

MXens com a Fotocatalitzadors del Trencament de l'Aigua

Escalfament Global
Contaminació Ambiental

Necessitat de combustibles *verds*

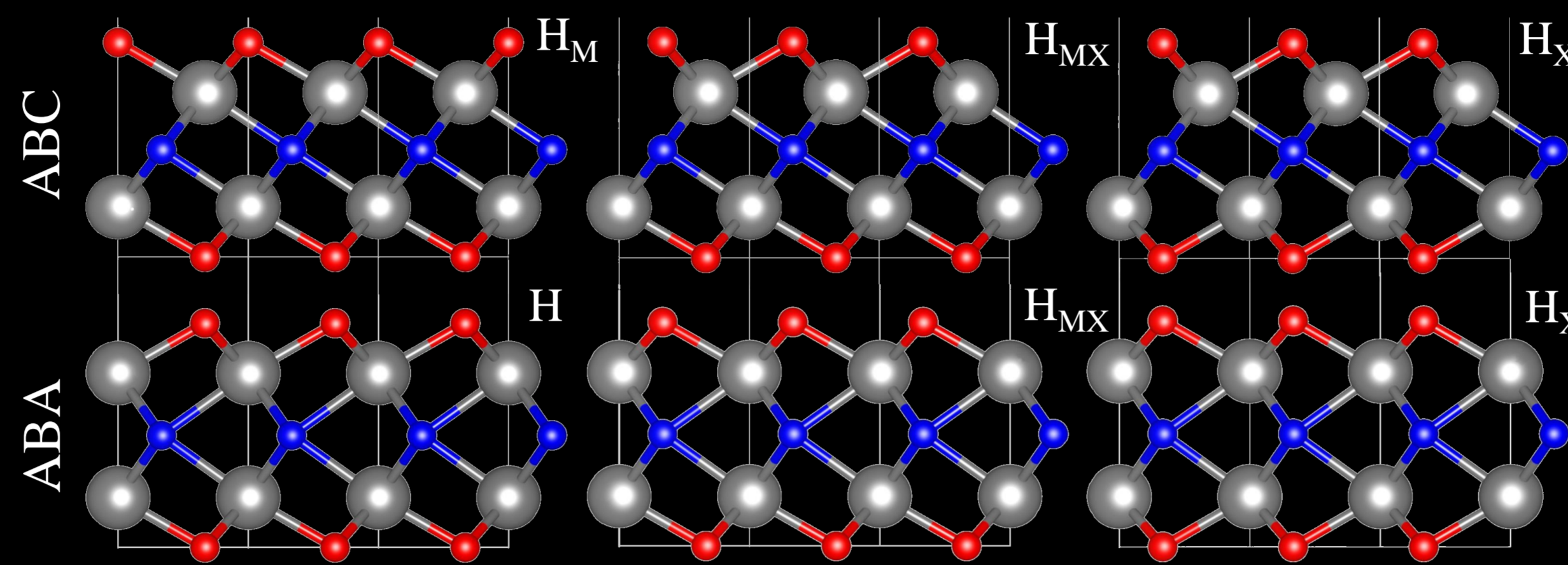
Hidrogen (H₂)



MXens^[1]
(M_{n+1}X_nT_x)

M = Metall de Transició (Grups III – VI)
X = C o N n = 1–3
T = Terminació (bloc-p: O, F, OH, H, S, Cl)

Semiconductors quan s'afegeix una terminació. ^[2]
Bons candidats per fotocatalitzar el trencament de l'aigua i produir H₂ net. ^[3]



Font sostenible d'H₂:
Trencament d'aigua
2 H₂O → 2 H₂ + O₂

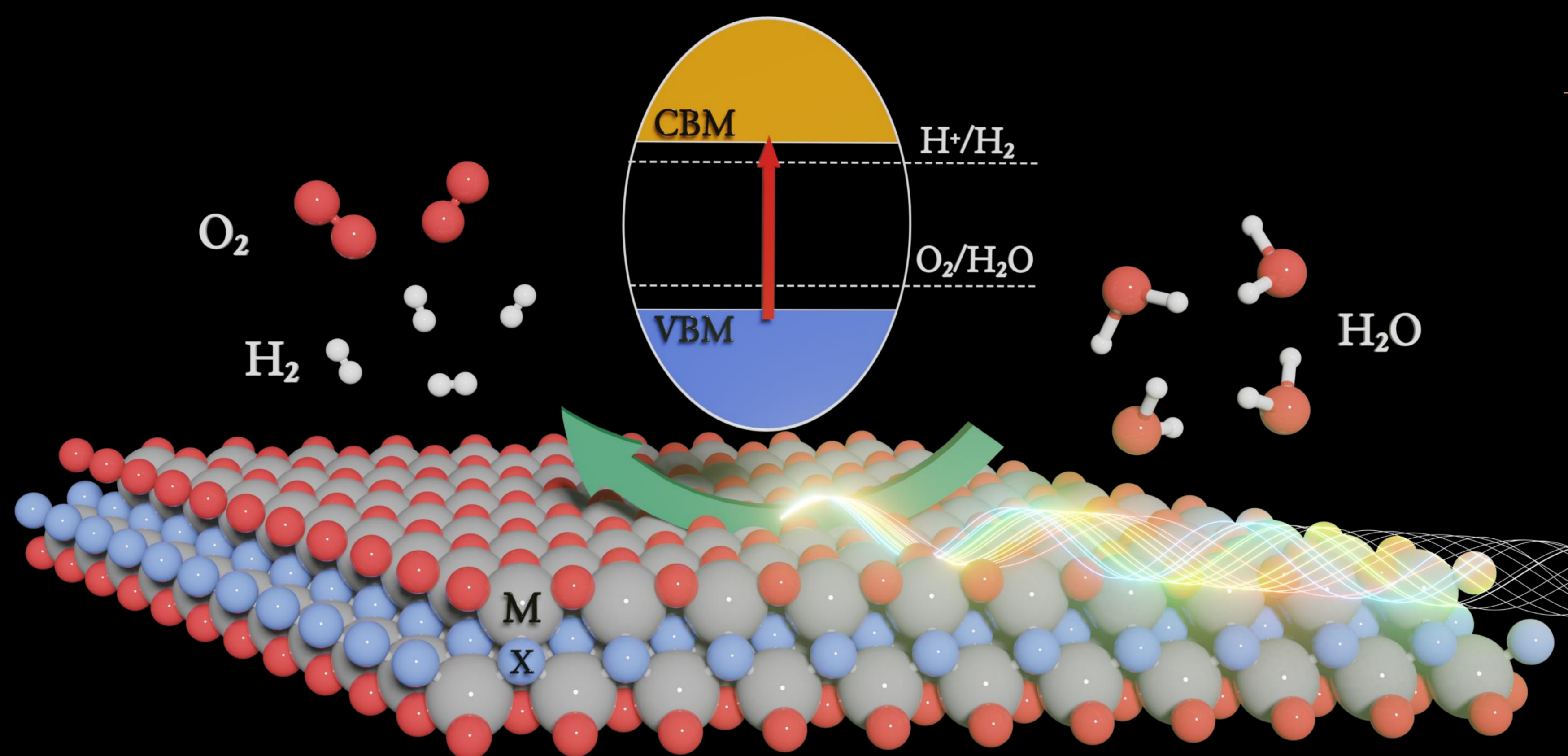
Problema: Requereix energies altes
Solució: Llum del Sol com a font d'energia

Fotocatàlisi



OBJECTIUS

Modificar i dissenyar l'espai entre bandes (*bandgap*) dels MXens variant la seva composició (M, X, T), amplada (n), apilament i posició de la terminació, per trobar possibles candidats fotoactius en el trencament de l'aigua amb la llum solar.



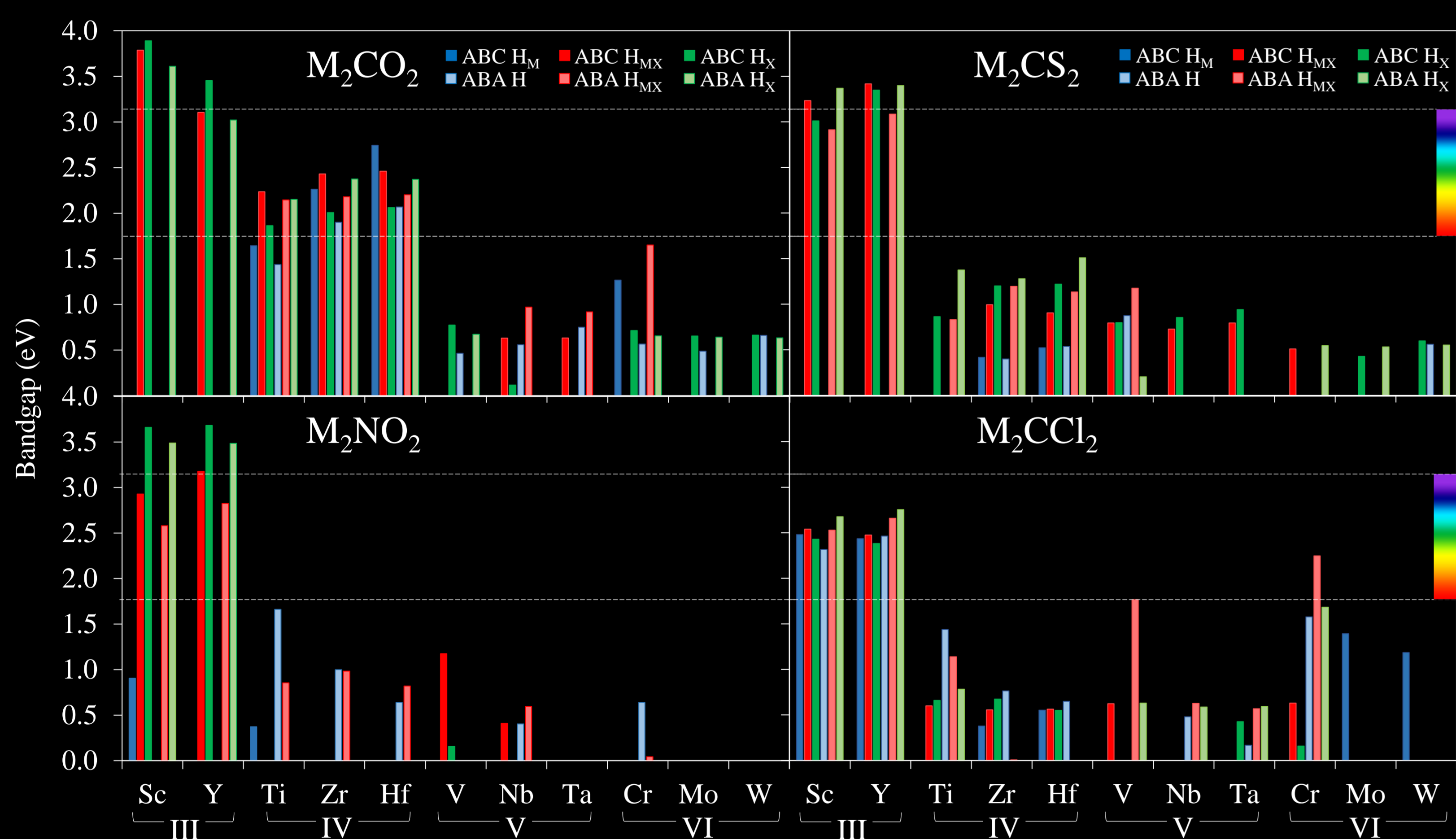
EINES

Mètode computacional: DFT

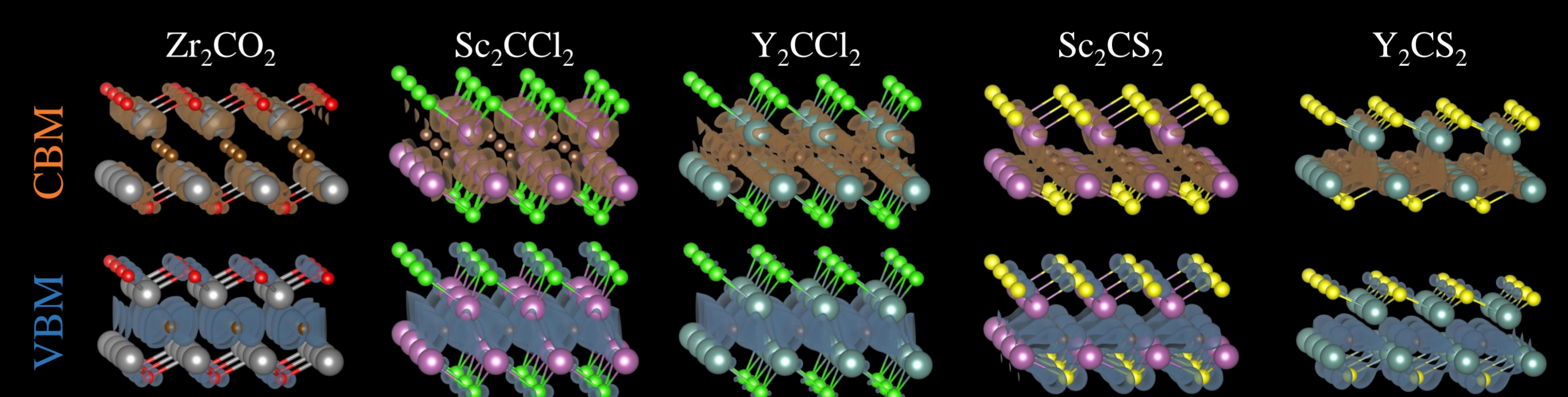
Funcional: PBE i PBE0

Estructures: models periòdics de llesca, combinant dos apilaments (ABC i ABA) i tres posicions terminals per cada apilament (H_M/H, H_{MX} i H_X)

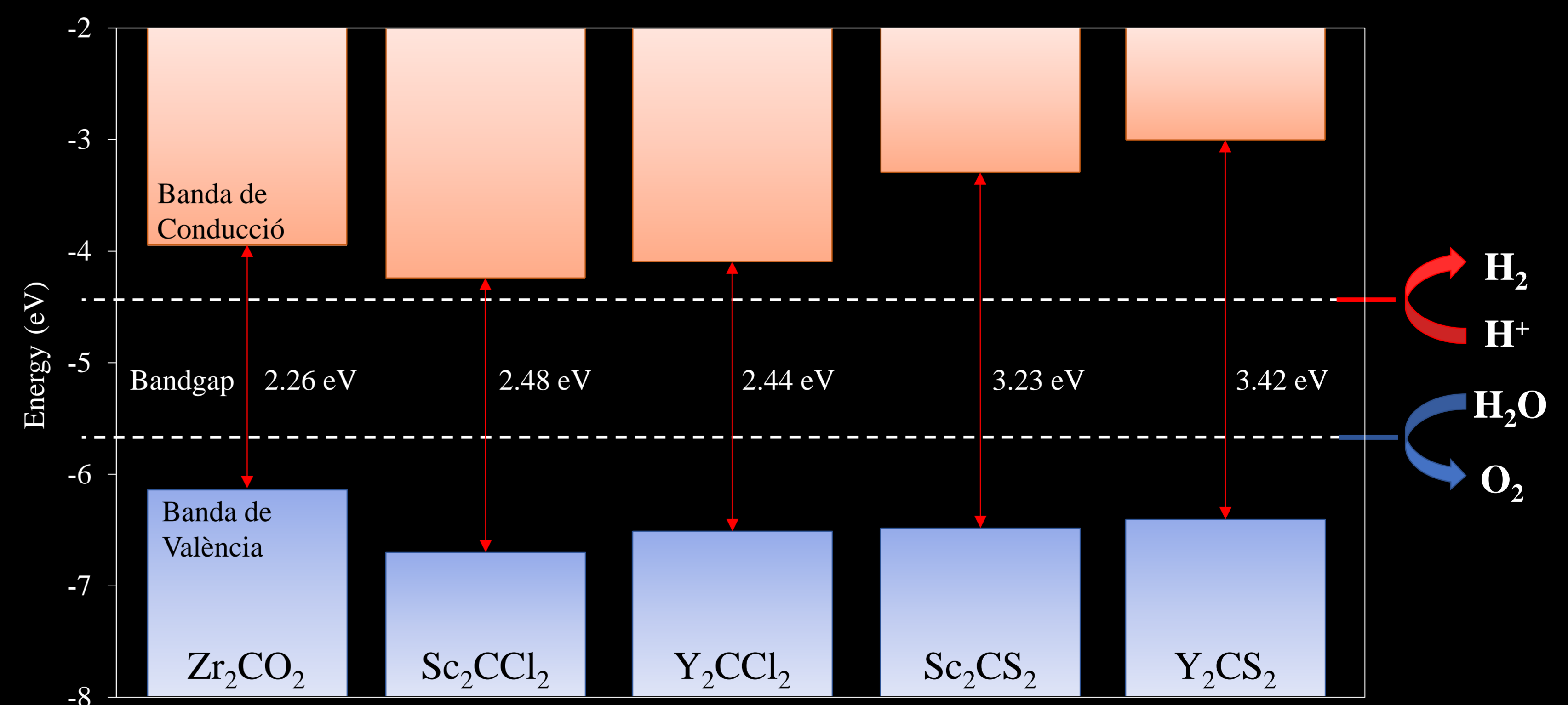
Densitat d'Estats



- Es consideren 6 estructures diferents per cada MXè terminat (2376 en total).
- MXens dels Grups III i IV i n = 1 → bandgaps grans i a la regió del visible.
- Els casos més prometedors per ser materials fotoactius amb la llum solar.
- C-MXens → més casos semiconductors i amb major bandgap que N-MXens.
- MXens pristins → propietats metàl·liques (no fotoactius)
- MXens n = 2, 3 → En augmentar la quantitat de "bulk", solen ser metàl·lics.



Alineació de Bandes



- S'ha estudiat l'alineació de bandes respecte als potencials de semireacció pels casos fotoactius més prometedors ($E_g > 1.23$ eV).
- Els casos ideals seran aquells que a més de tenir una alineació de bandes adequada, siguin l'estructura més estable de les sis considerades.
- Diverses estructures del Grup III i IV mostren alineacions correctes.
- Els casos de Zr₂CO₂, Sc₂CCl₂, Y₂CCl₂, Sc₂CS₂ i Y₂CS₂ compleixen aquestes condicions òptimes, el que ens permet proposar-los com a possibles candidats pel trencament fotocatalític de l'aigua.
- La majoria de sistemes presenten una bona separació de densitat de càrrega entre el màxim i el mínim de la banda de valència i conducció (VBM i CBM), afavorint la separació de les càrregues generades.

CONCLUSIONS

Basat en càlculs DFT, els MXens amb n = 1, X = C, M = Grup III i IV i T = O, S, Cl, en particular Zr₂CO₂, Sc₂CCl₂, Y₂CCl₂, Sc₂CS₂ i Y₂CS₂ mostren un bandgap en la regió del visible, òptim per la captació d'energia de la llum solar, i extrems de banda que excedeixen els potencials de semireacció del trencament de l'aigua, adient per fotocatalitzar el procés i generar H₂ verd.

REFERÈNCIES

- [1] *Adv. Mater.* 2011, 23, 4248–4253.
[2] *Adv. Funct. Mater.* 2013, 23, 2185–2192.
[3] *J. Mater. Chem. A* 2016, 4, 11446–11452.

