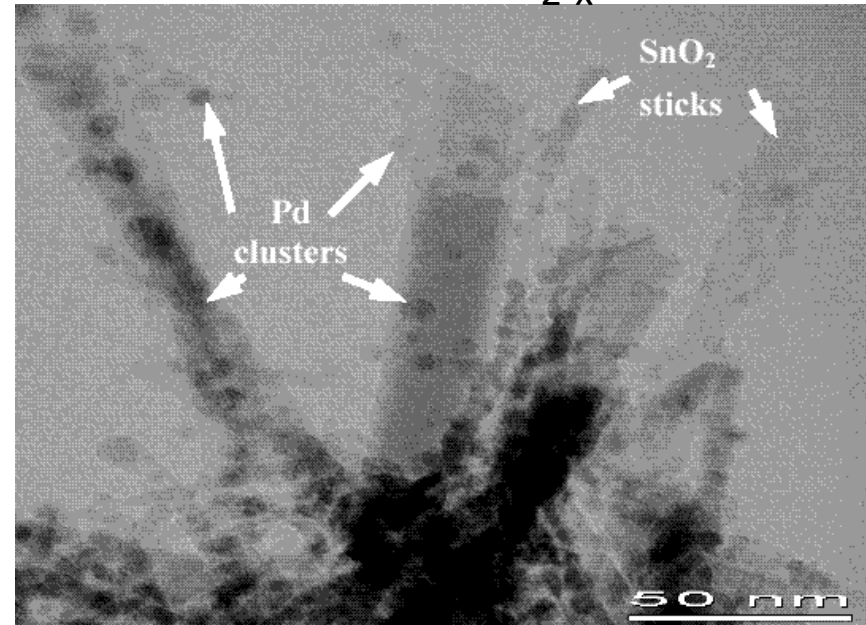
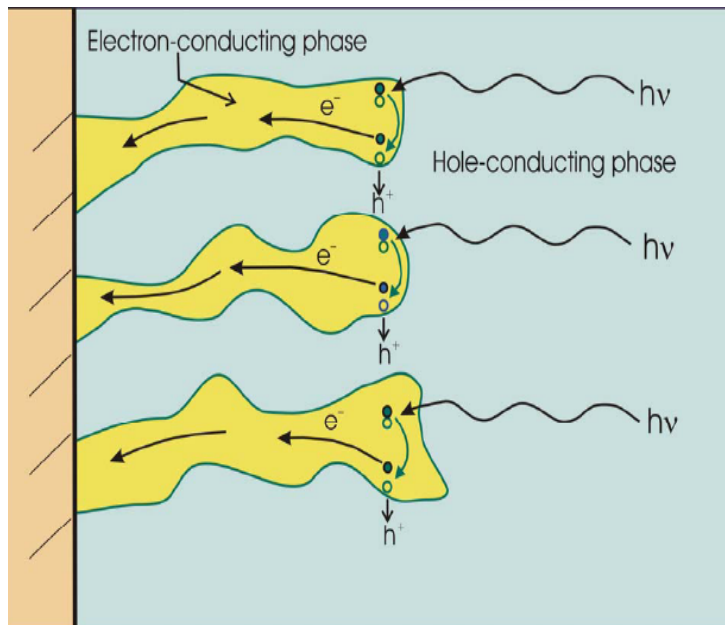
Cel·les fotoelectroquímiques (PEC)

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

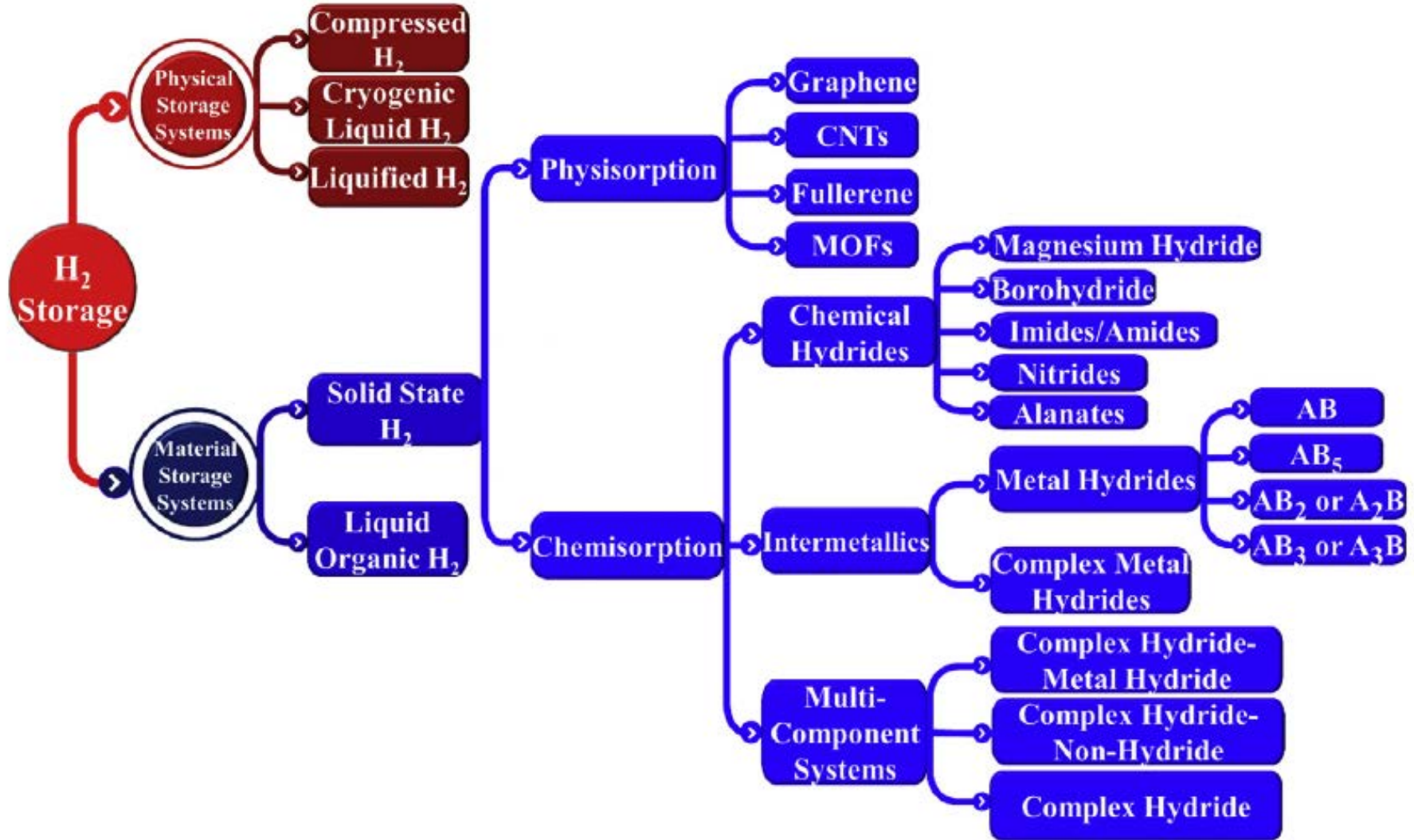


Cel·les fotoelectroquímiques (PEC)

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

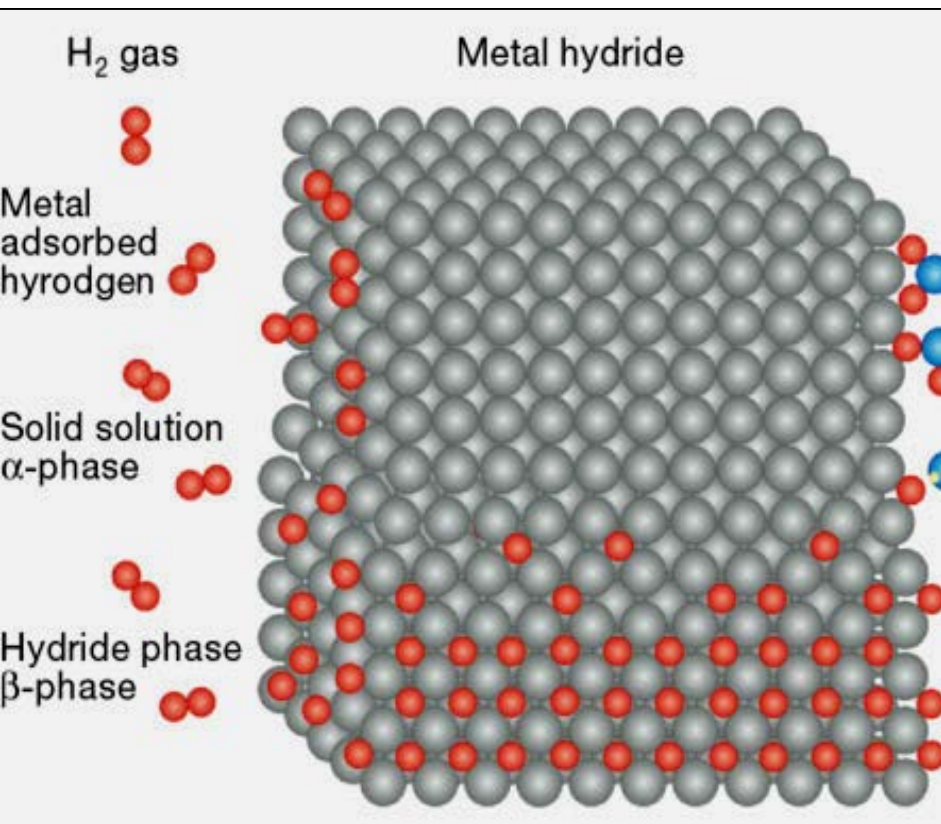


Emmagatzematge d'Hidrogen

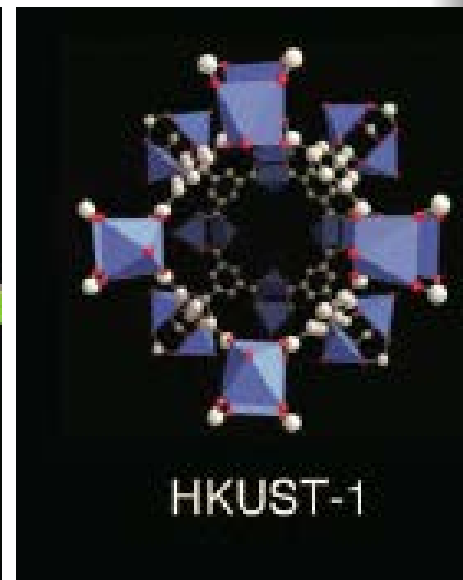
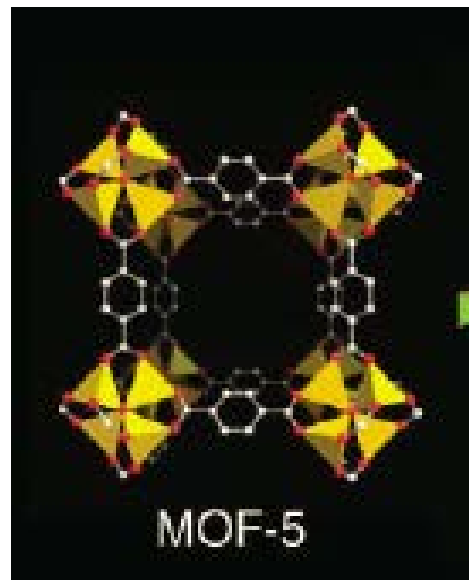


Múltiples opcions en fase de R&D: nanomaterials juguen un rol clau!

Emmagatzematge de H₂



Metal-organic frameworks (MOF)



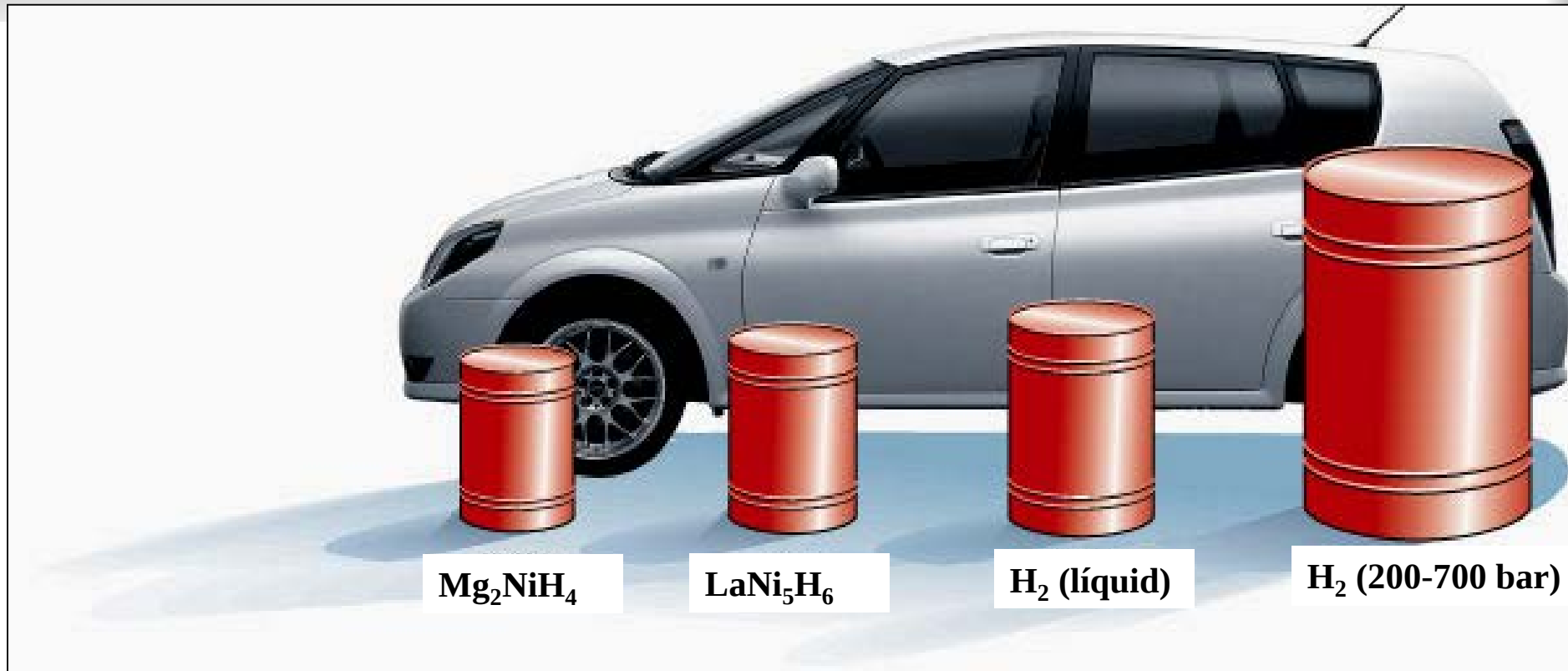
[Journal of Alloys and Compounds 827 \(2020\) 153548](#)

Hidrurs metàl·lics / Metal Organic Frameworks (MOF)

Nanoestructures i interfícies / Adsorció nanopors

Nanomaterials: Estabilitat / cinètica / densitat / cost

Emmagatzematge d'Hidrogen

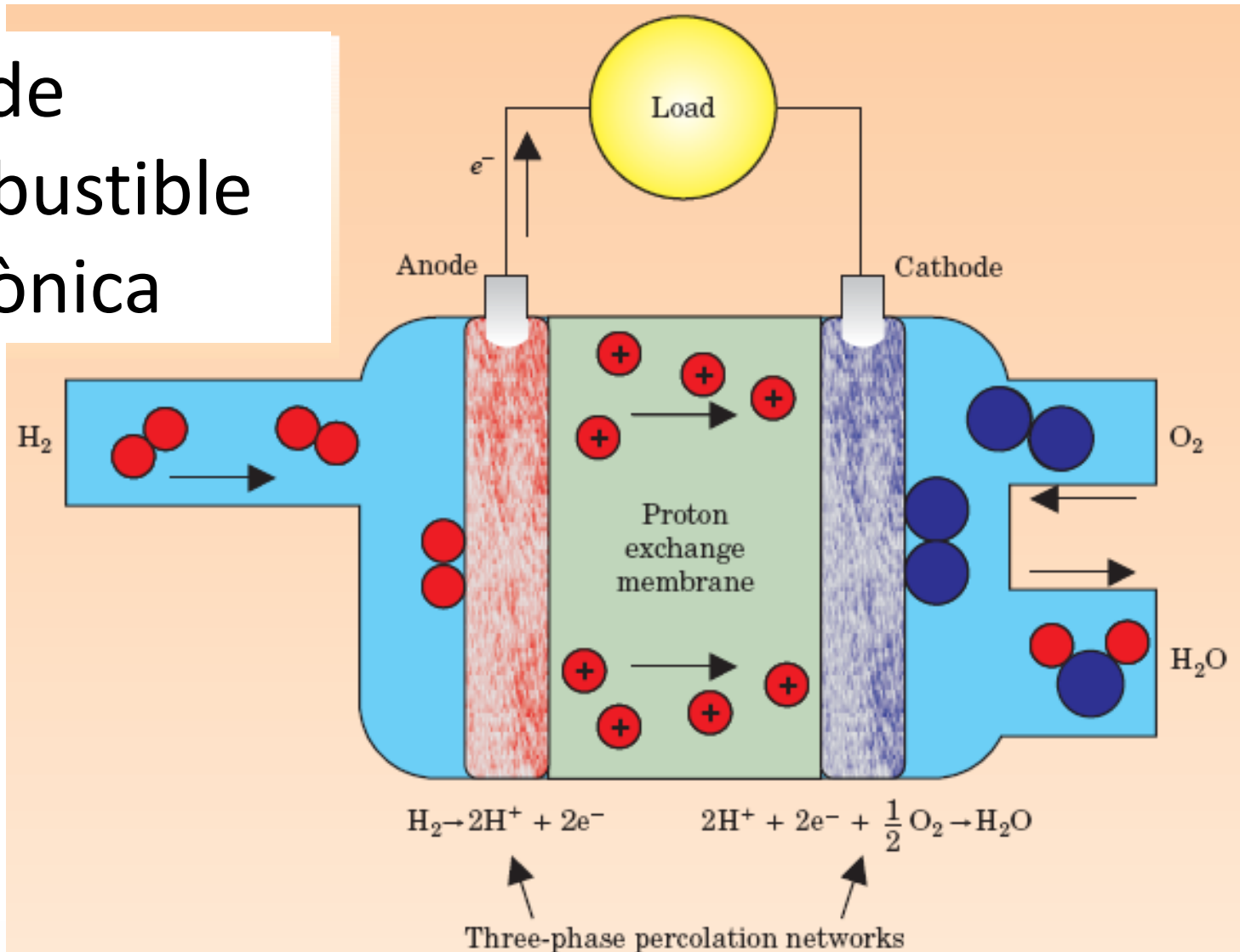


- 400 km autonomia: 24 kg gasolina/8 kg H_2 combustió/4 kg H_2 piles combustible
- Solució plausible per a transport llargs recorreguts (camions, vaixells, trens, avions)
- Transport energies renovables producció – ús final
- Emmagatzamatge energia entre estacions (estiu – hivern)

Piles de Combustible

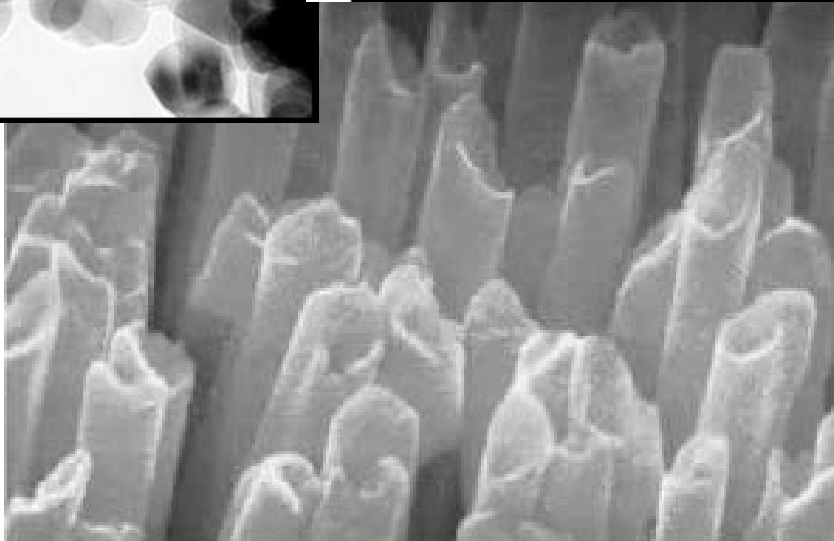
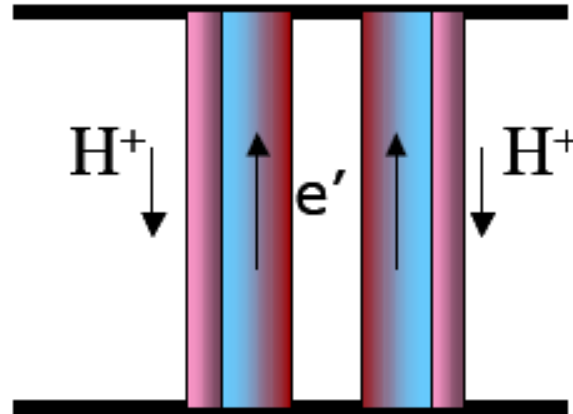
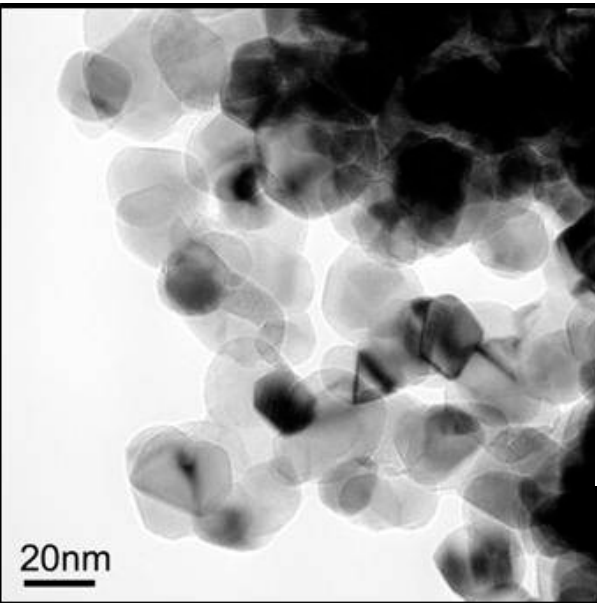
Generació d'electricitat amb Hidrogen: gran eficiència (83 % vs 58 % per ICE)

Pila de
combustible
protònica



Piles de Combustible

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

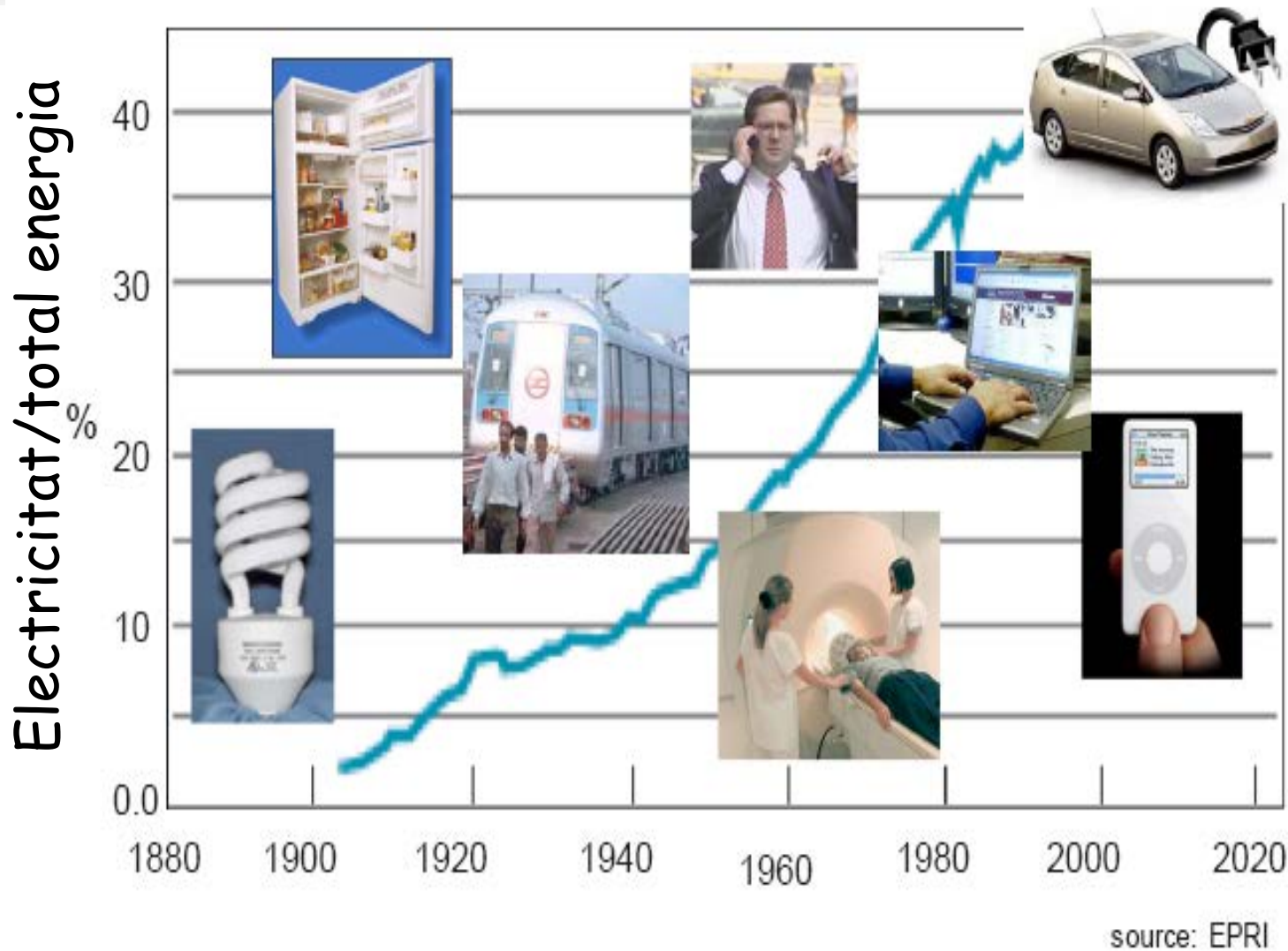


Transport de protons pels
nanotubs



Catalitzadors de H_2
Nclusters Au sobre TiO_2

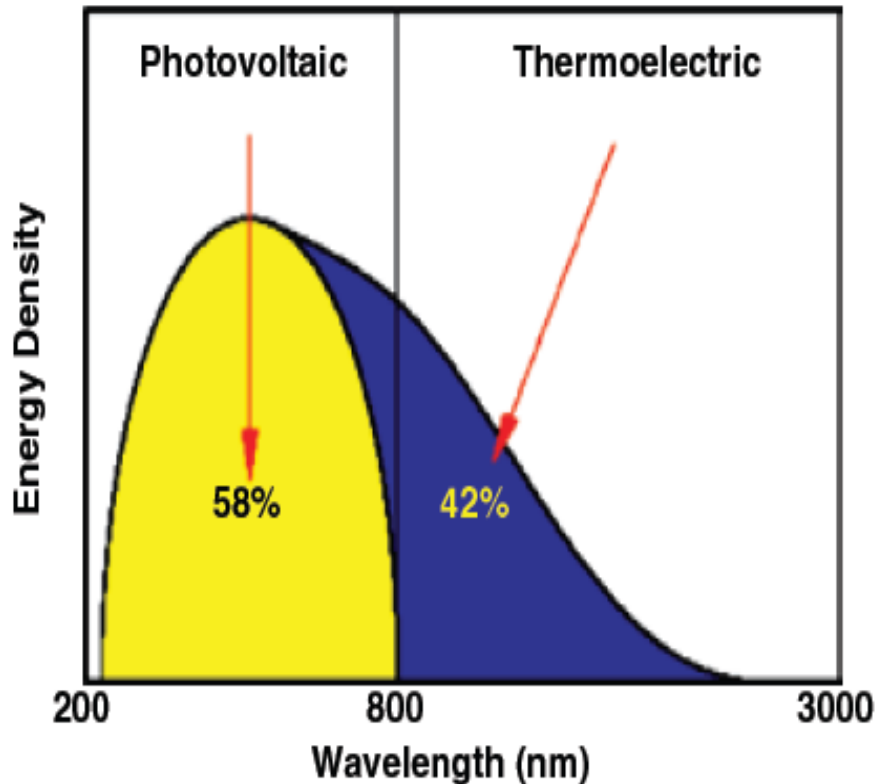
Energia elèctrica: transició energètica



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

Generació d'energia elèctrica

L'espectre de la radiació solar: fotovoltaica i termoelectricitat



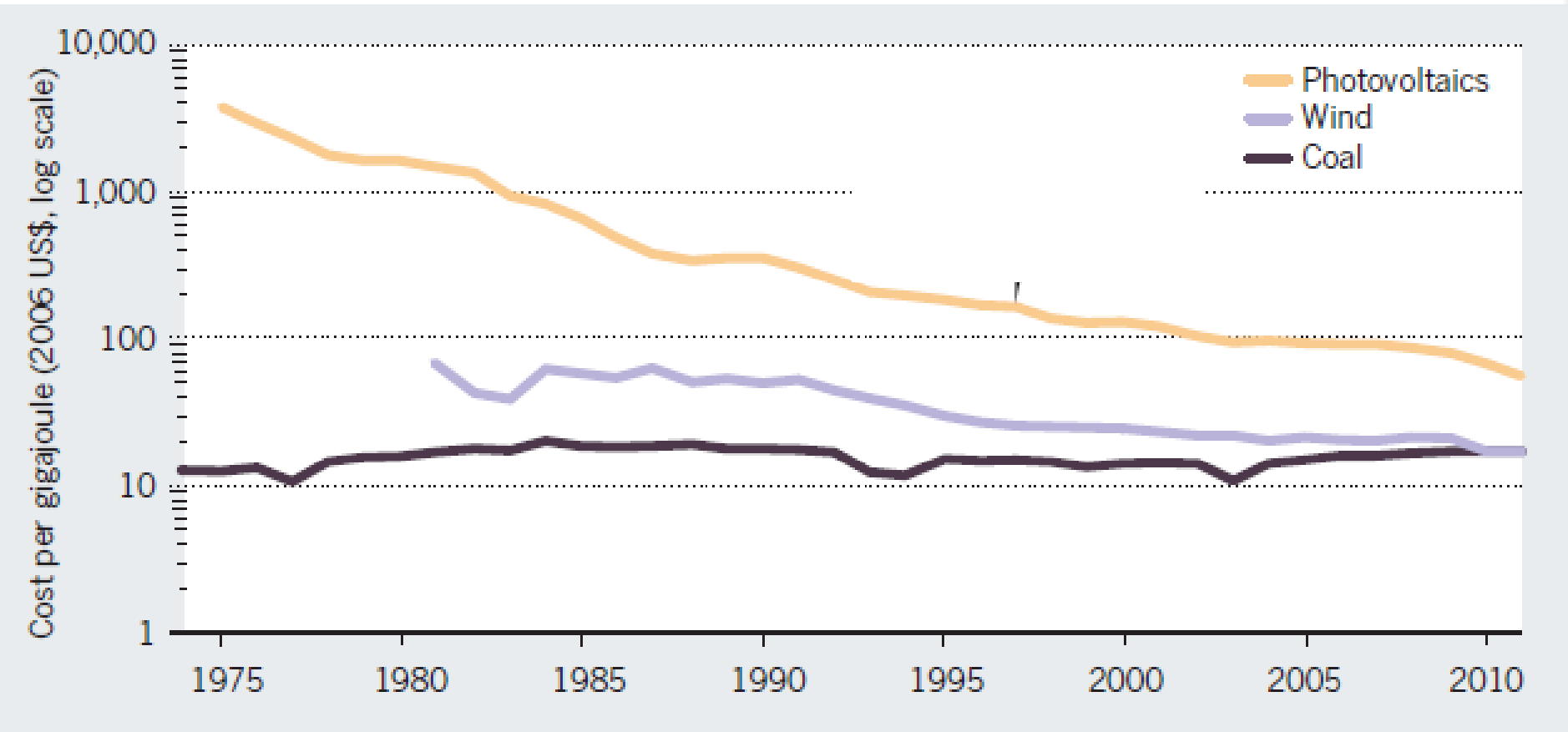
- Aprofitament de tot l'espectre: es precisen diferents metodologies
- Fotovoltaic (UV+VIS) + tèrmic - termoelectric (IR)
- Repte cost / prestació: 1€/W

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



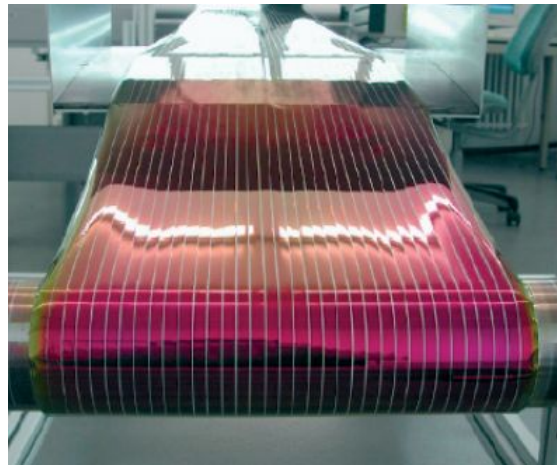
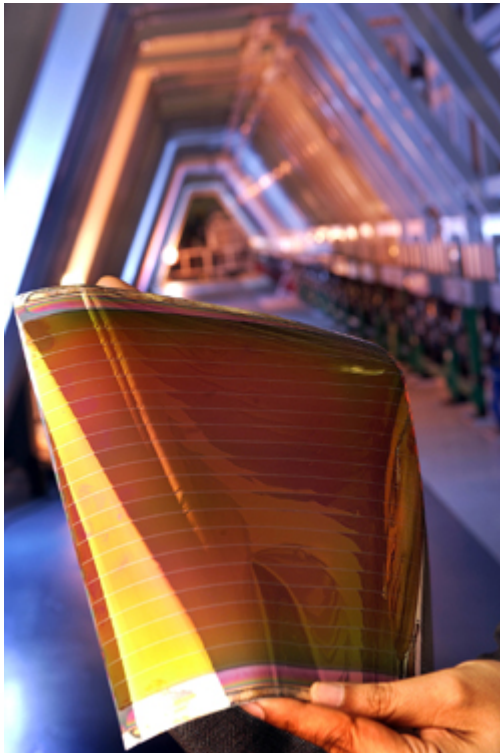
850 MW, Xina

Noves generacions de cèl·lules fotovoltaïques

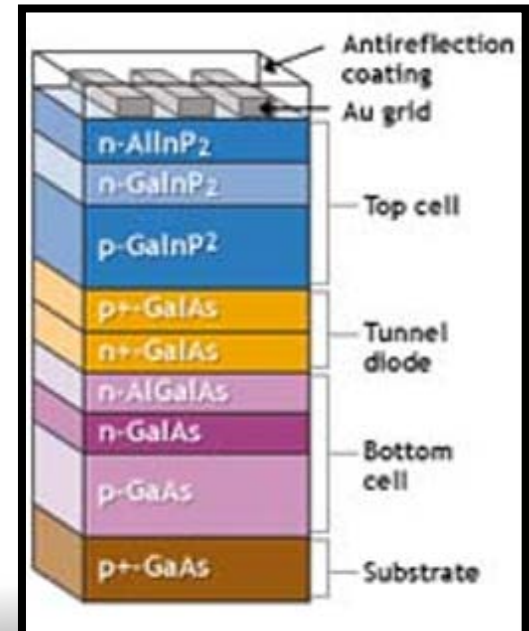
2ª Generació:

Capas inorgàniques i monocristalls tàndem
Penetració limitada

a-Silici



CuGaSe_2 6.5%
 Cu(In,Ga)Se_2 13-15%
AsGa tàndem 40 %



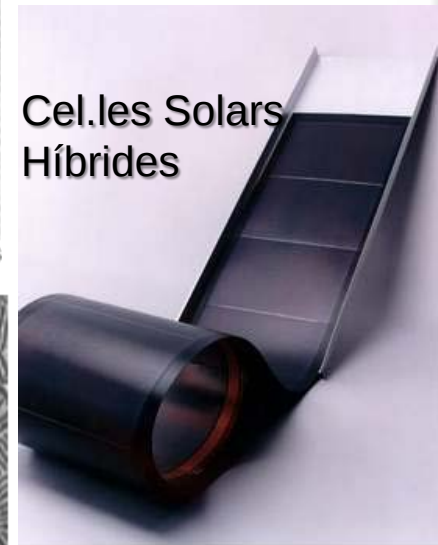
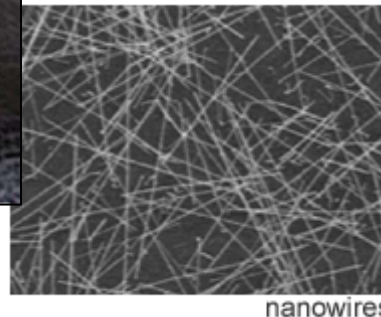
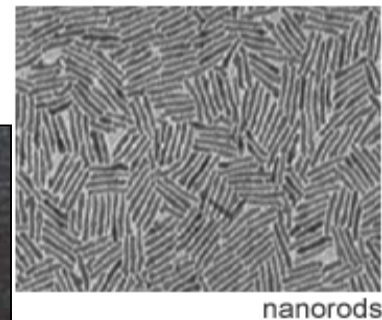
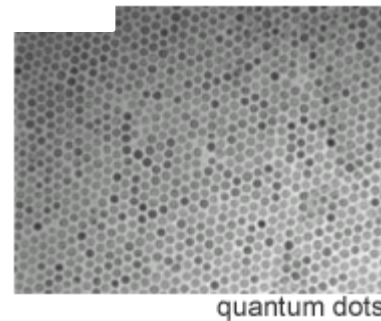
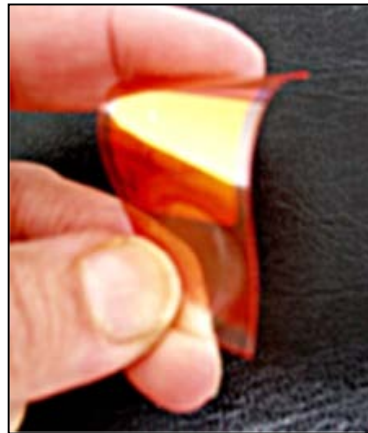
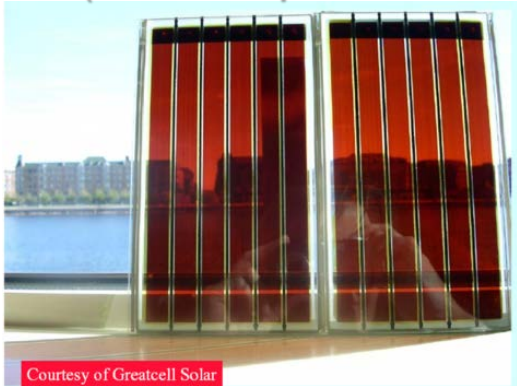
Noves generacions de cèl·lules fotovoltaiques

Llargàries característiques: absorció fotó i difusió e⁻

3^a Generació:

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

DSSC (Cel·les tipus Gratzel)



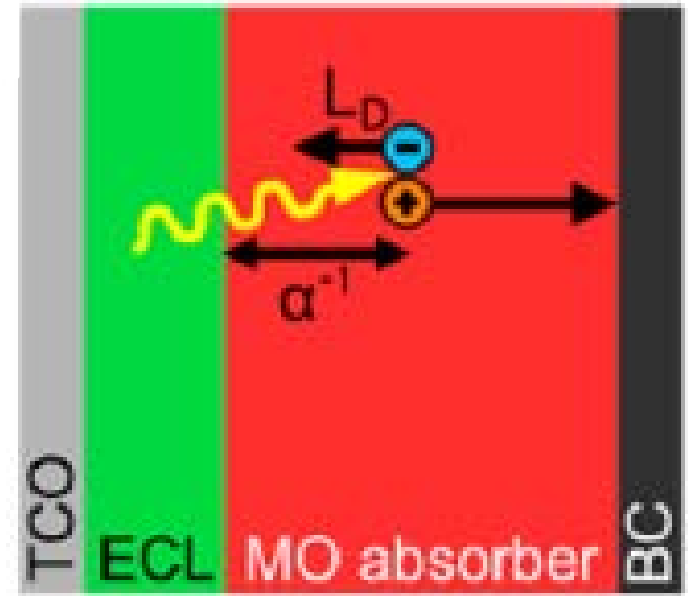
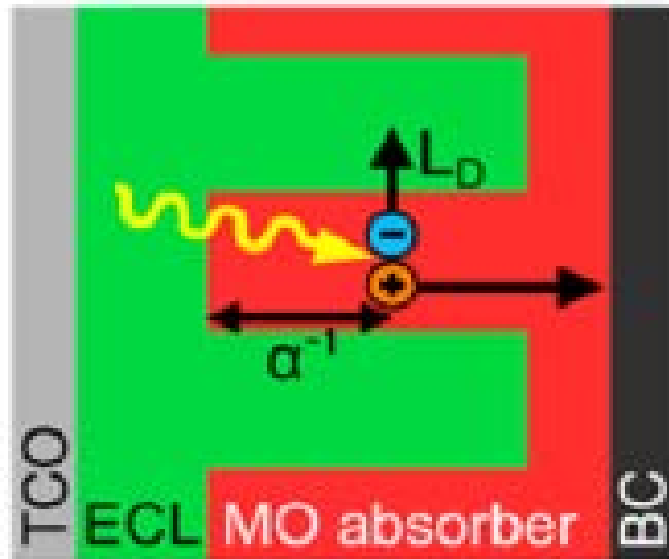
Cèl·lules solars orgàniques/inorgàniques 15 -25 %

Noves generacions de cèl·lules fotovoltaïques

Llargàries característiques: absorció fotó i difusió e⁻

3^a Generació:

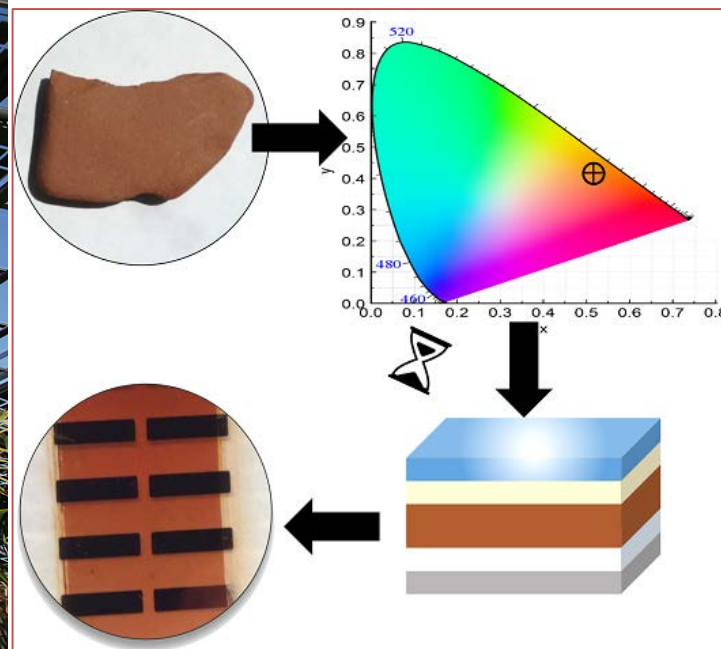
Orgànica, Híbrids,
Polimers, DSC, òxids, perovskites
híbrides



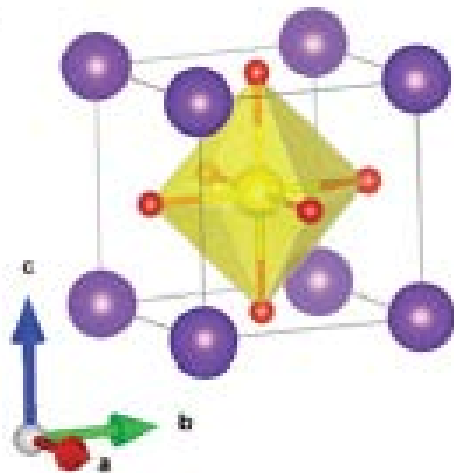
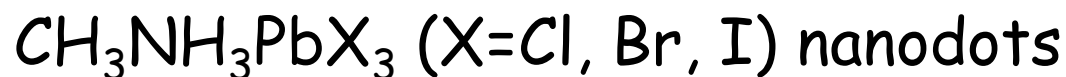
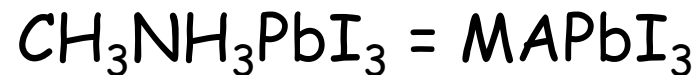
PV orgànica: Color i transparència a la carta



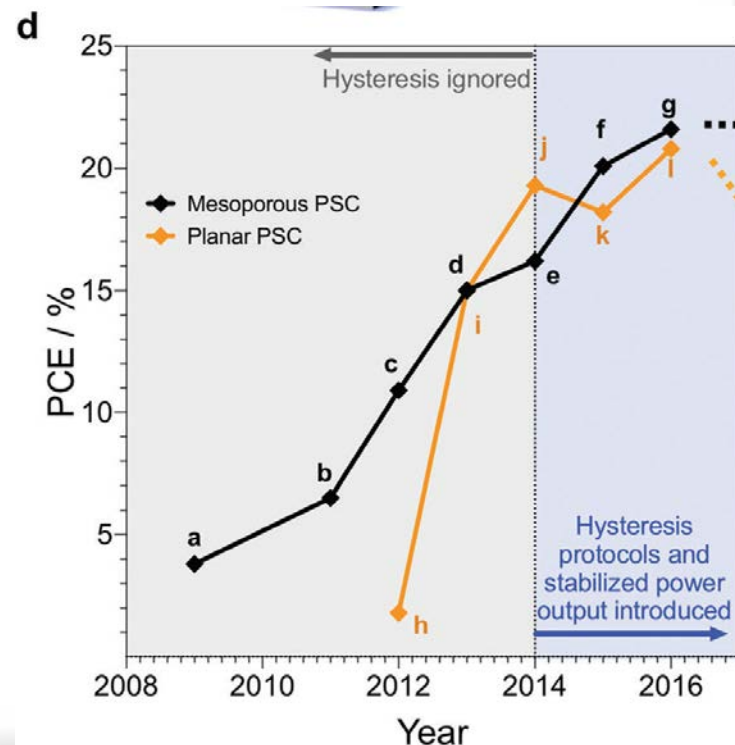
PV orgànica: Color i transparència a la carta



Noves perovskites híbrides: cèl.lules solars de baix cost



- Nova sorpresa: augment molt ràpid eficiència
- R+D creixent molt ràpidament

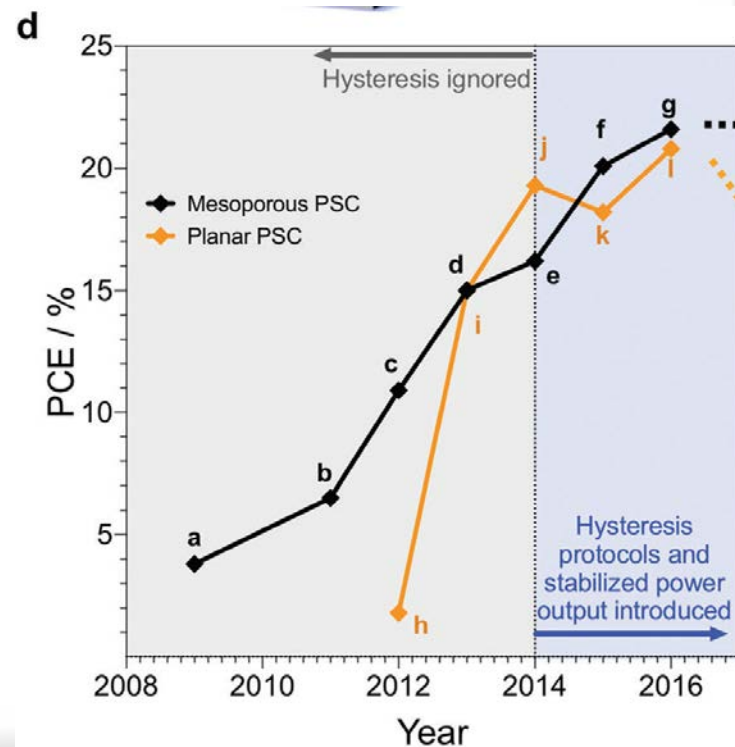


Noves perovskites híbrides: cèl.lules solars de baix cost



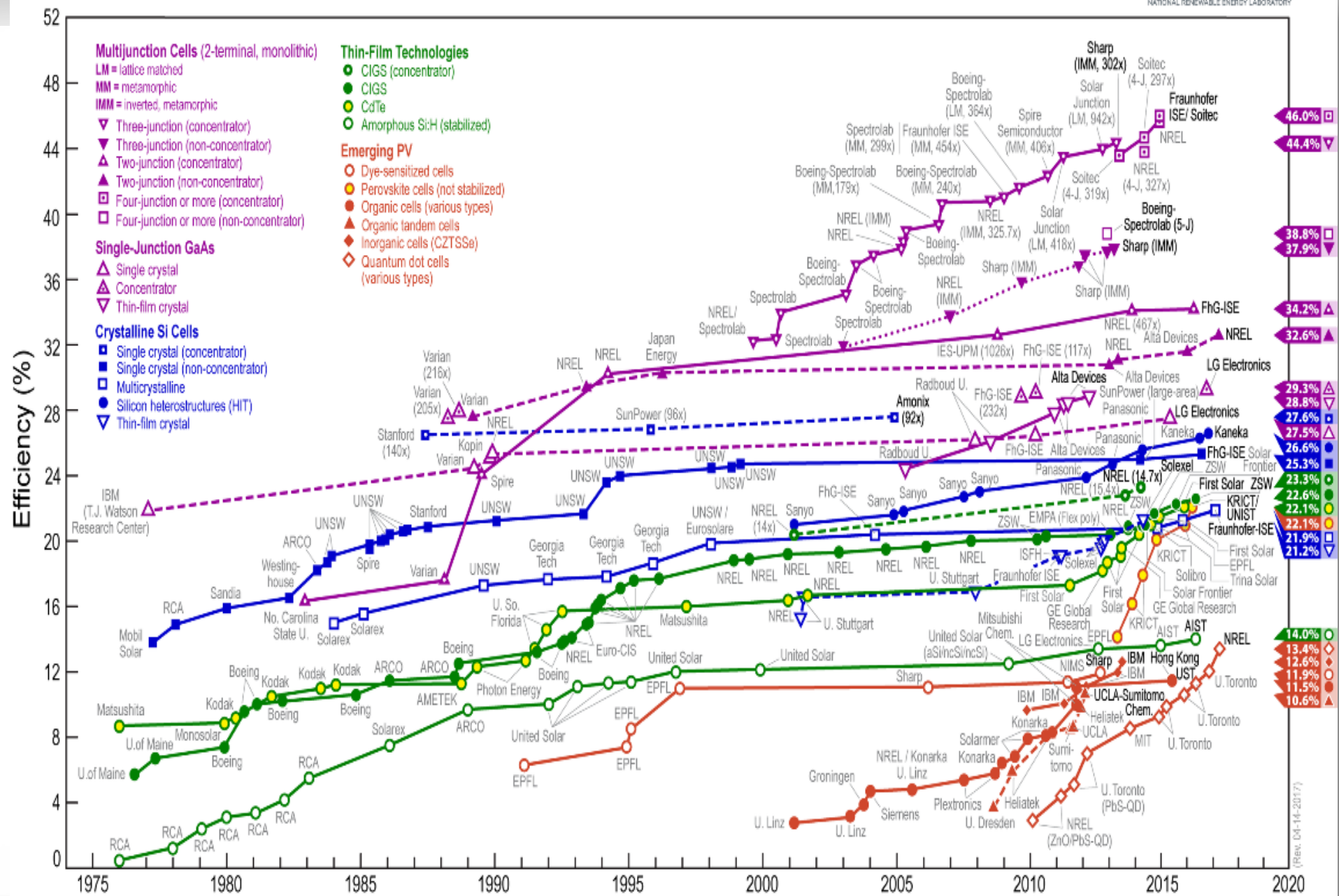
$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ (X=Cl, Br, I) nanodots

- Nova sorpresa: augment molt ràpid eficiència
- R+D creixent molt ràpidament

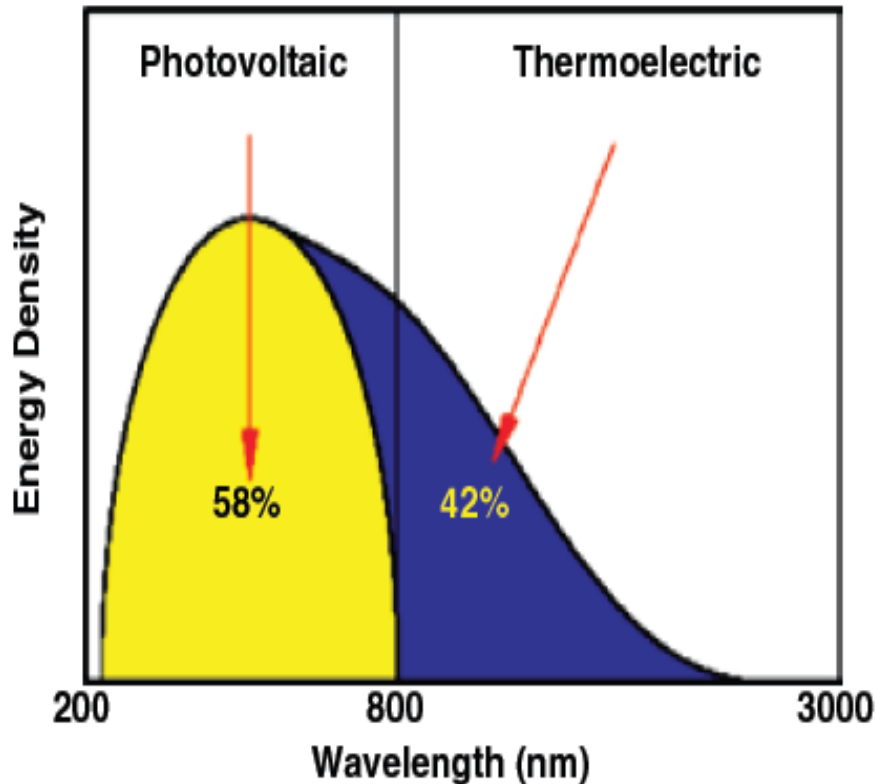


Eficiència energia fotovoltaica

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 %)

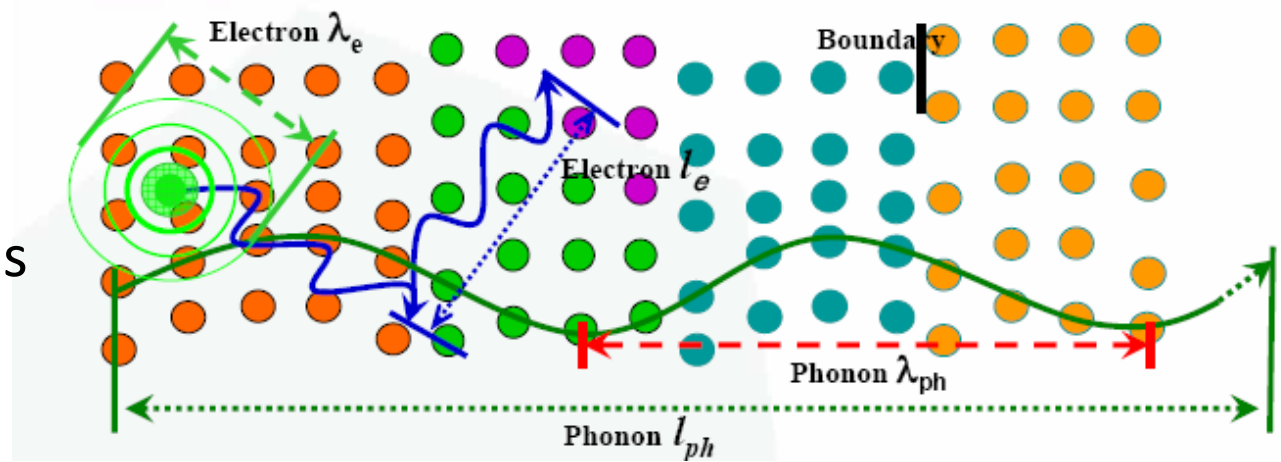
Cal aprofitar tot l'espectre electromagnètic del sol i el calor desaprofitat d'energia primària

Convertidors termoeelèctrics: aprofitament del calor

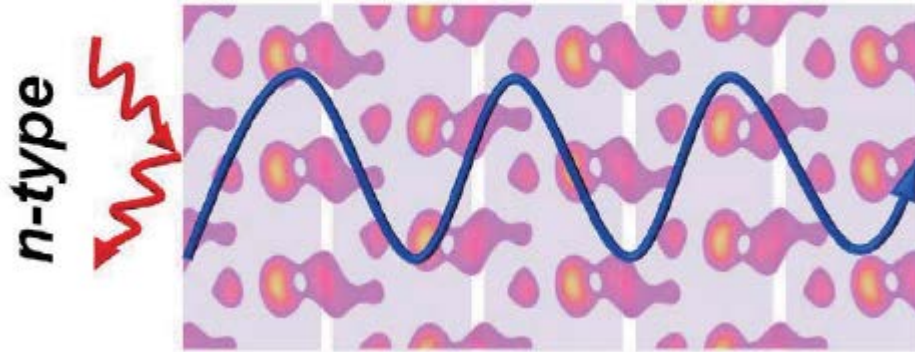
Gradient de temperatura = transport càrrega elèctrica (Voltatge)

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

Competició electrons
i fonons (nm)



Phonons Charges



SeSn: estructura 2D. $ZT > 2.5$

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

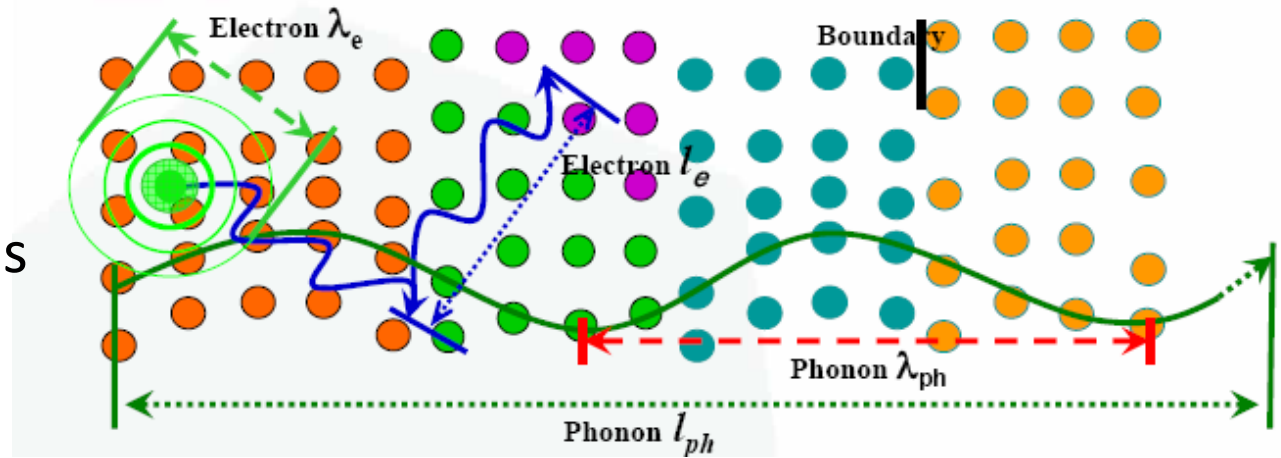


Convertidors termoeelèctrics: aprofitament del calor

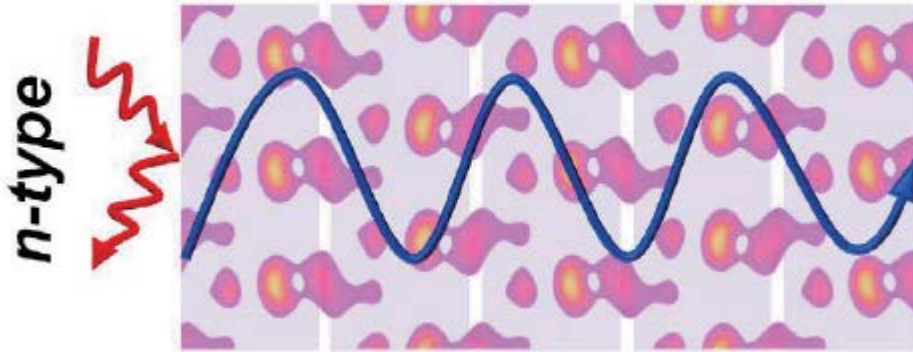
Gradient de temperatura = transport càrrega elèctrica (Voltatge)

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

Competició electrons
i fonons (nm)



Phonons Charges

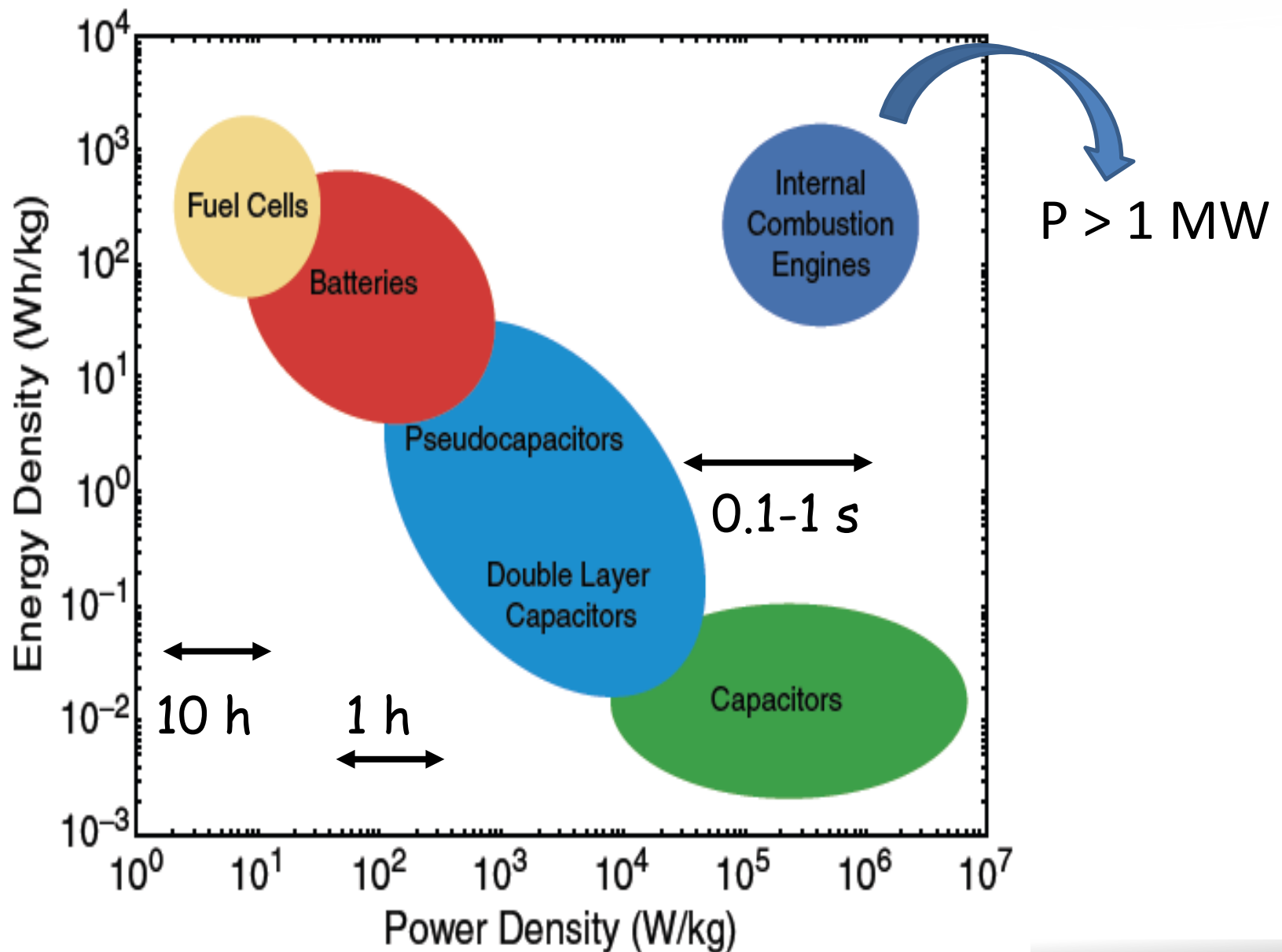


SeSn: estructura 2D. $ZT > 2.5$

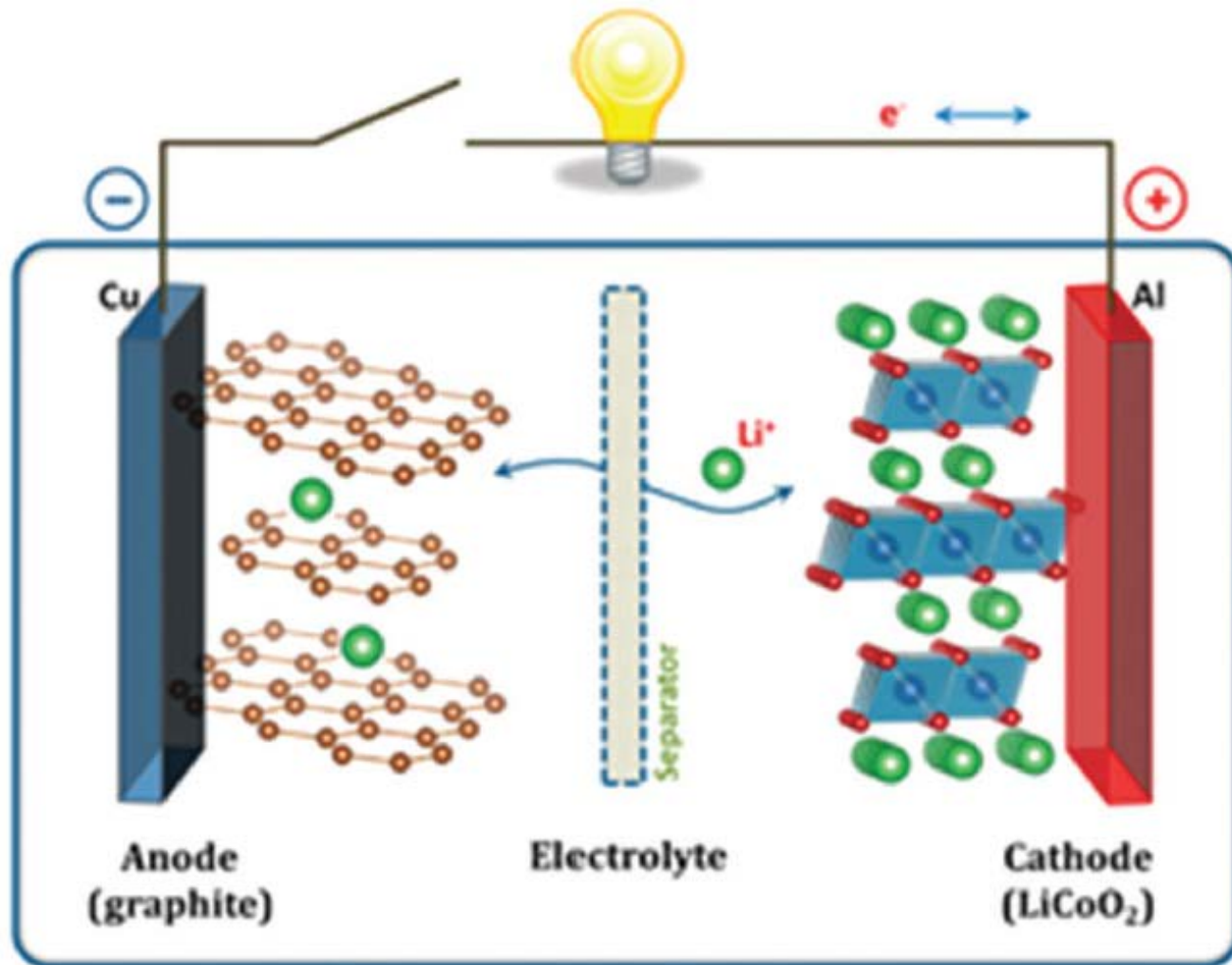
Science 360, 6390 (2018)

- Figura de mèrit: conductivitat elèctrica i tèrmica, efecte Seebeck, Temperatura, Nanoestructura
- Refrigeració ecoeficient, centrals solars híbrides, solar concentració
- Espectre solar IR, recuperació calor perduda
- Autonomia energètica Internet de les coses

Emmagatzematge d'energia elèctrica

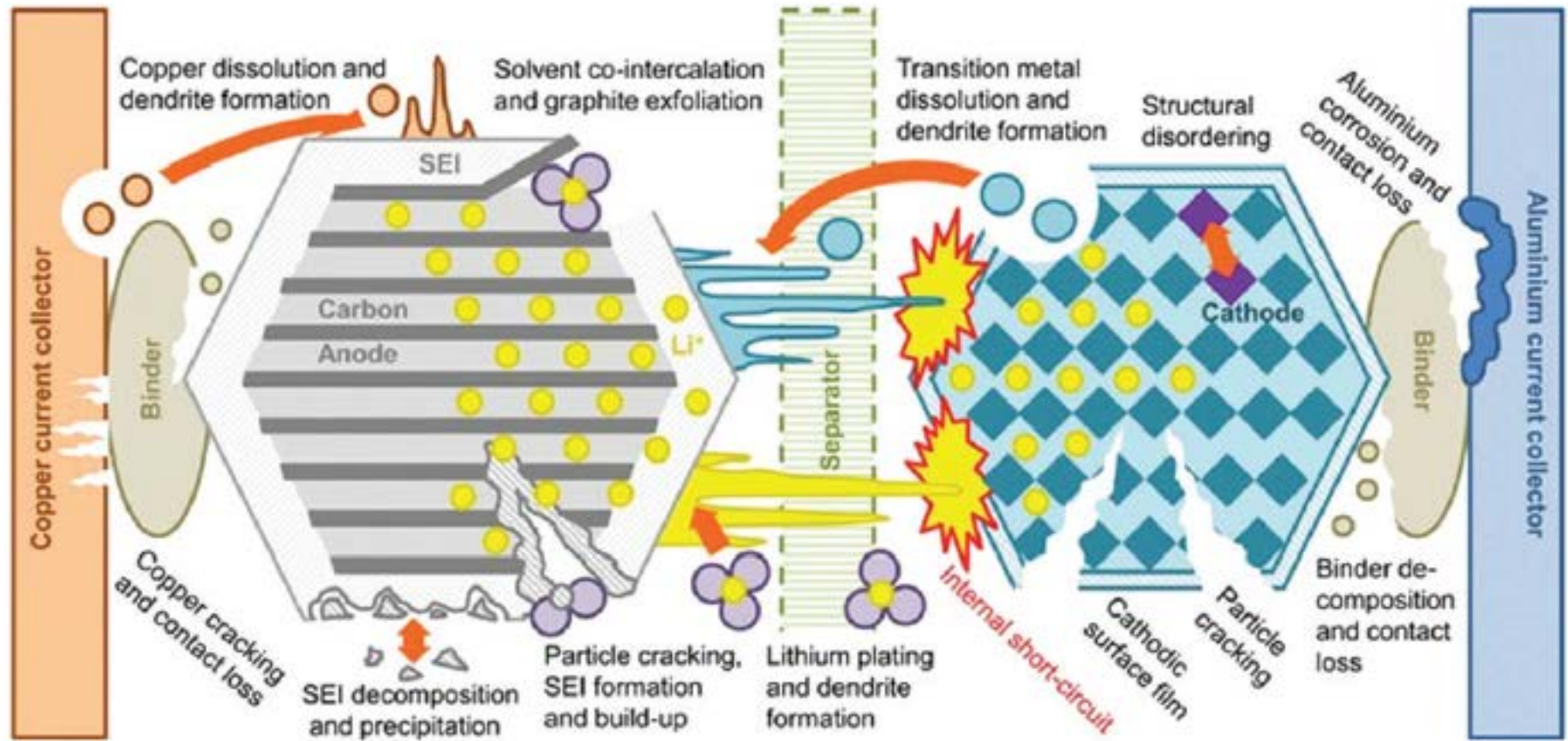


Bateries d'ió Li: complexitat interfacial



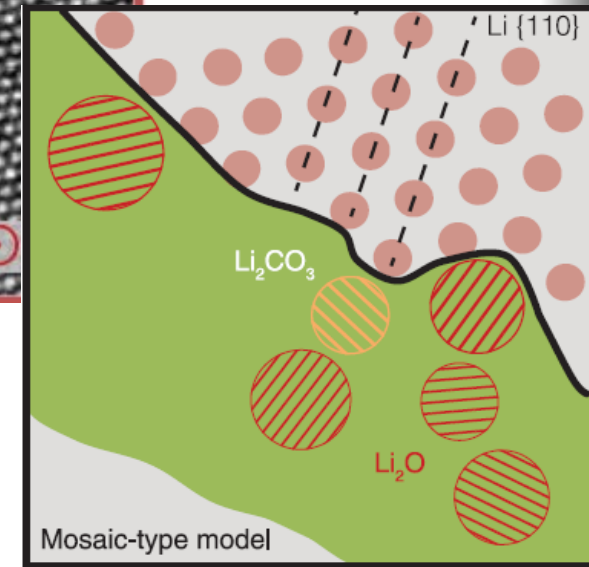
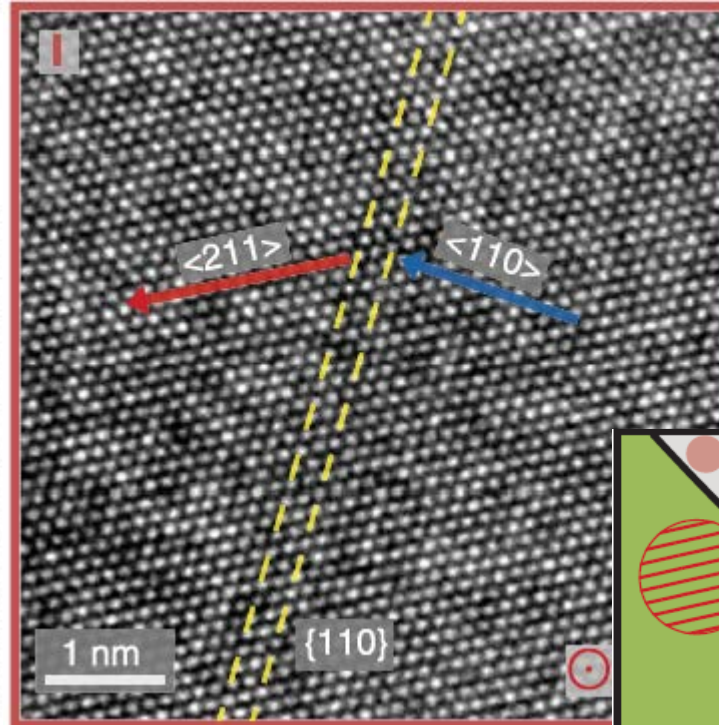
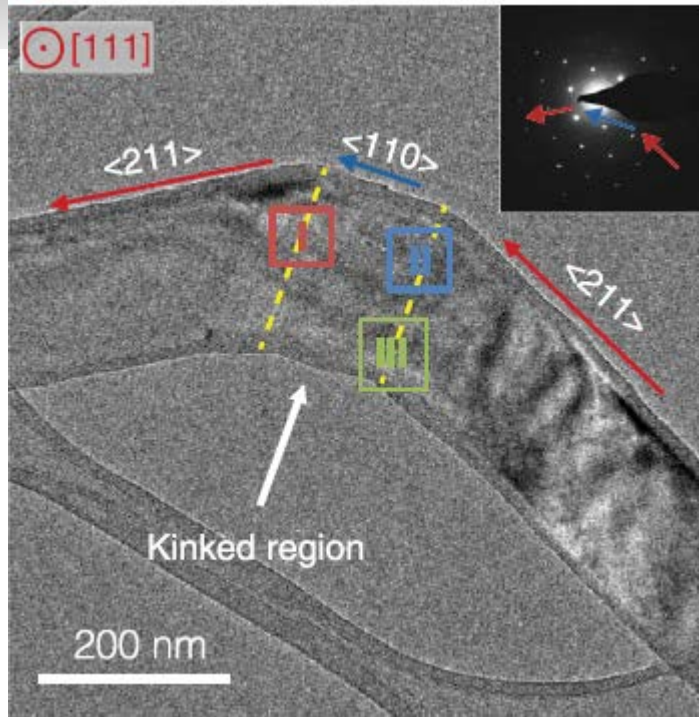
Mecanismes de degradació i envelliment: dendrites de Li a interfície, cal controlar la nanoestructura

Bateries d'ió Li: complexitat interfacial



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

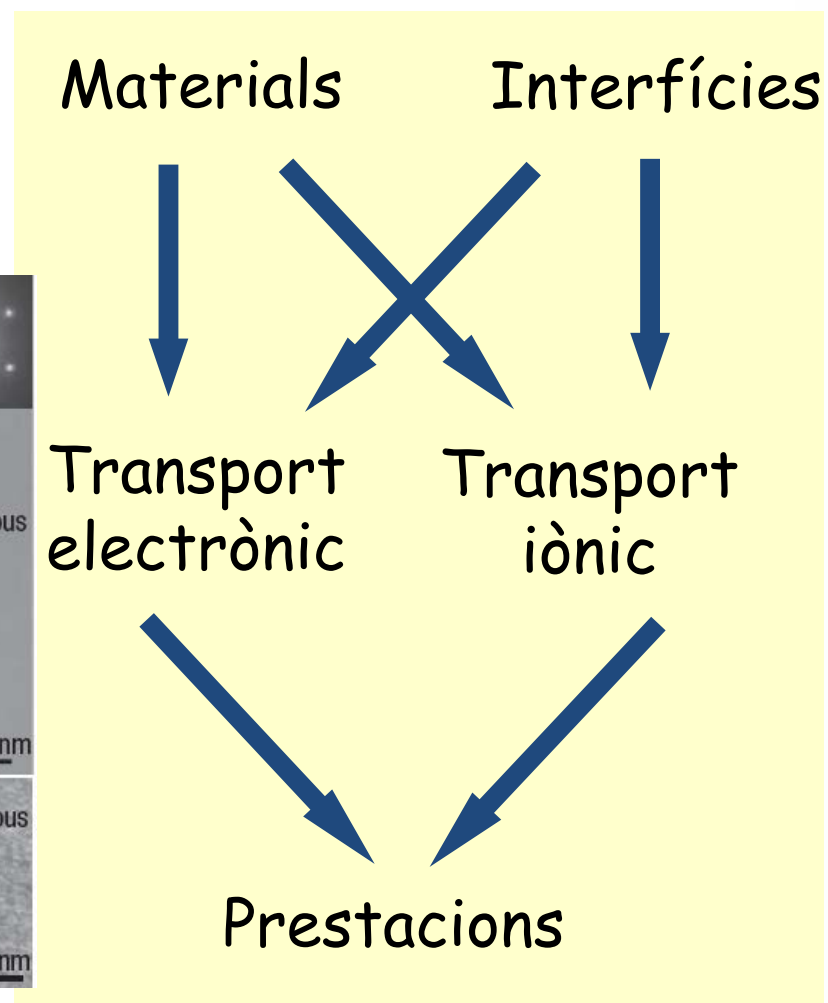
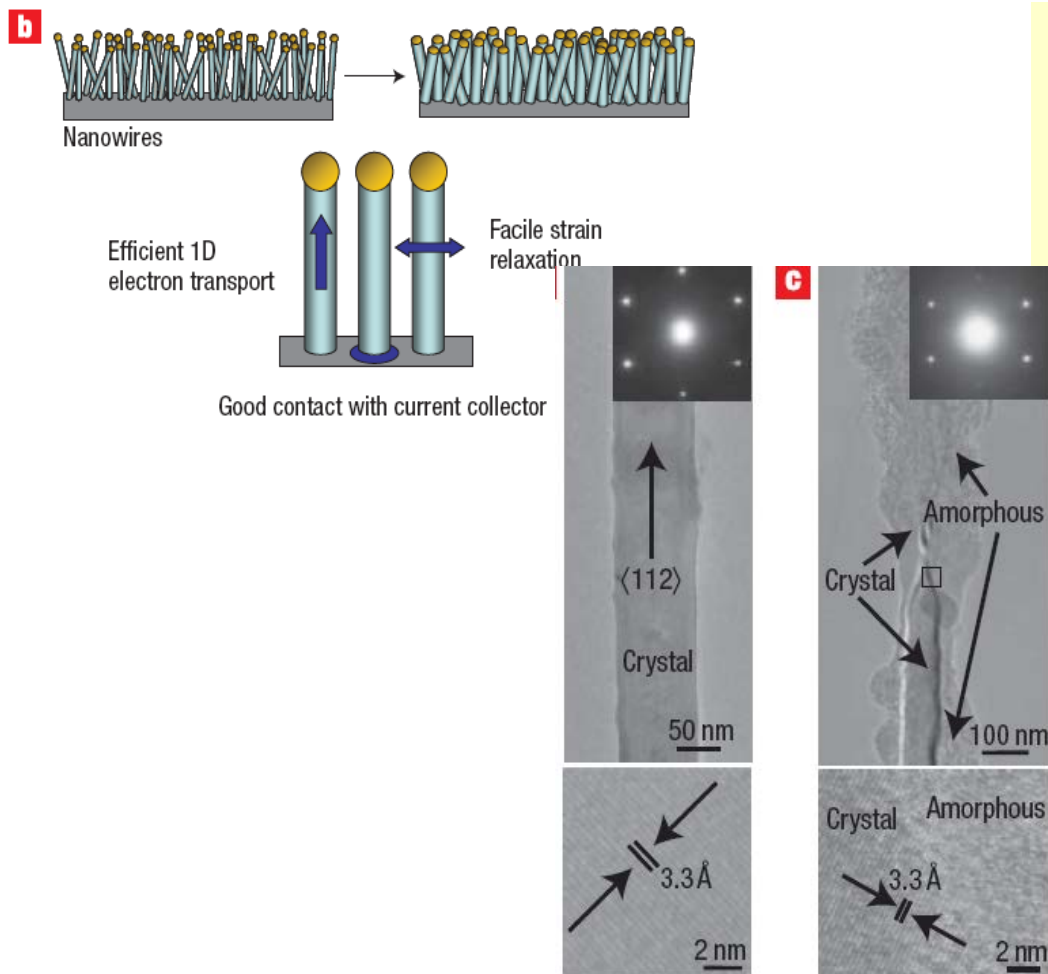
Bateries d'ió Li: complexitat interfacial



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

Bateries: dispositiu electroquímic complex

Control de la nanoestructura



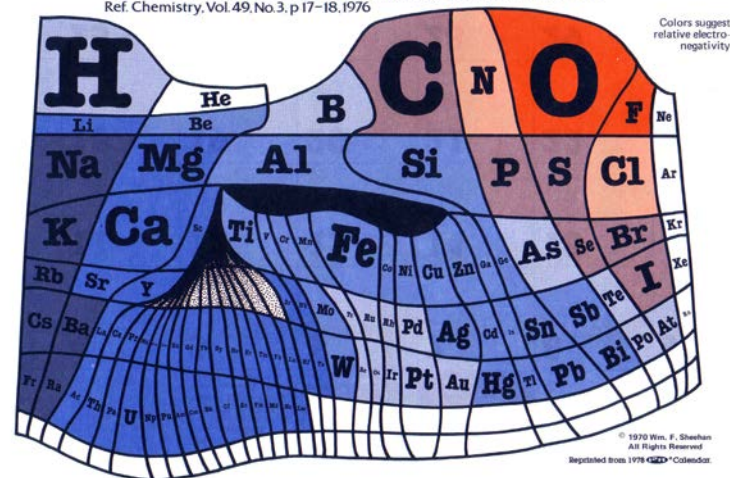
M.R. Palacín. Chem. Soc. Rev., 2009, 38, (2565); Science (2016)

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

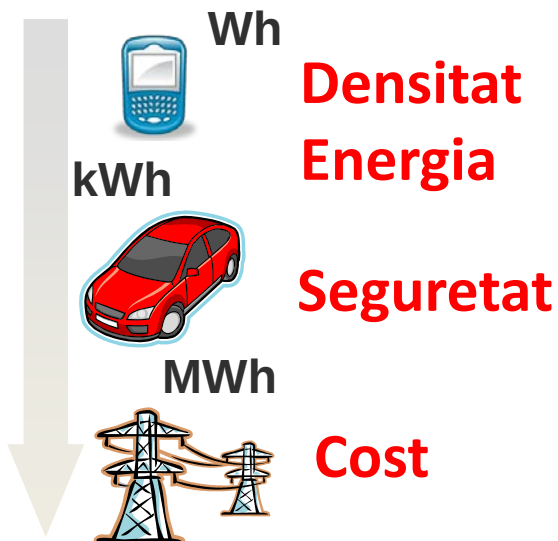
Materials per noves bateries: Sodi i Calci

The Elements According to Relative Abundance

A Periodic Chart by Prof. Wm. F. Sheehan, University of Santa Clara, CA 95053
Ref. Chemistry, Vol. 49, No. 3, p 17-18, 1976



Forta Demanda

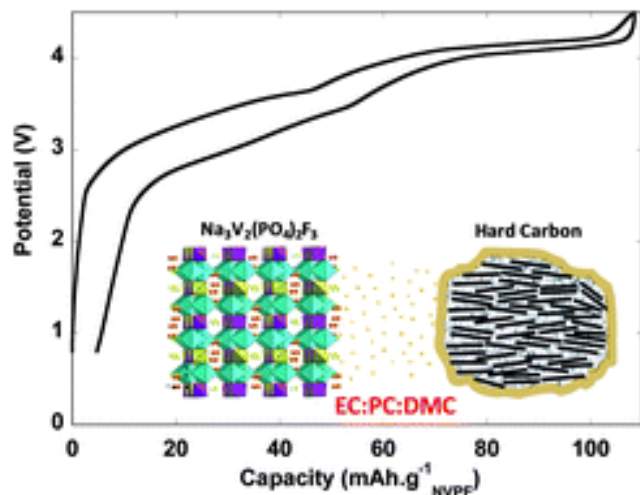


- fonts “ilimitades” (23600 ppm escorça terrestre / 10800 ppm aigua mar comparat amb 20 ppm/ 0.18 ppm pel liti)

- baix cost (0.11 \$/Kg per Na_2CO_3 comparat amb 3.45 \$/kg per Li_2CO_3)

- química intercalació similar a Li

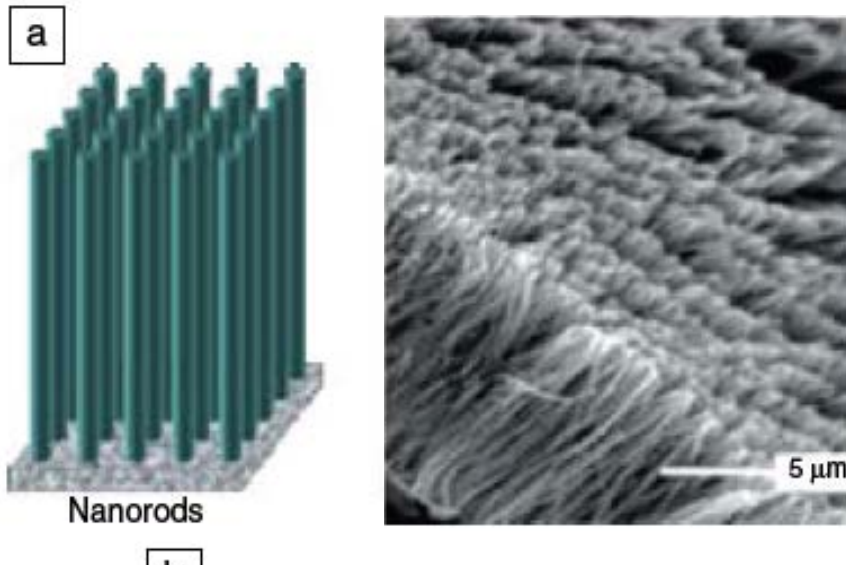
- tecnologies basades en sodi molt prometedores (x3 Li, no inflamable)



Patent ICMAB

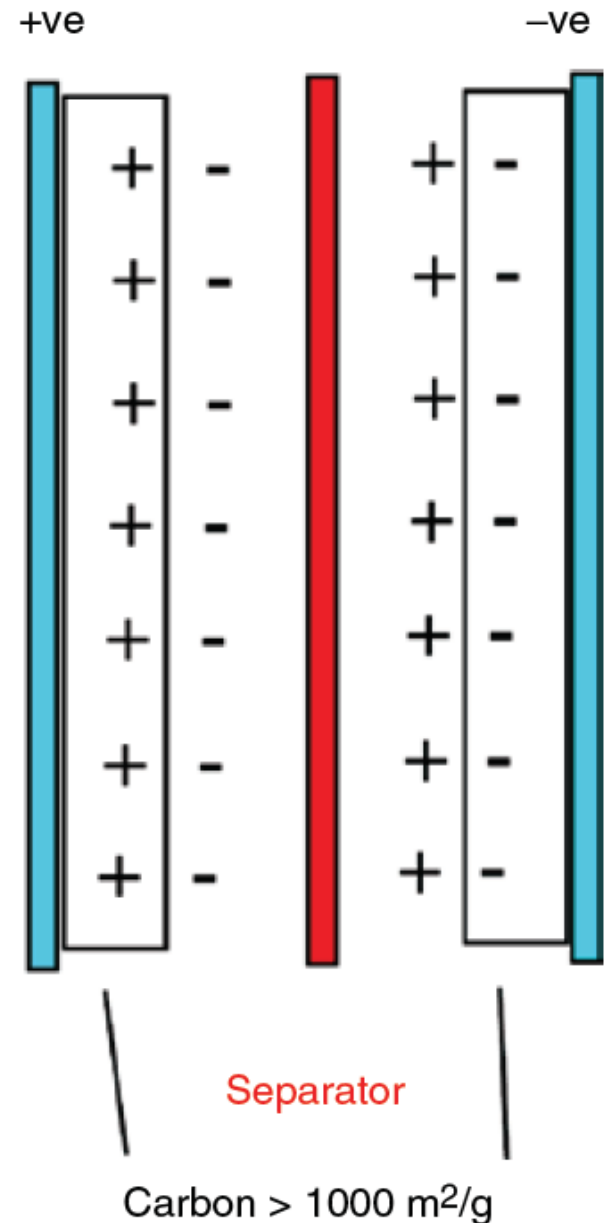
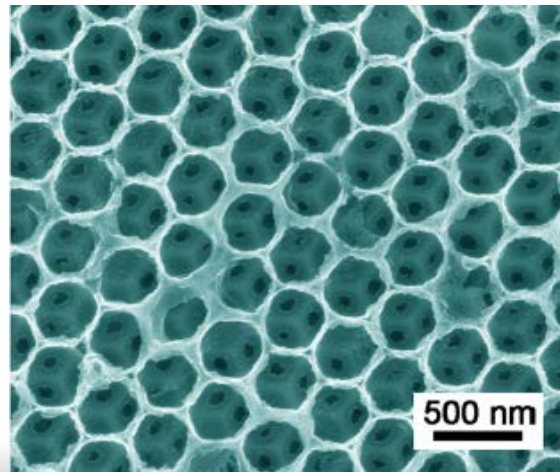
A. Ponrouch et al., Nature Materials (2016)

Supercondensadors i pseudo-condensadors



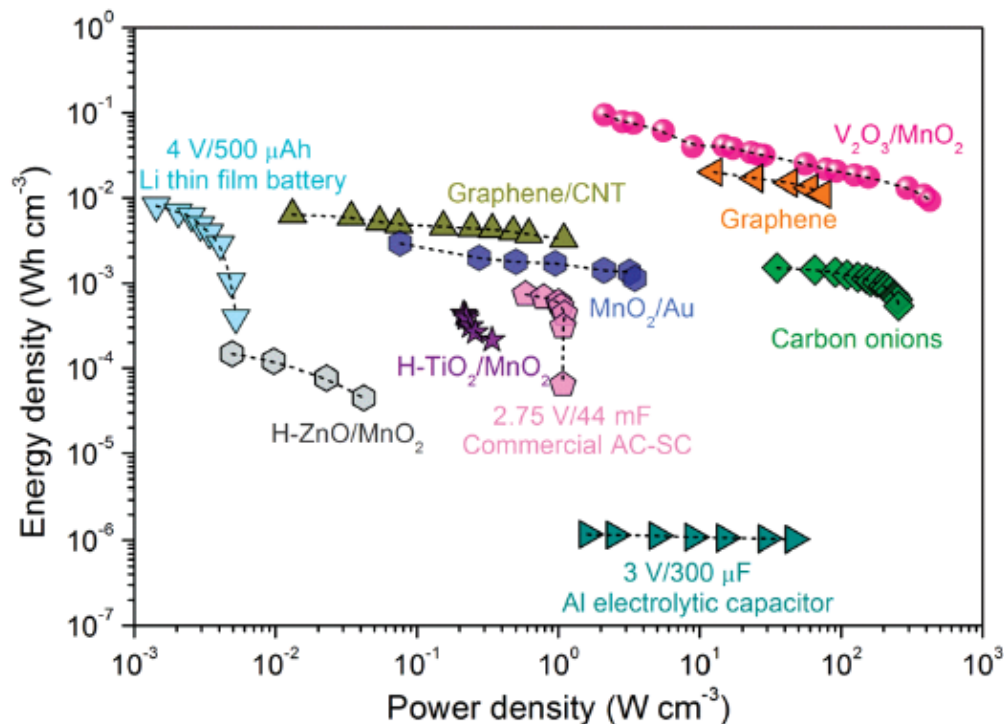
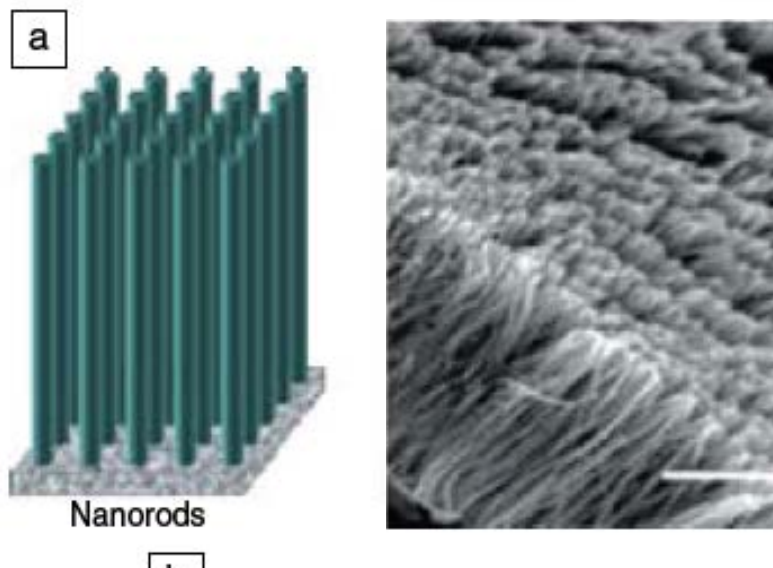
Aluminum Foil

Grafé

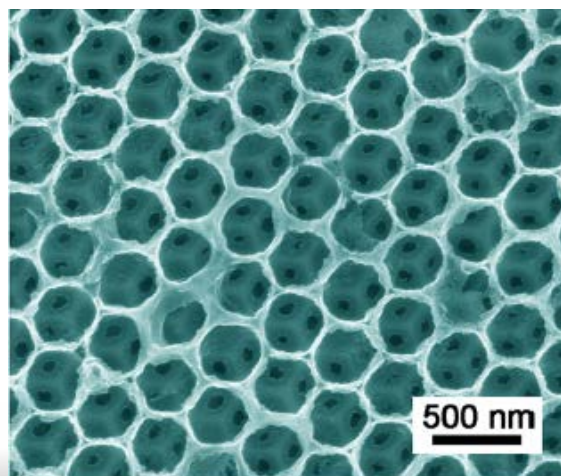


- Carga elèctrica ràpida: doble capa ions
- Reacció redox a la interfície (pseudo-condensadors)
- Complement bateries electroquímiques: energia i potència
- Gran superfície específica: materials 2D ($> 2.600 \text{ m}^2/\text{g}$)

Supercondensadors i pseudo-condensadors



Grafé



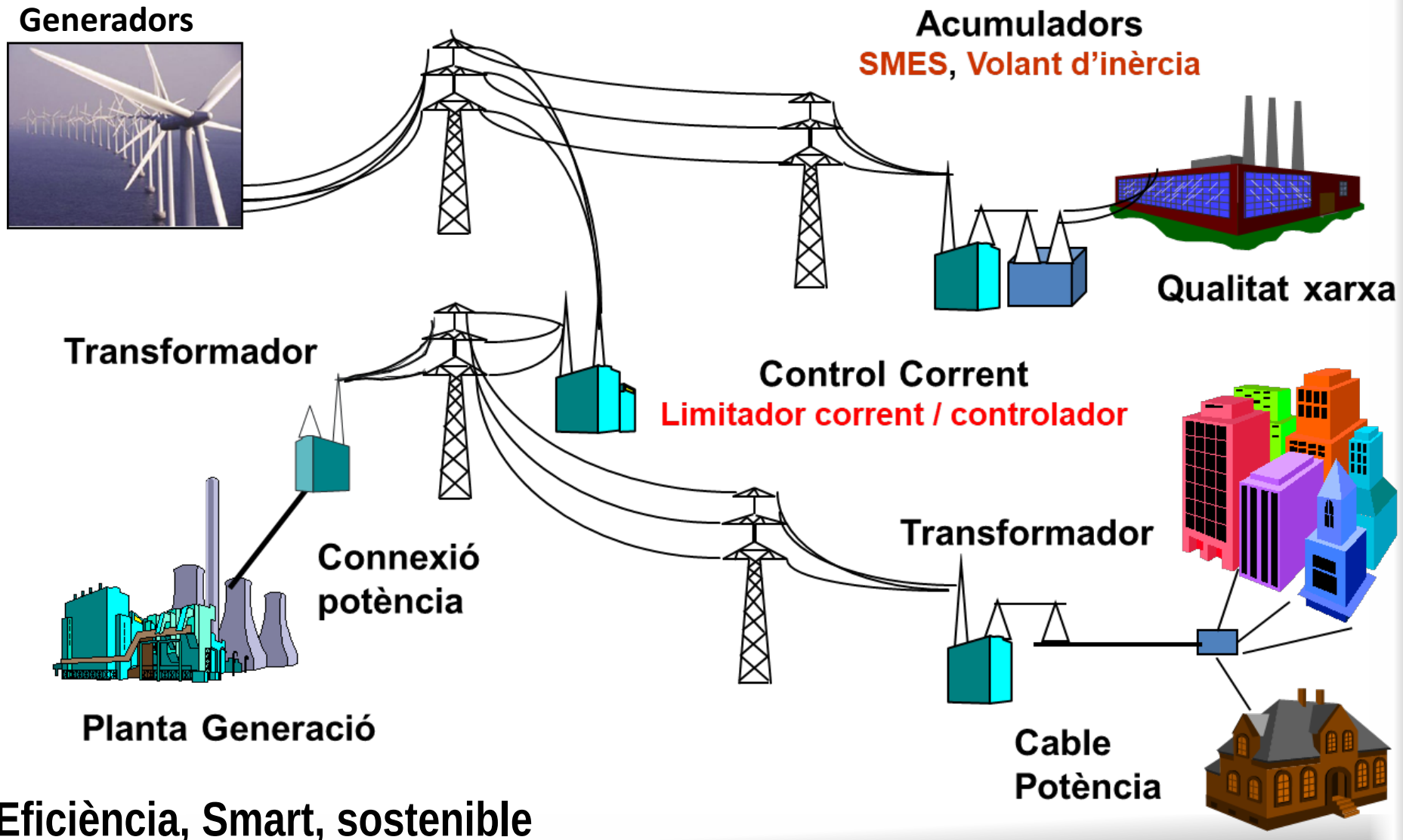
- Carga elèctrica ràpida: doble capa ions

- Reacció redox a la interfície (pseudo-condensadors)

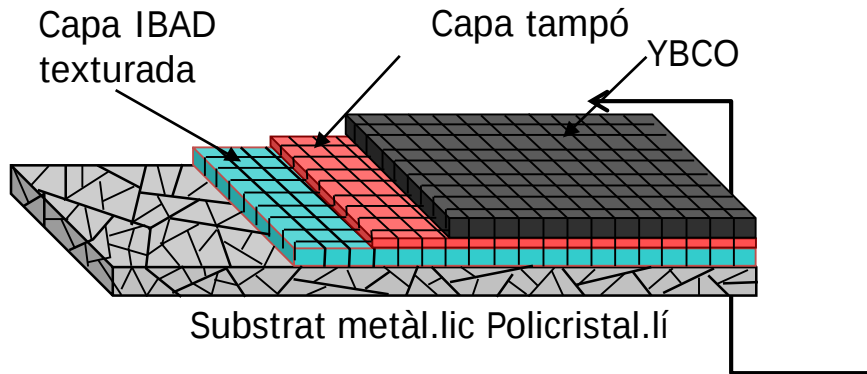
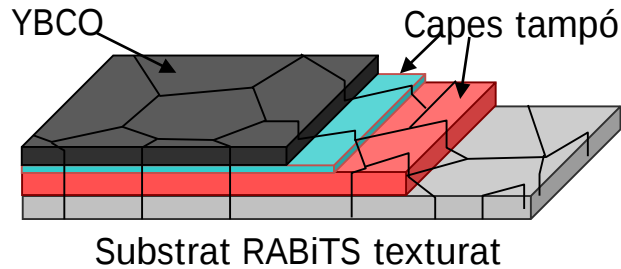
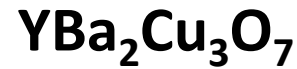
- Complement bateries electroquímiques: energia i potència

- Gran superfície específica: materials 2D ($> 2.600 \text{ m}^2/\text{g}$)

Superconductivitat: el segon segle de l'electricitat



Superconductors: arquitectura epitaxial

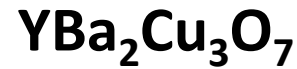


Objectiu: aconseguir
100€/kA m

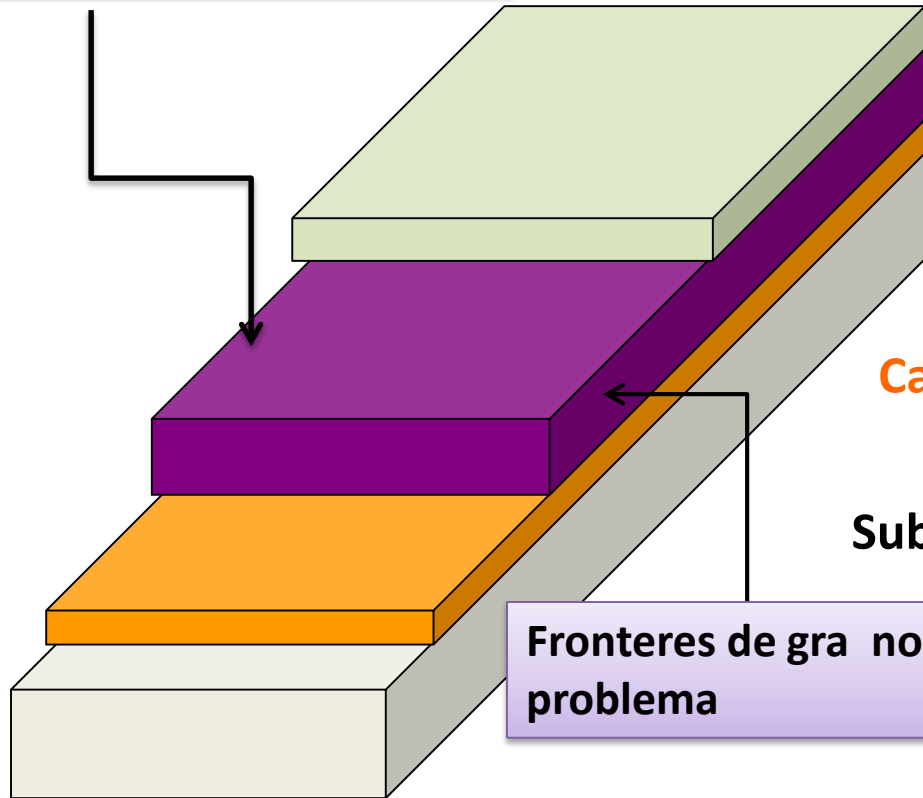
Control de la nanostructura en llargàries km

Aproximació baix cost: solucions químiques col·loïdals

Superconductors: arquitectura epitaxial



Nanoenginyeria de defectes defineix les propietats



Capa protectora: Ag

Capa SC: YBCO

Capes tampó: CeO_2 , YSZ, STO,...

Substrat metàl.lic: RABiTS Ni, SS-IBAD

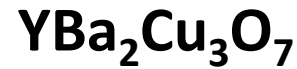
Fronteres de gra no són un problema

Objectiu: aconseguir
100€/kA m

Control de la nanostructura en llargàries km

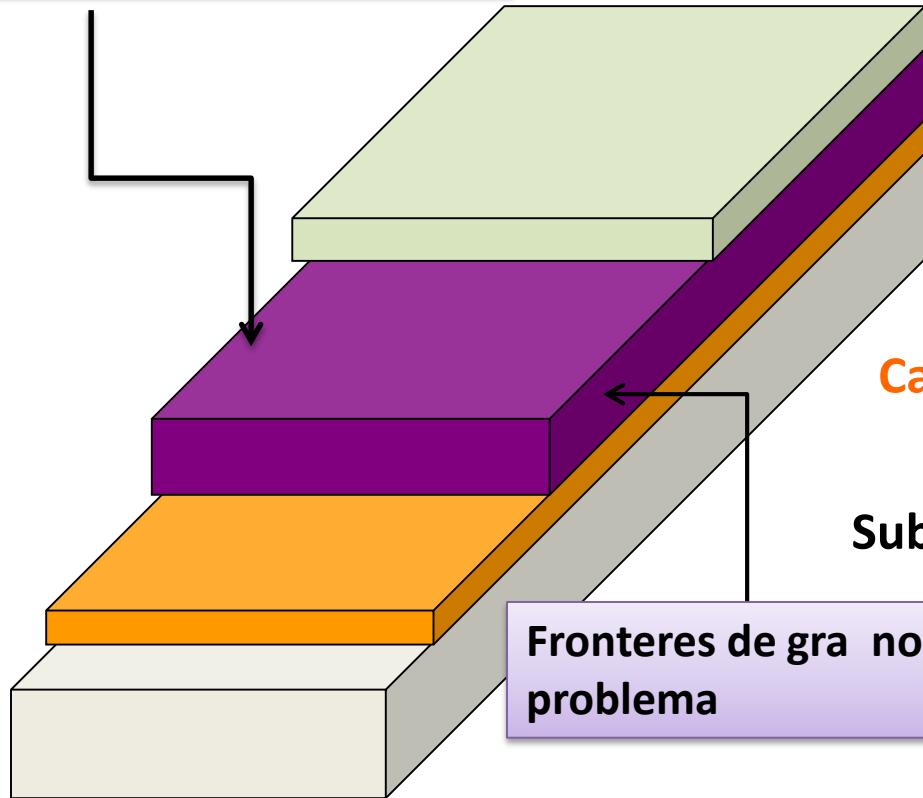
Aproximació baix cost: solucions químiques col·loïdals

Superconductors: arquitectura epitaxial



100 vegades més corrent que el Cu

Nanoenginyeria de defectes defineix les propietats



Fronteres de gra no són un problema

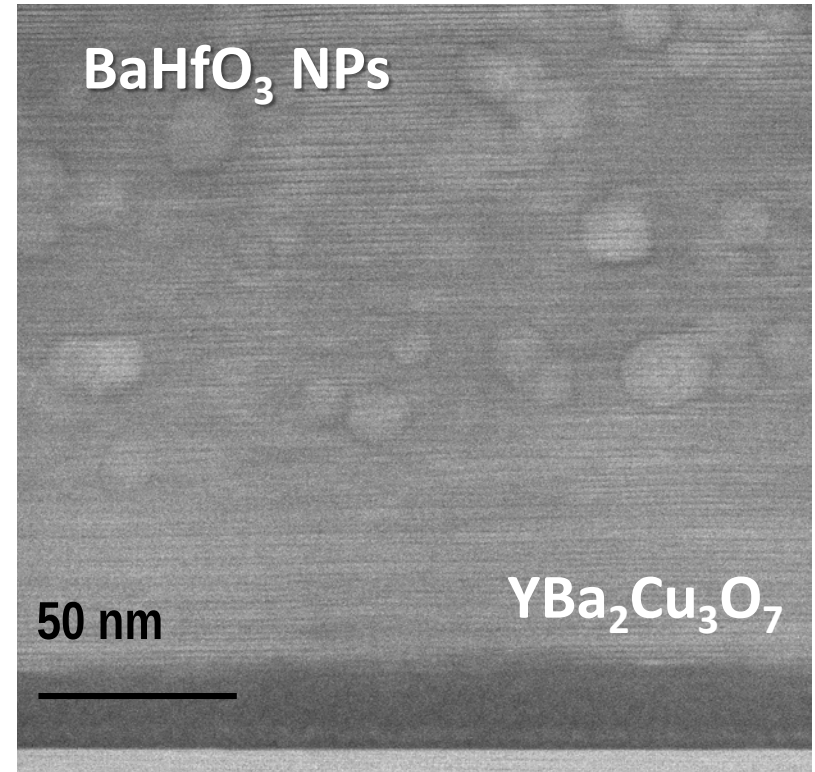
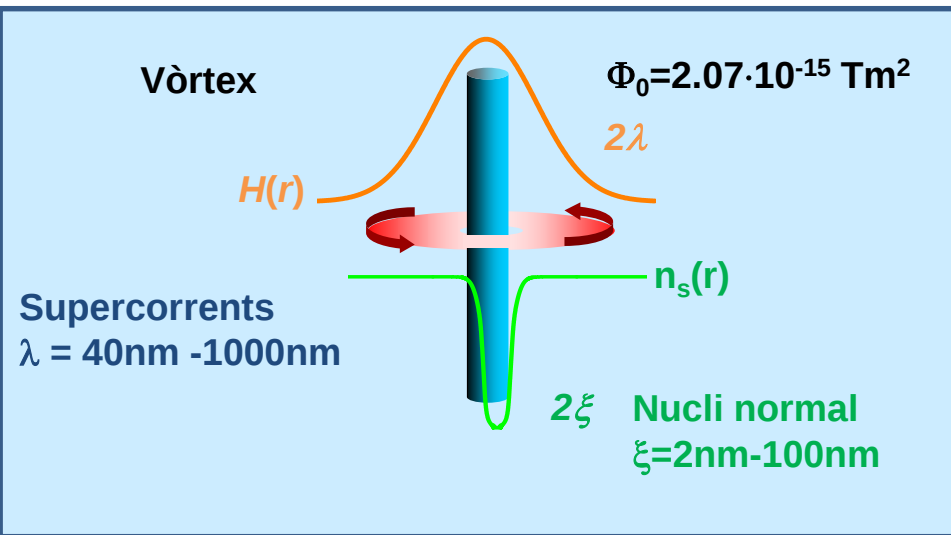
Objectiu: aconseguir
100€/kA m

Control de la nanostructura en llargàries km

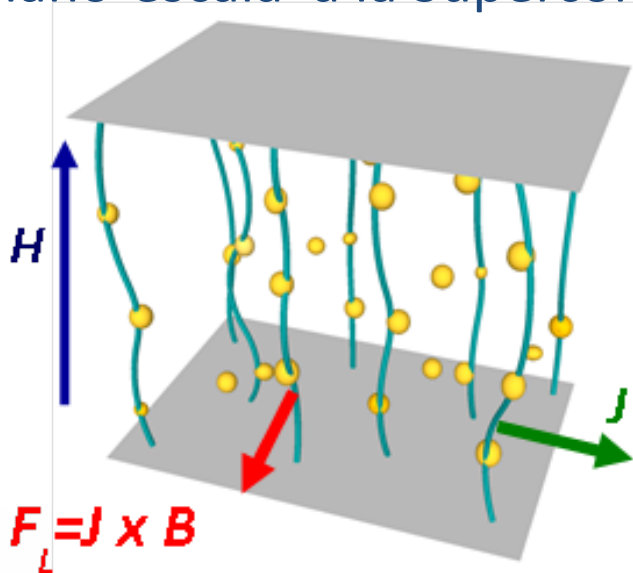
Aproximació baix cost: solucions químiques col·loïdals

Per què la nanotecnologia és important a la superconductivitat ?

Podem generar camps magnètics molt elevats: cal aturar els vòrtex



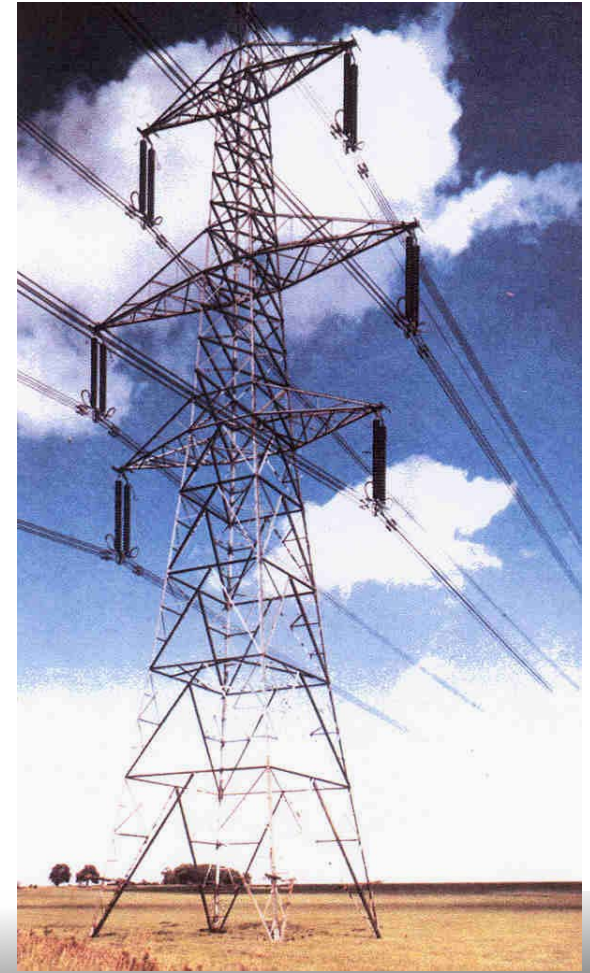
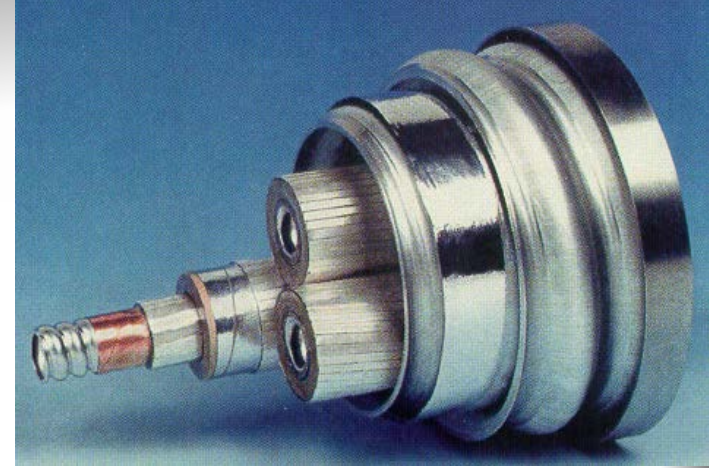
La nano-escala a la Superconductivitat



Necessitem immobilitzar els vòrtex als defectes nanomètrics del material

Cables superconductors

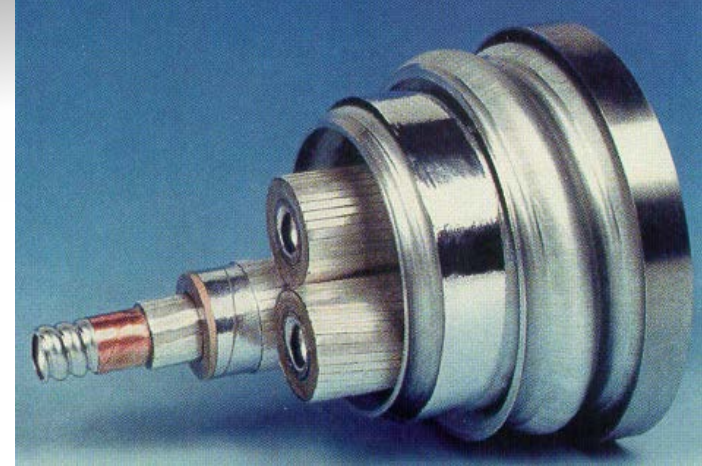
- Augment de potència: x 5 (3 centrals nuclears).
Molt útil a zones urbanes amb colls d'ampolla i a zones amb restriccions mediambientals
- Voltatge més baix per a la mateixa potència:
instal·lació de xarxes a túnels o ponts preexistents
- Sense pol.lució electromagnètica
- Reducció impacte mediambiental



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

Cables superconductors

- Augment de potència: x 5 (3 centrals nuclears).
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



375 kV



66 kV



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

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

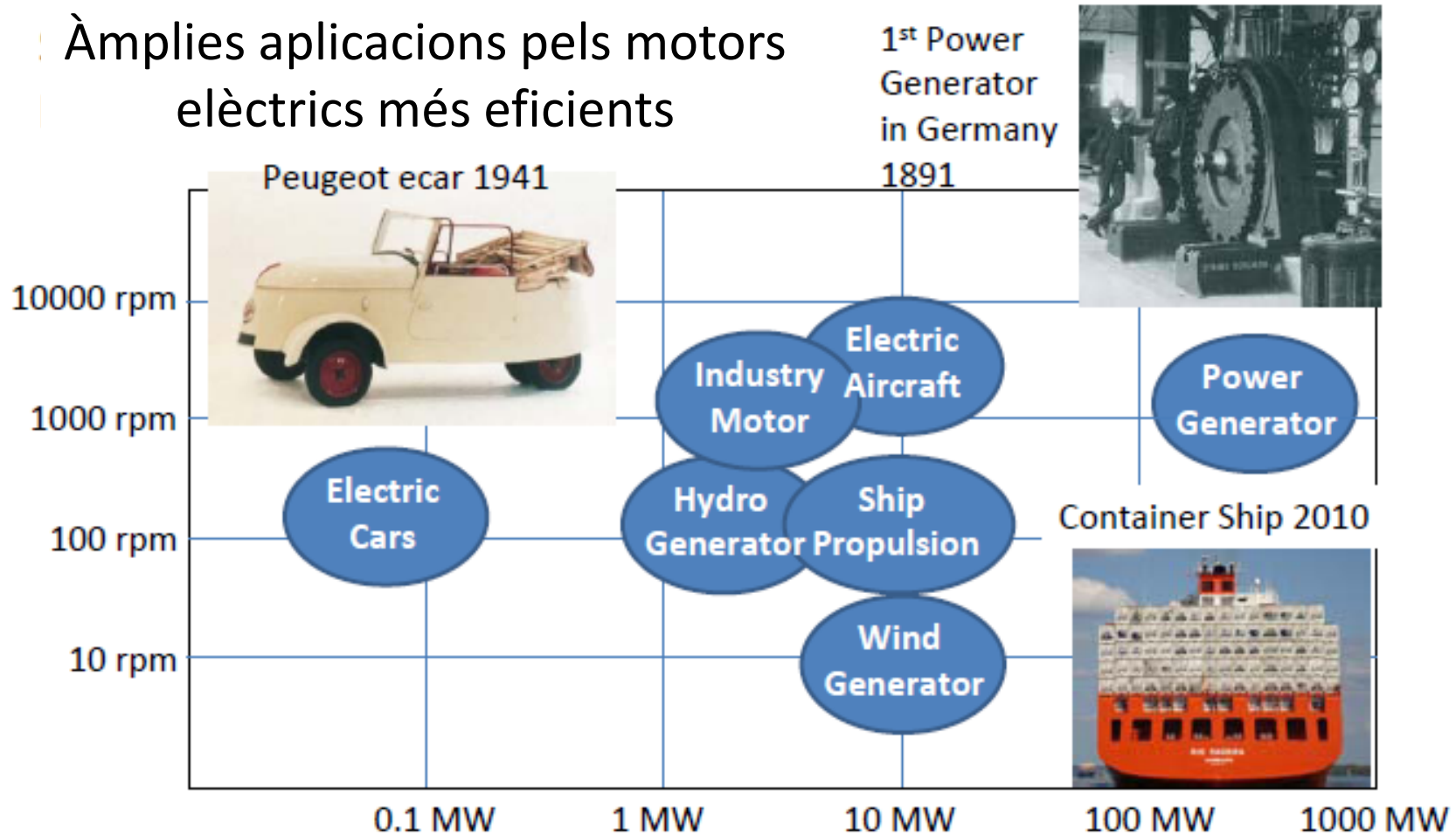


Nous centres de generació augmenten el corrent de curtcircuit

El limitador de corrent fa possible la connexió directa a la xarxa: autopistes elèctriques

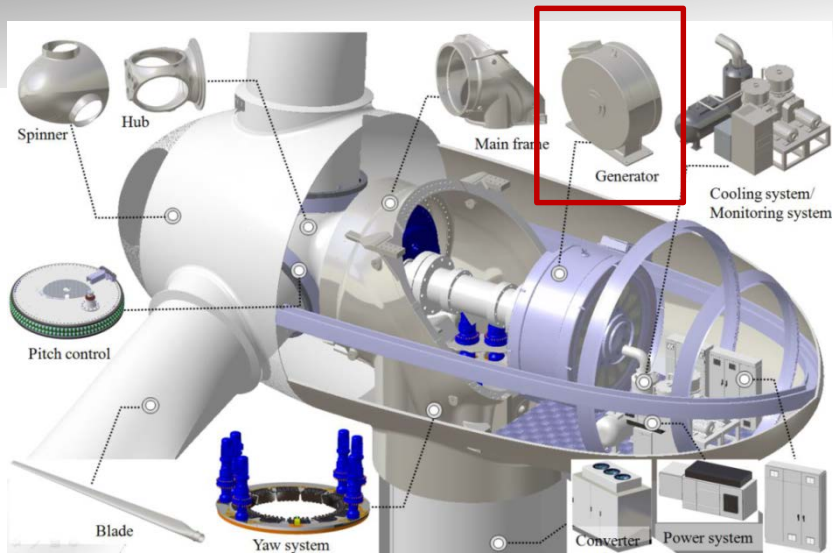
Nous motors i generadors superconductors

Àmplies aplicacions pels motors elèctrics més eficients



Transformant una indústria de més de 100 anys

Generadors Eòlics Superconductors



10-15 MW, generador sense reductor (300 Km de cinta SC)

~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

Gran creixement off-shore
(Energia per alimentar Europa)

~1/3 pes

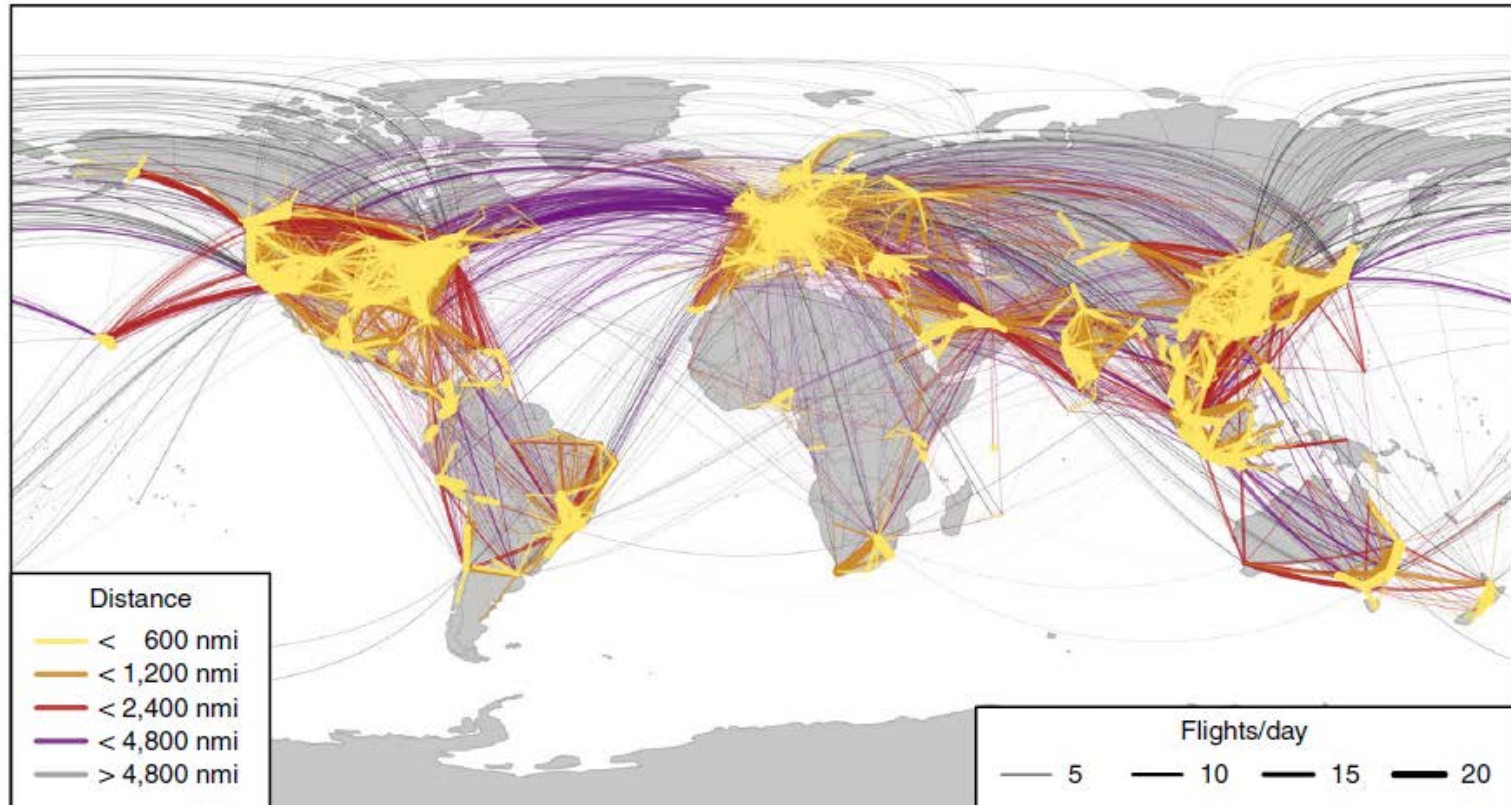


Gamesa  ICMAB col·laboració

Estàtor HTS per generador eòlic de 2 MW

Propera fase: rotor HTS per generador tot HTS 5 MW

Aviació elèctrica del futur



Nature Energy (2019)

Generació CO₂ aviació

- Al voltant de 4 % mundial. Taxa creixement força important (4,5% / any)
Objectiu: disminuir CO₂ en 50 % (2050)

Objectius aviació elèctrica o híbrida

- Vols elèctrics intracontinentals (< 1.000 km). 100 % renovable el 2.050!
- Vols intercontinentals amb aviació híbrida (H-elèctric) > 1.000 km



Aviació elèctrica del futur : nou hardware Superconductivitat / bateries / hidrogen



Figure: EADS

Objectius tècnics Airbus

- Densitat de Potència dels motors / generadors HTS : 25-50 kW/kg (x 5)
- Ús bateries de 800 - 1000 Wh/kg

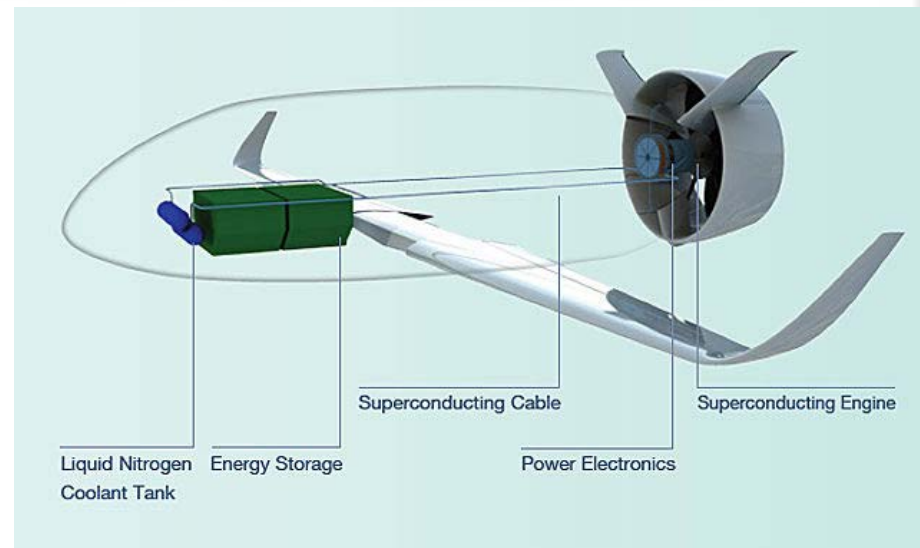


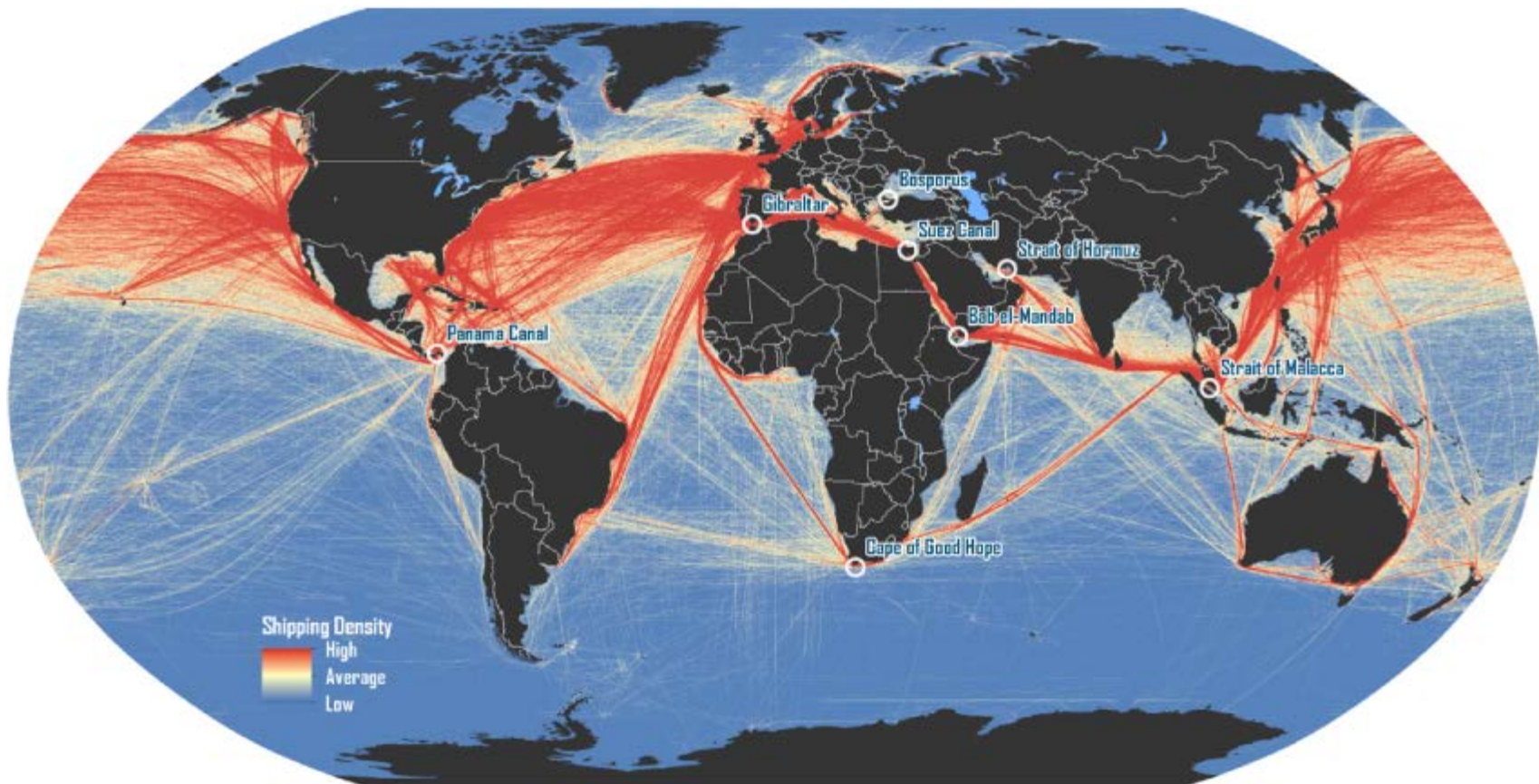
Figure: EADS

Beneficis principals avió elèctric

- Eficiència més elevada (+ 25 %)
- Electricitat renovable (< 1.000 km)
- Menys manteniment
- Menys soroll (aeroports propers)
- Menys emissió CO₂ i NO_x
- Futur intercontinental combustible H₂ (avió híbrid)

Transport marítim mundial

Rutes marítimes



11.000 M Tm/any transportades per via marítima

60.000 vaixells de càrrega

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

Transport marítim mundial



400 m llarg
14.000 contenidors max
120 naufragis/any
100 vegades so avió
450.000 M\$/any total
beneficis
Motors > 60 MW

11.000 M Tm/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

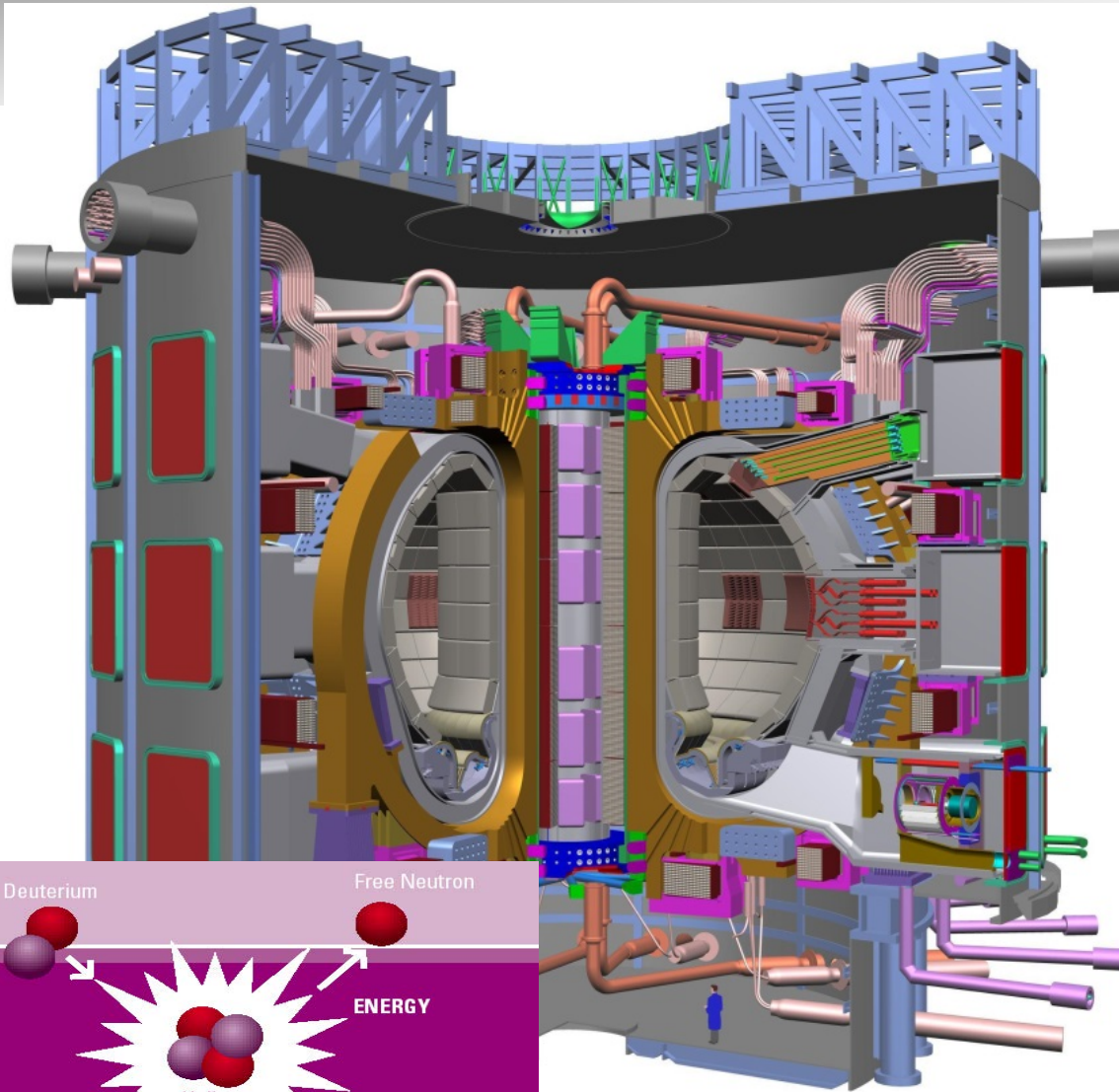
Motors > 60 MW

11.000 M Tm/any transportades per via marítima

60.000 vaixells de càrrega

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

FUSIÓ i la Superconductivitat: energia inesgotable

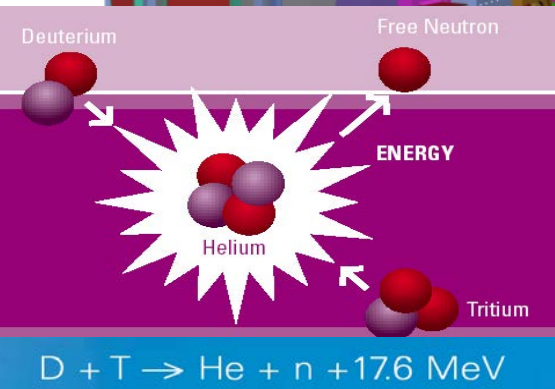


Reactor ITER (2005-2021)

- 800 m³
- 500 MW_{th}
- Camps magnètics molt intensos ($H \sim 10\text{T}$) en volums grans (bobines $D \sim 12\text{ m}$)
- 8.700 Tm Superconductors
- HTS: 40% estalvi, criogènia simplificada

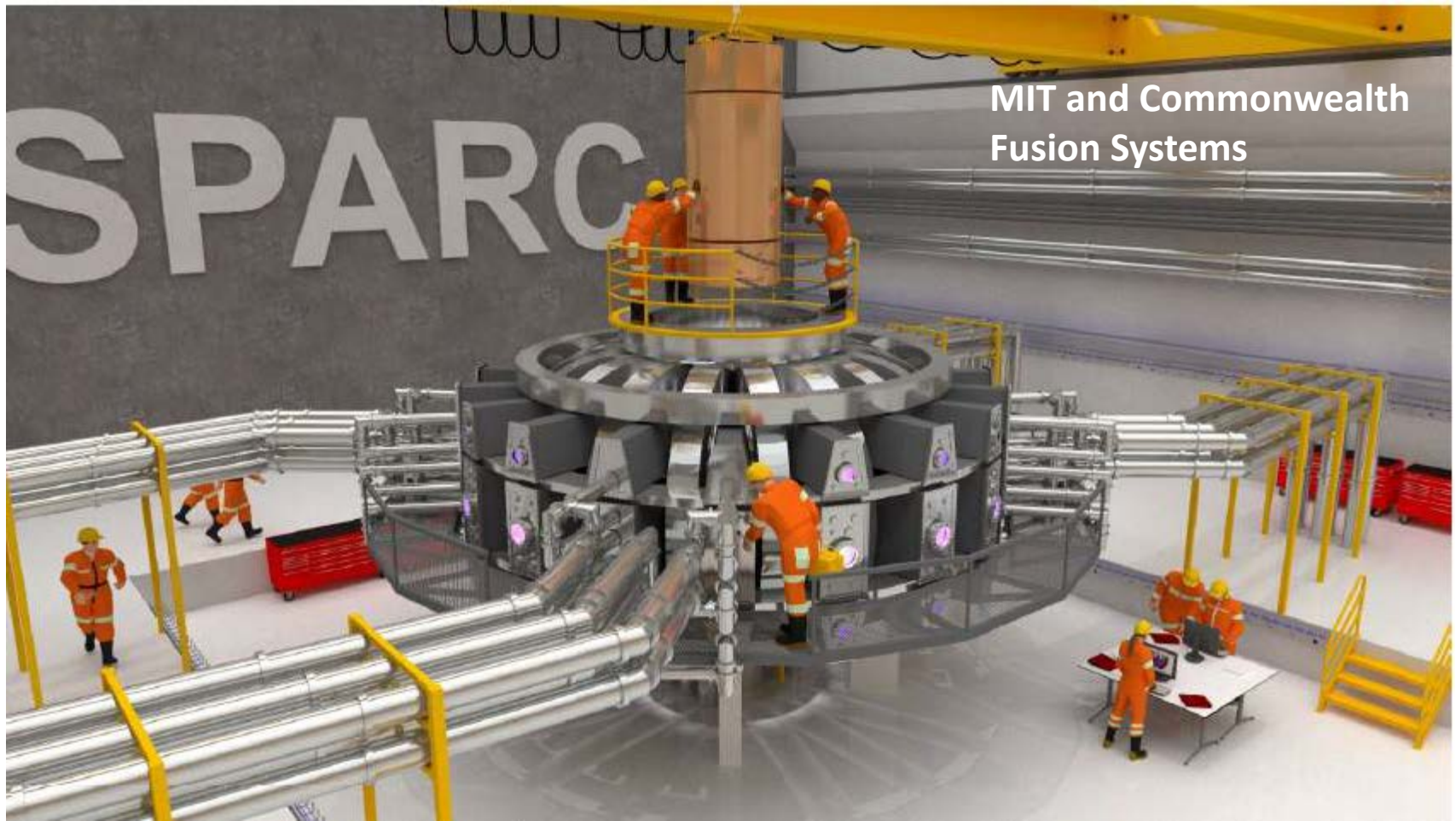
NEXT : reactor DEMO

- 1.000-3.500 m³
- 2.000-4.000 MW_{th}



Col.laboració internacional: construcció a Cadarache, França

FUSIÓ i la Superconductivitat: energia inesgotable

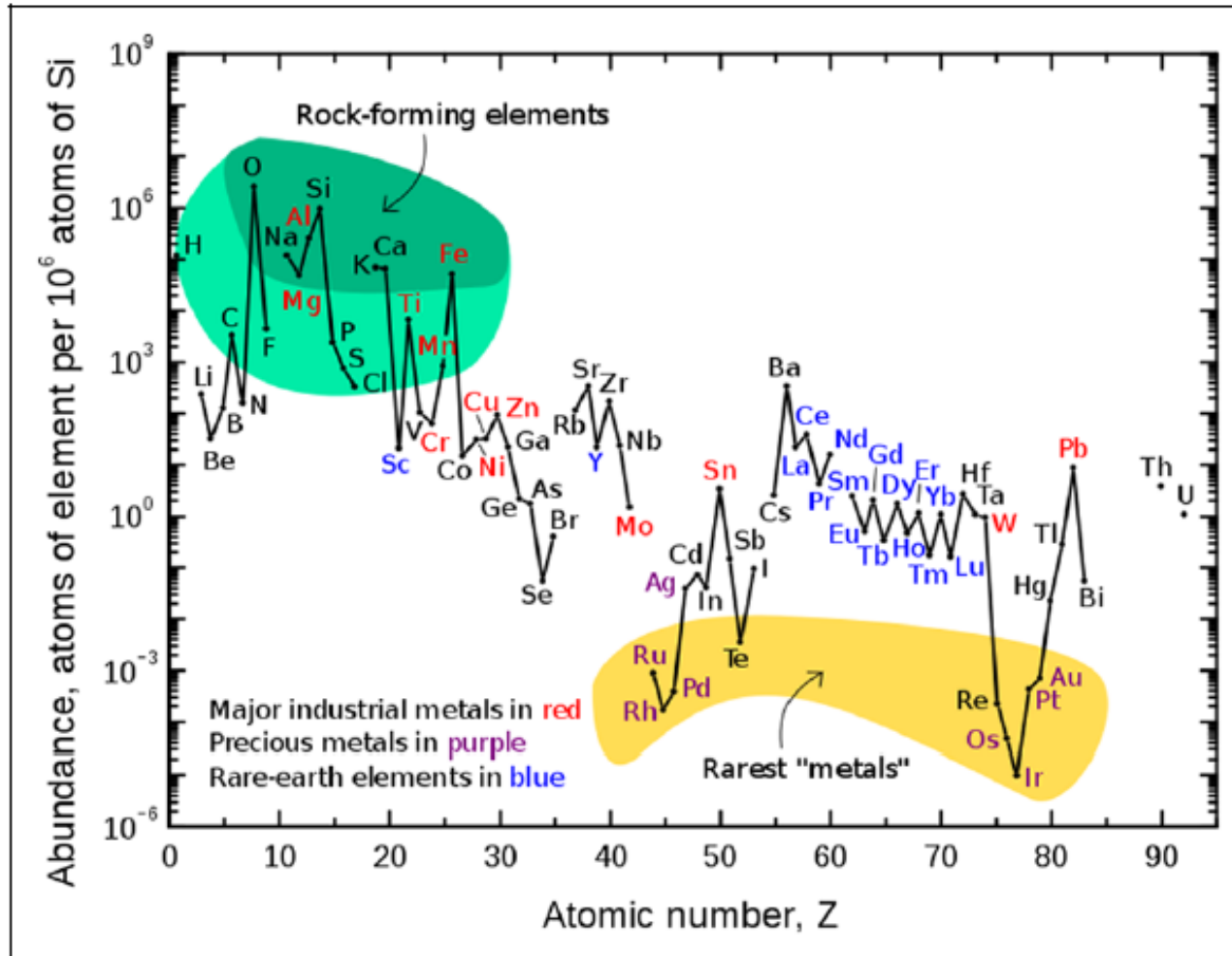


MIT and Commonwealth
Fusion Systems

Generadors compactes de fusió 100 MW amb superconductors alta temperatura: 1^a generació reactors fusió (>2030)?

Sostenibilitat dels nanomaterials

Abundància dels elements a la Terra

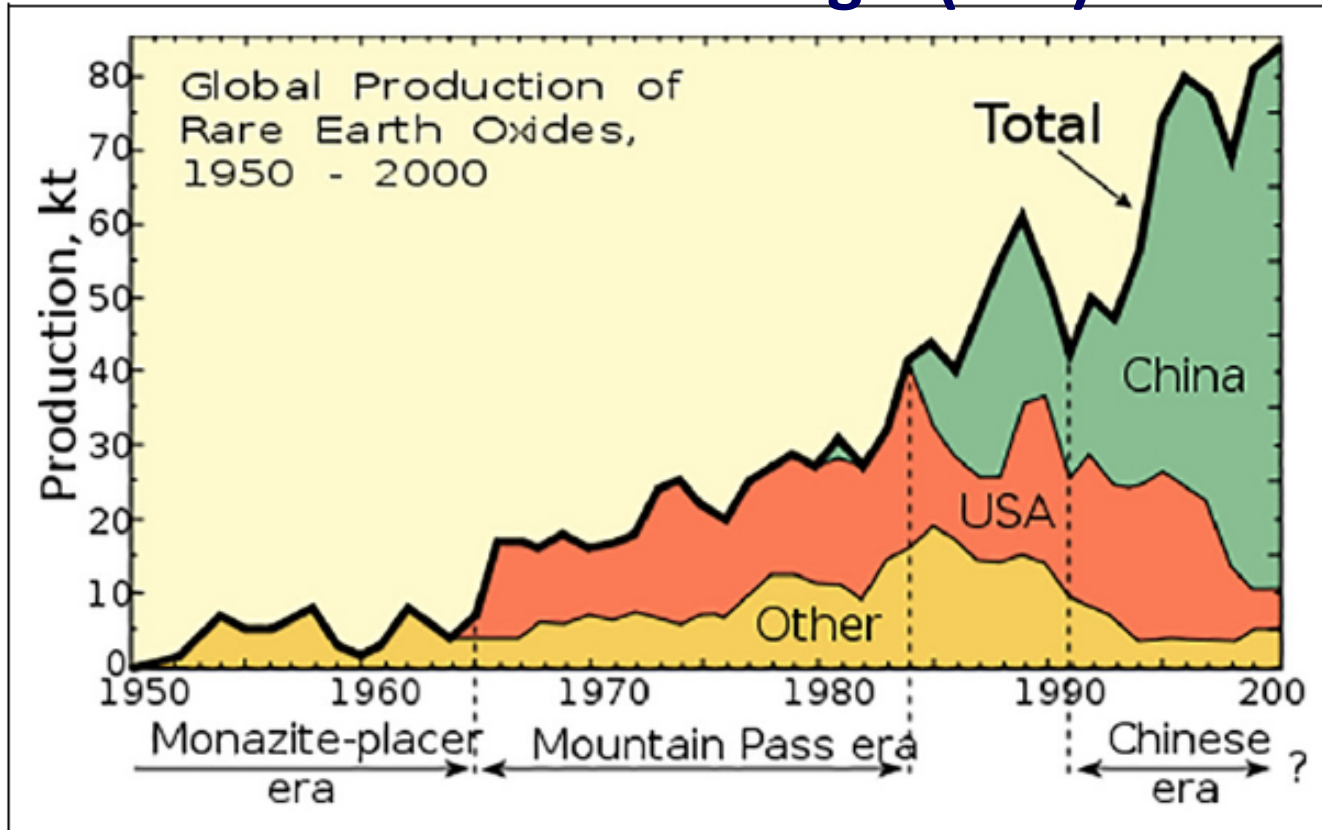


- Necessitem uns 50 elements pels dispositius més comuns
- Tots els elements tindran un pic en el temps de vida
- 1970-2017: x3 consum materials

- Terres Rares (no tan rares!)
- Metalls abundants i metalls preciosos

Elements estratègics i conflictius

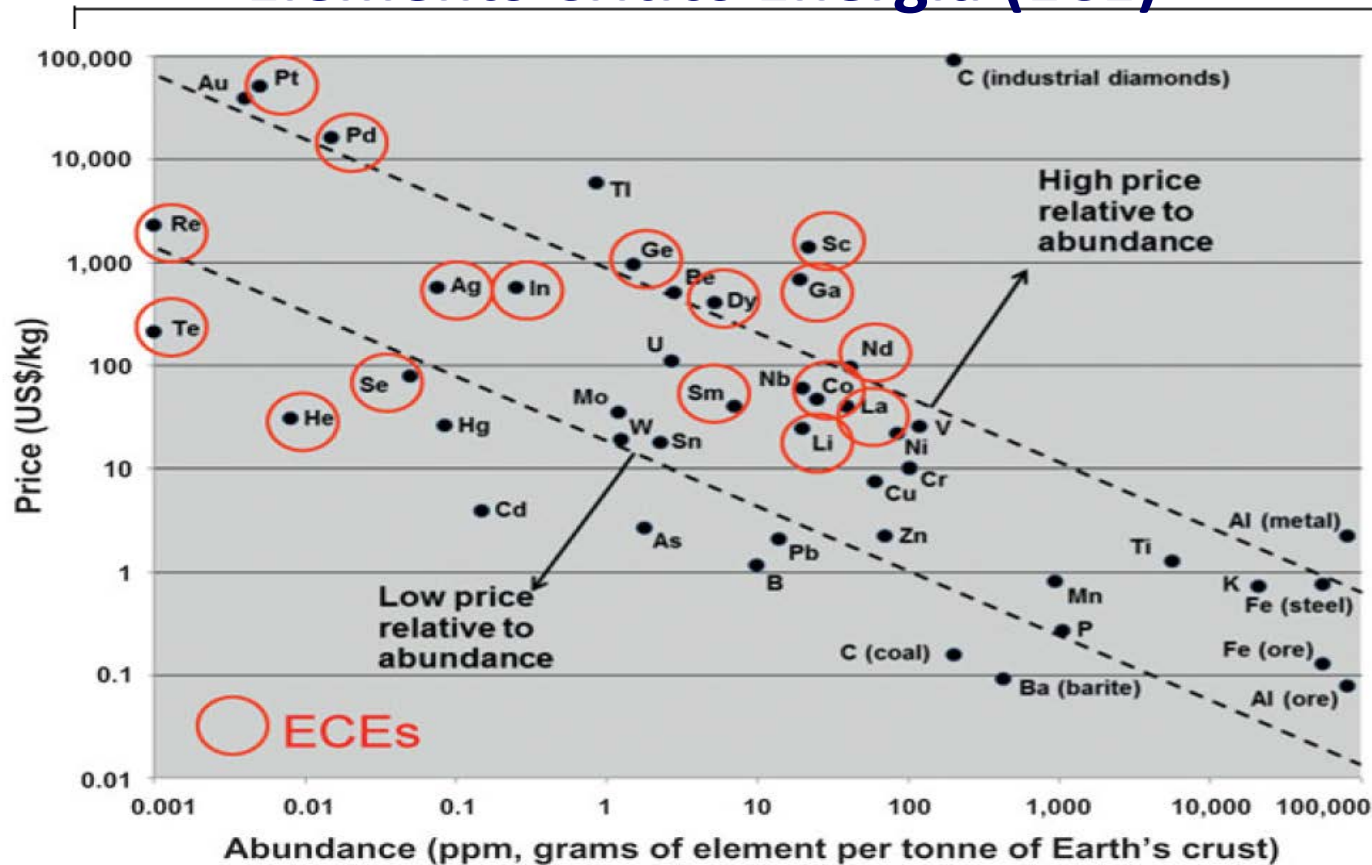
Elements Crítics Energia (ECE)



- Regulació i certificació fonts minerals
- Maximitzar eficiència (més amb menys)
- Reciclar / Reduir / Reutilitzar/ Recuperar (economia circular)

- Terres Rares: dominació Xina
- Elements problemàtics S XXI: Ni, Cu, Zn, Mn, Sn, Mo, Pb, W, Nb, He, Li
- Elements subproductes altres metalls: Ga, Ge, In, Te
- Metalls preciosos: dominació Sud-Àfrica
- Metalls crítics: Co, Ta (Rep. Congo).

Elements Crítics Energia (ECE)



- Regulació i certificació fonts minerals
- Maximitzar eficiència (més amb menys)
- Reciclar / Reduir / Reutilitzar/ Recuperar (economia circular)

- Terres Rares: dominació Xina
- Elements problemàtics S XXI: Ni, Cu, Zn, Mn, Sn, Mo, Pb, W, Nb, He, Li
- Elements subproductes altres metalls: Ga, Ge, In, Te
- Metalls preciosos: dominació Sud-Àfrica
- Metalls crítics: Co, Ta (Rep. Congo).

La urgència climàtica

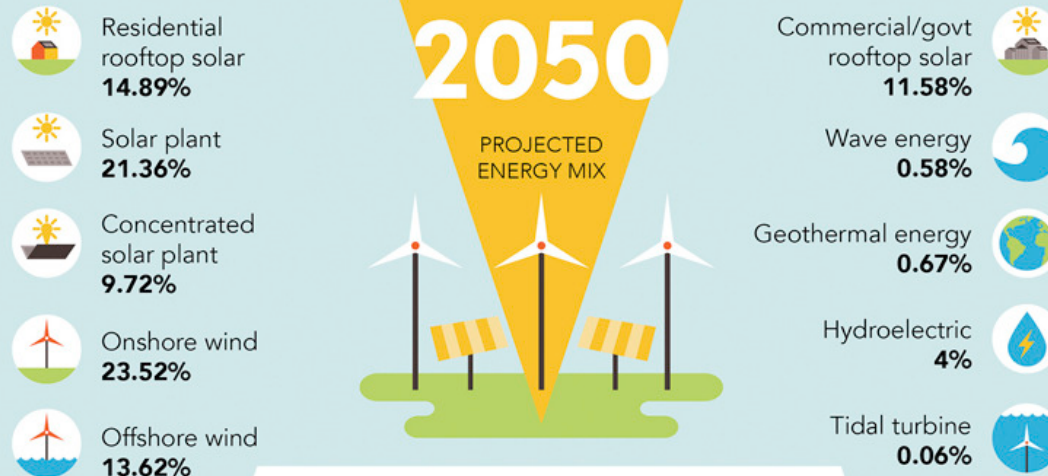


La rebel·lió de les generacions del futur!



100% IN 139 COUNTRIES

Transition to 100% wind, water, and solar (WWS) for all purposes
(electricity, transportation, heating/cooling, industry)



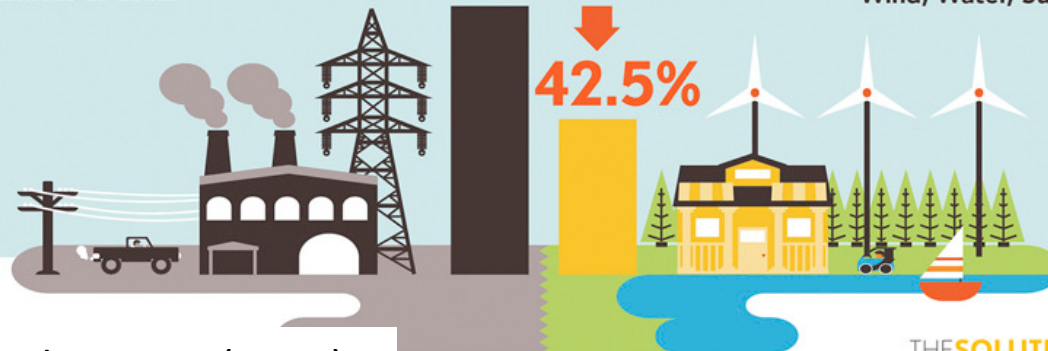
JOBS CREATED 52 MILLION

JOBS LOST 27.7 MILLION

Using WWS electricity for everything, instead of burning fuel, and
improving energy efficiency means you need much less energy.

2050 Demand with
business as usual

2050 Demand with
Wind, Water, Sun



CRISI CLIMÀTICA: CANVI DEL PARADIGMA ECONÒMIC

- Podem posar preu al concepte ètic “planeta habitable” pel futur?.
- Quin cost hauriem d'imposar pel bé públic “sostenibilitat del planeta”, amb caràcter global i que hem de preservar per les generacions futures?.
- Generació de CO₂ : externalitat negativa amb conseqüències econòmiques molt importants. Cal integrar-la al cost de les coses!
- La consciència social és indispensable: meva petita contribució per a fer una gran diferència. Quin és el meu sacrifici que em fa estar orgullós?. No és suficient però (calen polítiques globals)!
- Cal revisar el paradigma de que el creixement econòmic és l'únic camí per a la prosperitat. Ens cal trobar un nou EROI basat en energies renovables!

Notes per una política a seguir

- Efectes de la crisi més durs al països en vies de desenvolupament: forta influència en les condicions de vida.
- Fronts del Nord: 1/ Moral i conscienciació, normes consum, regulació, solidaritat. 2/ Recerca científica i innovació tecnològica: fer viables els objectius fixats de neutralitat en carboni
- Cal democratitzar el benestar global (mesurat com sigui) i disminuir la desigualtat. Esperança de vida: Espanya 83,2 anys, Etiòpia 54,5 anys.
- El benestar del sud s'ha d'aconseguir sense passar per l'etapa intensiva en combustibles fòssils i de generació de CO₂.
- Les prioritats actuals del sud: pobresa, salut, educació, higiene urbana.
- Calen decisions equitatives nord-sud: Inversió del nord, ODS per a tot-hom
- Complir compromisos de París de forma global nord i sud!

La transició energètica a Catalunya



Pacte Nacional per a la Transició Energètica (PNTE) (2015)

- Catalunya importa el 75-80 % energia que utilitza
- Cost energia exterior utilitzada: 8.000 Milions € (4.2 % PIB/any)
- Transformació a energies renovables amb producció local
 - Estalvi en les despeses del país
 - Nous llocs de treball i empreses pròpies
 - Seguretat energètica augmentada
- Catalunya: coneixement i capacitat industrial per a ser líder. Ens cal un full de ruta per la transició energètica!
- Objectiu del PNTE: 100 % renovables el 2050 (similar Alemanya).
X 100 renovables actuals (9.000 milions € en 10 anys = 10 % energia/any)!
- Cost Alemanya: +5% energia inicial i -50 % retorn energia final
- Green Deal Europa: 270.000 M€ (2020-2050 : 1,5 % PIB/any)
- EU rescat (Green Deal): 225.000 M€ (2021-2022)

- La crisi climàtica abarca molts aspectes, un d'ells és la urgència de la transició energètica.
- 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 desllorigador dels nous paradigmes energètics: oportunitat per aconseguir més amb menys!
- Existeix un ampli ventall de reptes (i oportunitats) per a fer viables les tecnologies emergents
 - Combustibles solars (economia de l'hidrogen)
 - Generació elèctrica solar: fotovoltaica, recuperació tèrmica,...
 - Transport elèctric: cotxe, avió i vaixells elèctrics (bateries, combustibles solars)
 - Superconductivitat: generació eòlica, xarxes elèctriques segures i eficients, fusió
 - Eficiència energètica: computació, il·luminació, habitatge, ...
 - Les 4 Rs són condició necessària
- Desenvolupament sostenible: un món global socialment acceptable. Cal crear un nou paradigma econòmic, social i ambiental. Catalunya ha d'aprofitar les noves oportunitats!

GRÀCIES PER LA VOSTRA ATENCIÓ!

ICMAB
INSTITUT DE CIÈNCIA DE MATERIALS DE BARCELONA



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

icmab.es

ICMAB acknowledges the Severo Ochoa
Program (MINECO, SEV- 2015-0496,
CEX2019-000917-S)

OUR **PLANET**
OUR **FUTURE**

FIGHTING CLIMATE CHANGE TOGETHER



GRÀCIES
PER LA
VOSTRA
ATENCIÓ!

ICMAB

INSTITUT DE CIÈNCIA DE MATERIALS DE BARCELONA



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

icmab.es

ICMAB - CSIC

ICMAB acknowledges the Severo Ochoa
Program (MINECO, SEV- 2015-0496,
CEX2019-000917-S)