

La catalyse avec des métaux rares

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES - FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE CHIMIE

Maciej LUPINSKI, Arassi KHACHATRYAN, Joni KALLAJXHI, Basile DRAELANTS

Qu'est-ce qu'un catalyseur ?

Un catalyseur est une substance qui modifie le mécanisme d'une réaction chimique. Un catalyseur abaisse la barrière d'activation d'une ou plusieurs étapes de la réaction et, ainsi, augmente la vitesse de réaction.

Un catalyseur intervient directement dans le mécanisme de la réaction mais n'est pas consommé : il se retrouve dans son état initial après la conversion des réactifs en produits et peut donc être réutilisé. [1]

Critères de qualité d'un catalyseur :

Sélectivité : produits souhaités favorisés cinétiquement

Activité : facteur élevé d'accélération de la réaction

Durabilité : bonnes performances dans le temps

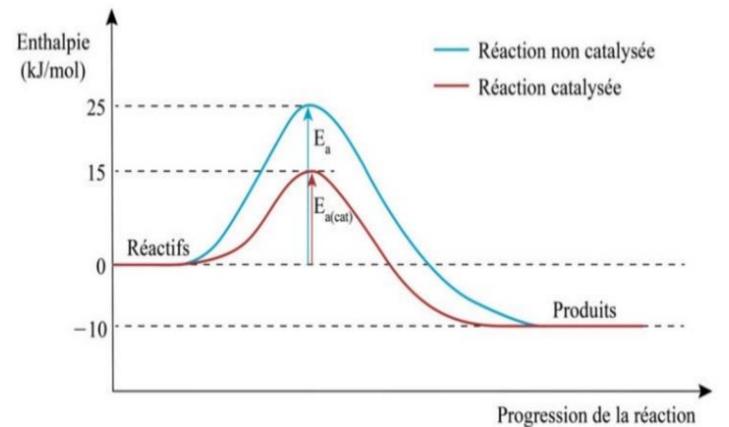


Fig 1. Diagramme énergétique d'une réaction chimique [2]

Catalyseur Homogène

Un catalyseur homogène est présent dans le milieu dans une **phase identique à celle des réactifs**.

Exemples : acides et bases, **cations métalliques ou leurs complexes** et les enzymes en solution



Fig 2. Solution de chlorure de cobalt (II) 0,2M

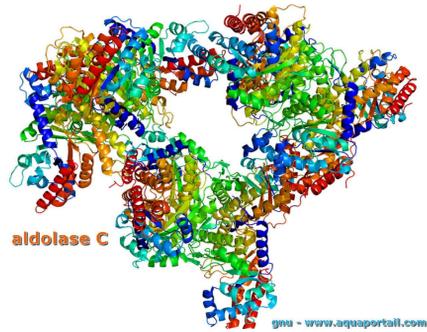


Fig 3. Aldolase C : Enzyme intervenant lors de la glycolyse

Catalyseur Hétérogène

Un catalyseur hétérogène est présent dans le milieu dans une **phase différente de celle des réactifs**.

Exemples : les **métaux**, les zéolites.



Fig 4. Câble de platine [3]

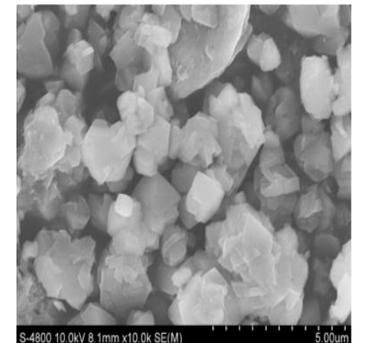


Fig 5. Zeolite Y utilisée dans le craquage catalytique [4]

Métaux rares

Les métaux rares sont des éléments métalliques présents en (très) faible abondance dans la croûte terrestre et/ou dont la production mondiale est faible. Parmi ceux-ci, on trouve différents métaux de transitions comme le cobalt et le platine.

Ces métaux sont souvent utilisés dans des domaines de haute technologie, pour la fabrication d'aimants, de batteries, d'équipements électroniques... mais aussi pour développer des catalyseurs.

1	2																	18	19		
1	H																	He			
2	3	4											10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne			
3	11	12											13	14	15	16	17	18			
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar			
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86			
6	Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
7	87	88	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118				
7	Fr	Ra	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og				
			57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
			89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

Fig 6. Tableau périodique avec les métaux de transitions en jaune.

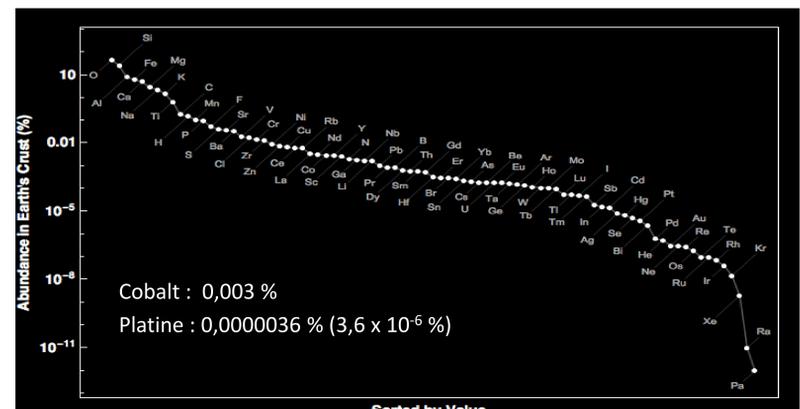


Fig 7. Abondance de différents éléments dans la couche terrestre [5]

[1] Cinétique_Chimie_Thierry_Visart-2022-2023.pdf, [2022-2023], VISART DE BOCCARME THIERRY, à l'adresse https://uv.ulb.ac.be/pluginfile.php/3660096/mod_resource/content/1/Cin%C3%A9tique_Chimie_Thierry_Visart-2022-2023.pdf, [2] Rick Spierenburg, Leon Jacobsse, Iris de Bruijn, Daan J. van den Bos, Dominique M. Vis, Ludo B. F. Jeurink, J. Chem. Educ. 2017, 94, 9, 1209-1216 Publication Date: August 21, 2017, [3] Fil en platine épaisseur 0,6mm (par cm), (s. d.), Consulté 10 mars 2024, à l'adresse <https://www.nobelab.eu/platinadrad-90-10-dikte-0-6mm-per-cm.html>, [4] Y-type zeolites, (2019), Consulté à l'adresse <https://www.acmaterial.com/blog-detail/y-type-zeolites.html>, [5] Abundance in Earth's Crust for all the elements in the Periodic Table, (2024), Consulté à l'adresse <https://periodictable.com/Properties/A/CrustAbundance.html>

La catalyse avec des métaux rares

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES - FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE CHIMIE

Maciej LUPINSKI, Arassi KHACHATRYAN, Joni KALLAJXHI, Basile DRAELANTS

Catalyse homogène par du cobalt(II)

Oxydation de l'anion tartrate par le peroxyde d'hydrogène

Cette réaction, qui génère un dégagement gazeux de dioxyde de carbone, est lente sans catalyseur.



La réaction catalysée implique:

- l'oxydation du Co(II) en Co(III) par le peroxyde d'hydrogène, ce qui se traduit par un changement de coloration de la solution qui passe du rose au vert.
- la réduction du Co(III) en Co(II) par le tartrate rend la couleur rose à la solution.

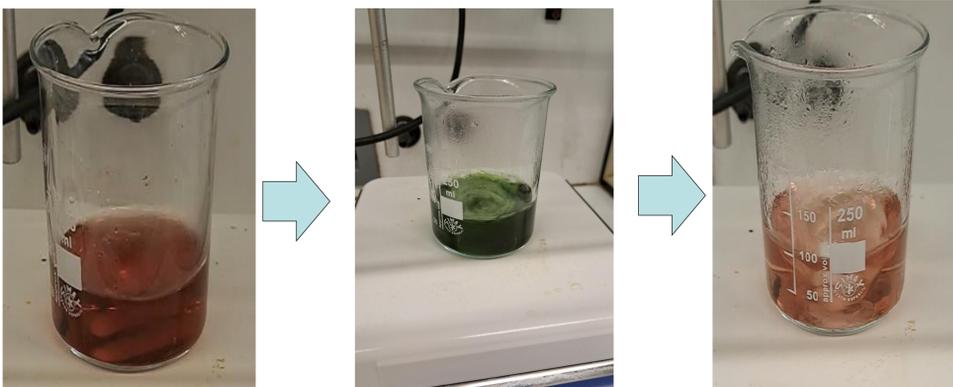


Fig 11. L'évolution du milieu réactionnel entre le sel de tartrate et peroxyde d'hydrogène catalysé par le chlorure de cobalt (II) à 0 s, après 2 minutes et après 3 minutes.

Application de la catalyse hétérogène

Le pot catalytique

De nos jours, les voitures sont équipées d'un « pot catalytique » qui permet de réduire de 99% l'émission de 3 polluants atmosphériques :

- les hydrocarbures imbrûlés C_xH_y
- le monoxyde de carbone CO
- les oxydes d'azote NO_x

Il est notamment constitué des éléments métalliques tels que :

- Le platine (Pt)
- Le palladium (Pd)
- Le rhodium (Rh)



Fig 12. Schéma d'un pot catalytique

Catalyse hétérogène par le platine

Oxydation du méthanol

La réaction s'effectue sur la surface du platine et comprend de multiples étapes.

Elle débute par la décomposition du méthanol en formaldéhyde :

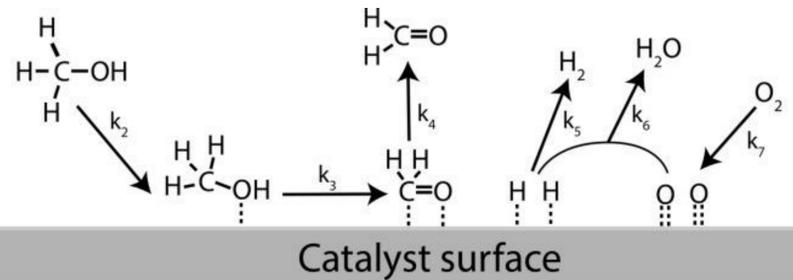


Fig 8. Décomposition (déshydrogénation) du méthanol catalysée par une surface de platine [6]

Le formaldéhyde peut lui aussi subir une déshydrogénation :

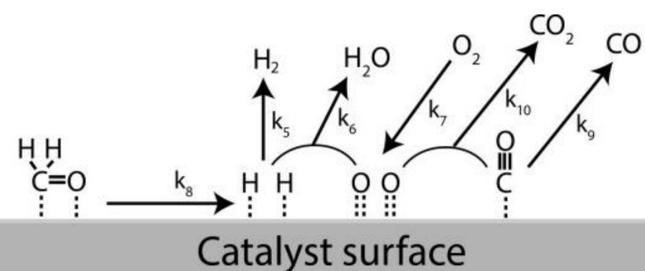


Fig 9. Décomposition (déshydrogénation) du formaldéhyde catalysée par une surface de platine. [6]

Dont le profil énergétique de différentes réactions est le suivant:

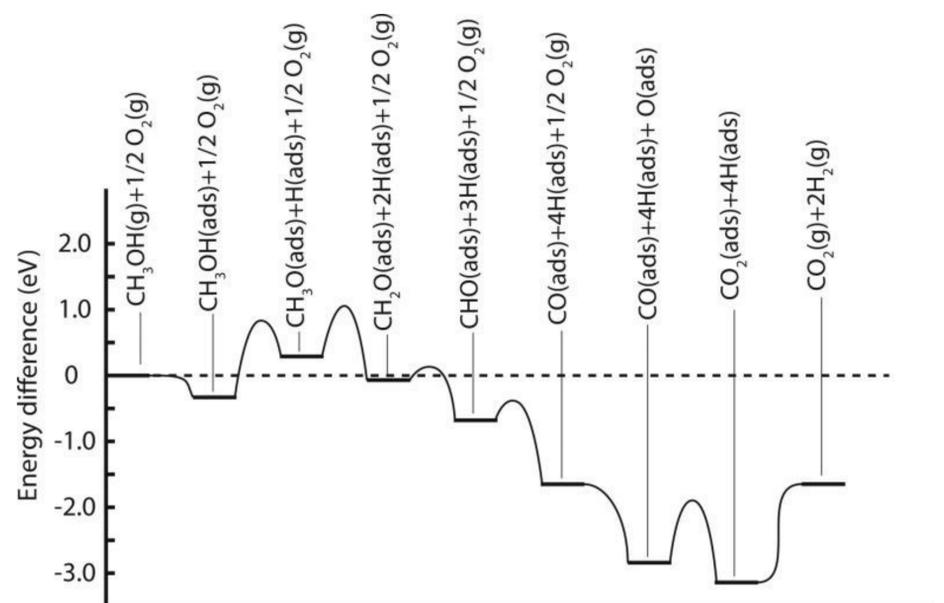


Fig 10. Profil énergétique complet de la combustion du méthanol catalysée par une surface de platine.[6]