

Réactions d'oxydo-réduction

Prévision des réactions

Méthodes d'écriture des réactions

Tables des potentiels standards

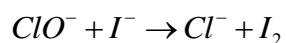
Exercices

Solutions des exercices

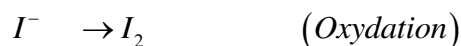
Prévision des réactions

Comment déterminer si une réaction Redox est possible ?

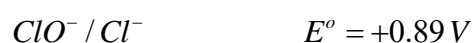
Soit la réaction



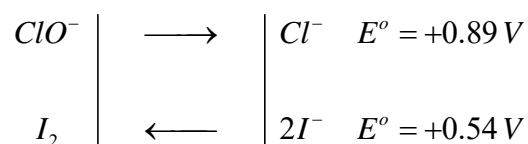
1) Déterminer l'espèce qui s'oxyde et celle qui se réduit.



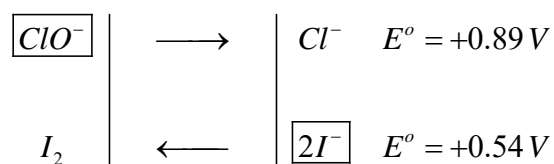
2) Déterminer les couples Oxy/Red et trouver les valeurs des potentiels normaux dans une table (Voir annexe)



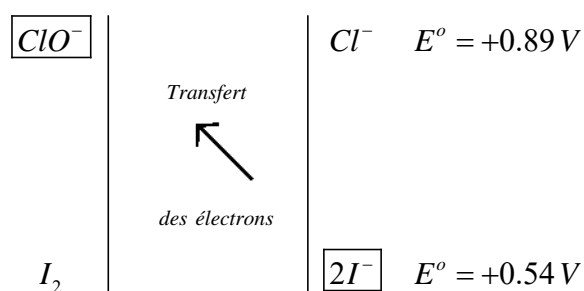
3) Disposer les couples par **valeur décroissante** de E°



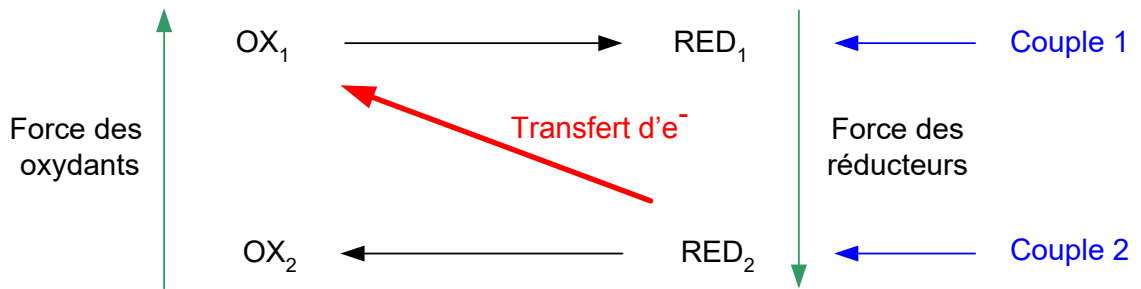
4) Identifier les espèces présentes au départ (= les réactifs)



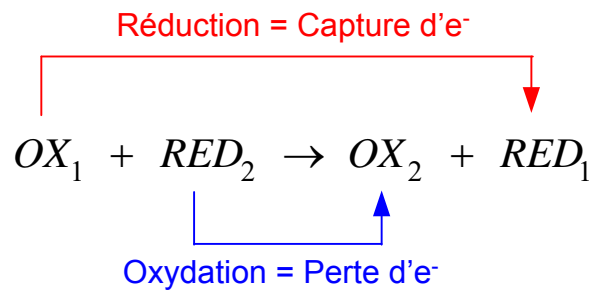
5) La réaction est possible si l'échange des électrons se fait **du bas-droit vers le haut-gauche**



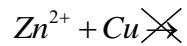
En résumé :



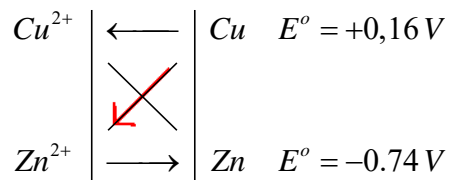
Ou bien



Exemple : La réaction suivante est impossible :



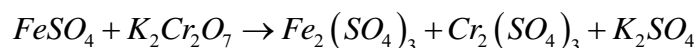
En effet :



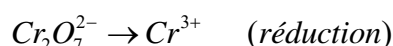
Méthode d'écriture des réactions.

Milieus acides.

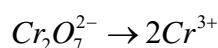
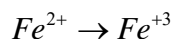
Soit à équilibrer



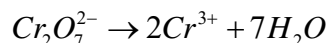
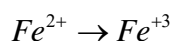
1. **Identifier** l'espèce qui s'oxyde et celle qui se réduit, puis séparer l'équation en deux équations qui représentent la demi-réaction d'oxydation ainsi que la demi-réaction de réduction.



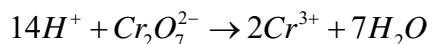
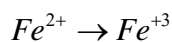
2. **Équilibrer** l'équation de chacune des demi-réactions en ce qui concerne **tous les éléments** autres que l'oxygène et l'hydrogène (pour autant que l'oxygène et l'hydrogène restent au même étage d'oxydation).



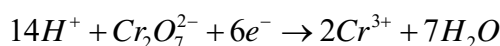
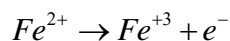
3. **Équilibrer** chaque demi-réaction en ce qui concerne l'oxygène. Pour ce faire, ajouter le nombre approprié de **H₂O** du côté **déficitaire en atomes d'oxygène**.



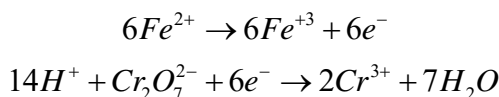
4. **Équilibrer** chaque équation de demi-réaction en ce qui concerne l'hydrogène en ajoutant le nombre approprié de **H⁺** du **côté déficitaire en atomes d'hydrogène**.



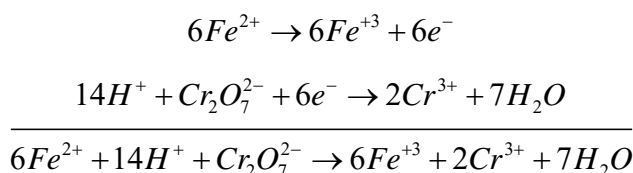
5. **Équilibrer** chaque équation de demi-réaction vis-à-vis des charges en ajoutant le nombre approprié d'**électrons** du côté où apparaissent des charges positives excédentaires.



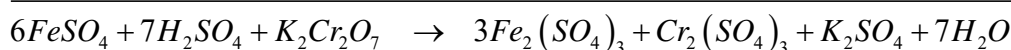
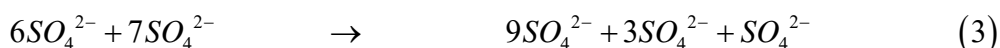
6. **Rendre égal** le nombre des électrons qui sont fournis par la demi-réaction d'oxydation à celui des électrons qui sont consommés par la demi-réaction de réduction (conservation des électrons).



7. Pour obtenir l'équation équilibrée globale, on **additionne** les équations équilibrées des deux demi-réactions en veillant à simplifier ou à combiner les termes semblables selon ce qui sied.



8. Écrire l'équation ainsi équilibrée en complétant avec les ions contenus dans la solution



Ligne (2) : Le $Cr_2O_7^{2-}$ introduit $2K^{+}$ qui se retrouvent de l'autre côté.

Ligne (3)

Membre de gauche : Les $6Fe^{2+}$ introduisent $6SO_4^{2-}$

Les $14H^{+}$ correspondent à $7SO_4^{2-}$

Total : $13SO_4^{2-}$

Membre de droite : Les $6Fe^{3+}$ demandent $9SO_4^{2-}$

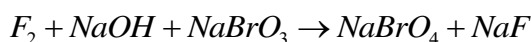
Les $2Cr^{3+}$ demandent $3SO_4^{2-}$

Les $2K^{+}$ (de la ligne (2)) demandent $1SO_4^{2-}$

Total : $13SO_4^{2-}$

Milieux basiques.

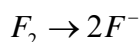
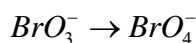
Equilibrer la réaction :



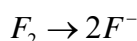
1. **Identifier** l'espèce qui s'oxyde et celle qui se réduit, puis séparer l'équation en deux équations qui représentent la demi-réaction d'oxydation ainsi que la demi-réaction de réduction.



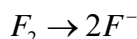
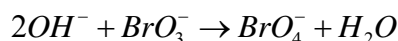
2. **Équilibrer** l'équation de chacune des demi-réactions en ce qui concerne **tous les éléments** autres que l'oxygène et l'hydrogène (pour autant que l'oxygène et l'hydrogène restent au même étage d'oxydation).



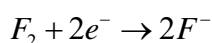
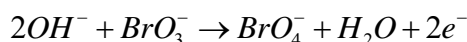
3. **Équilibrer** chaque demi-réaction en ce qui concerne l'oxygène. Pour ce faire, on commence par ajouter, du côté où il y a de l'**oxygène en excès**, un nombre de **H₂O** égal au nom de O en excès.



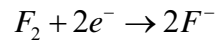
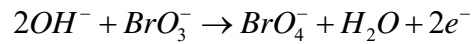
4. **Équilibrer** chaque équation de demi-réaction en ce qui concerne l'oxygène et l'hydrogène en ajoutant un nombre de **OH⁻** double par rapport au nombre de H₂O qui ont été rajoutées lors de l'étape 3, mais du **côté opposé** à celui où les H₂O ont été placés.



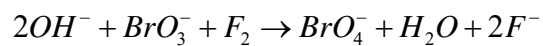
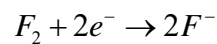
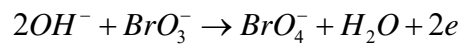
5. **Équilibrer** chaque équation de demi-réaction vis-à-vis des charges en ajoutant le nombre approprié d'**électrons** du côté où apparaissent des charges positives excédentaires.



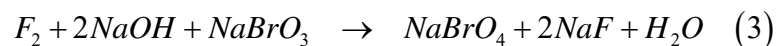
6. **Rendre égal** le nombre des électrons qui sont fournis par la demi-réaction d'oxydation à celui des électrons qui sont consommés par la demi-réaction de réduction (conservation des électrons).



7. Pour obtenir l'équation équilibrée globale, on **additionne** les équations équilibrées des deux demi-réactions en veillant à simplifier ou à combiner les termes semblables selon ce qui sied.



8. Écrire l'équation ainsi équilibrée en complétant avec les ions contenus dans la solution



Ligne (2) : les $2OH^-$ introduisent $2Na^+$

le BrO_3H^- introduit $1Na^+$

Equations Rédox

Identifier l'espèce qui s'oxyde et celle qui se réduit, puis séparer l'équation en deux équations qui représentent la demi-réaction d'oxydation ainsi que la demi-réaction de réduction.

Équilibrer l'équation de chacune des demi-réactions en ce qui concerne **tous les éléments** autres que l'oxygène et l'hydrogène (pour autant que l'oxygène et l'hydrogène restent au même étage d'oxydation).

Milieu acide

Milieu basique

Équilibrer chaque demi-réaction en ce qui concerne l'oxygène. Pour ce faire, ajouter le nombre approprié de H_2O du côté **déficitaire en atomes d'oxygène**.

Équilibrer chaque demi-réaction en ce qui concerne l'oxygène. Pour ce faire, on commence par ajouter, du côté où il y a de **l'oxygène en excès**, un nombre de H_2O égal au nom de O en excès.

Équilibrer chaque équation de demi-réaction en ce qui concerne l'hydrogène en ajoutant le nombre approprié de H^+ du **côté déficitaire en atomes d'hydrogène**.

Équilibrer chaque équation de demi-réaction en ce qui concerne l'oxygène et l'hydrogène en ajoutant un nombre de OH^- double par rapport au nombre de H_2O qui ont été rajoutées lors de l'étape 3, mais du **côté opposé** à celui où les H_2O ont été placés.

Équilibrer chaque équation de demi-réaction vis-à-vis des charges en ajoutant le nombre approprié d'**électrons** du côté où apparaissent des charges positives excédentaires.

Vérifier en utilisant les **nombres d'oxydation** que le nombre d'électrons échangés est correct.

Rendre égal le nombre des électrons qui sont fournis par la demi-réaction d'oxydation à celui des électrons qui sont consommés par la demi-réaction de réduction (conservation des électrons).

Pour obtenir l'équation équilibrée globale, on **additionne** les équations équilibrées des deux demi-réactions en veillant à simplifier ou à combiner les termes semblables selon ce qui sied.

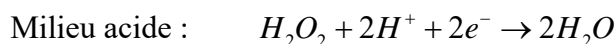
Écrire l'équation ainsi équilibrée en **complétant** avec les **ions** contenus dans la solution

Tableau 10.7 Potentiels standard à 298 K. (a) Échelle électrochimique

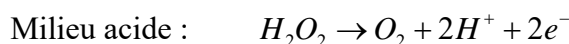
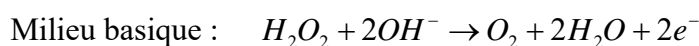
Demi-réaction de réduction	E°/V	Demi-réaction de réduction	E°/V
Oxydants forts			
$H_4XeO_6 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow XeO_3 + 3H_2O$	+3,0	$Sn^{4+} + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}$	+0,15
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	+2,87	$AgBr + e^- \rightarrow Ag + Br^-$	+0,07
$O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow O_2 + H_2O$	+2,07	$Ti^{4+} + e^- \rightarrow Ti^{3+}$	0,00
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$	+2,05	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0, par définition
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+1,98	$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$	-0,04
$Co^{3+} + e^- \rightarrow Co^{2+}$	+1,81	$O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow HO_2^- + OH^-$	-0,08
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	+1,78	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0,13
$Au^+ + e^- \rightarrow Au$	+1,69	$In^+ + e^- \rightarrow In$	-0,14
$Pb^{4+} + 2e^- \rightarrow Pb^{2+}$	+1,67	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0,14
$2HClO + 2H^+ + 2e^- \rightarrow Cl_2 + 2H_2O$	+1,63	$AgI + e^- \rightarrow Ag + I^-$	-0,15
$Ce^{4+} + e^- \rightarrow Ce^{3+}$	+1,61	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,23
$2HBrO + 2H^+ + 2e^- \rightarrow Br_2 + 2H_2O$	+1,60	$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	-0,28
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,51	$In^{3+} + 3e^- \rightarrow In$	-0,34
$Mn^{3+} + e^- \rightarrow Mn^{2+}$	+1,51	$Tl^+ + e^- \rightarrow Tl$	-0,34
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	+1,40	$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	-0,36
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	+1,36	$Ti^{3+} + e^- \rightarrow Ti^{2+}$	-0,37
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-0,40
$O_3 + H_2O + 2e^- \rightarrow O_2 + 2OH^-$	+1,24	$In^{2+} + e^- \rightarrow In^+$	-0,40
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1,23	$Cr^{3+} + e^- \rightarrow Cr^{2+}$	-0,41
$ClO_4^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow ClO_3^- + H_2O$	+1,23	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0,44
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	+1,23	$In^{3+} + 2e^- \rightarrow In^+$	-0,44
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	+1,09	$S + 2e^- \rightarrow S^{2-}$	-0,48
$Pu^{3+} + e^- \rightarrow Pu^{2+}$	+0,97	$In^{3+} + e^- \rightarrow In^{2+}$	-0,49
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$	+0,96	$U^{4+} + e^- \rightarrow U^{3+}$	-0,61
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}$	+0,92	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0,74
$ClO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2OH^-$	+0,89	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,76
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	+0,86	$Cd(OH)_2 + 2e^- \rightarrow Cd + 2OH^-$	-0,81
$NO_3^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow NO_2 + H_2O$	+0,80	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	-0,83
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0,80	$Cr^{2+} + 2e^- \rightarrow Cr$	-0,91
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Hg$	+0,79	$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	-1,18
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0,77	$V^{2+} + 2e^- \rightarrow V$	-1,19
$BrO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Br^- + 2OH^-$	+0,76	$Ti^{2+} + 2e^- \rightarrow Ti$	-1,63
$Hg_2SO_4 + 2e^- \rightarrow 2Hg + SO_4^{2-}$	+0,62	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1,66
$MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$	+0,60	$U^{3+} + 3e^- \rightarrow U$	-1,79
$MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$	+0,56	$Sc^{3+} + 3e^- \rightarrow Sc$	-2,09
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	+0,54	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,36
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	+0,52	$Ce^{3+} + 3e^- \rightarrow Ce$	-2,48
$I_3^- + 2e^- \rightarrow 3I^-$	+0,53	$La^{3+} + 3e^- \rightarrow La$	-2,52
$NiOOH + H_2O + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$	+0,49	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2,71
$Ag_2CrO_4 + 2e^- \rightarrow 2Ag + CrO_4^{2-}$	+0,45	$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$	-2,87
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	+0,40	$Sr^{2+} + 2e^- \rightarrow Sr$	-2,89
$ClO_4^- + H_2O + 2e^- \rightarrow ClO_3^- + 2OH^-$	+0,36	$Ba^{2+} + 2e^- \rightarrow Ba$	-2,91
$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$	+0,36	$Ra^{2+} + 2e^- \rightarrow Ra$	-2,92
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0,34	$Cs^+ + e^- \rightarrow Cs$	-2,92
$Hg_2Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Hg + 2Cl^-$	+0,27	$Rb^+ + e^- \rightarrow Rb$	-2,93
$AgCl + e^- \rightarrow Ag + Cl^-$	+0,22	$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2,93
$Bi^{3+} + 3e^- \rightarrow Bi$	+0,20	$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-3,05
$Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$	+0,16		

Cas particulier : L'eau oxygénée

Réduction (Oxydant)



Oxydation (Réducteur)



Potentiels standard de réduction de diverses solutions aqueuses à 25 °C

<u>Solutions acides</u>		
Éléments	Demi-réaction	E° /volts
Aluminium	$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
Argent	$\text{AgO}(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{Ag}_2\text{O}(\text{s}) + 1/2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,40
	$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	0,799
	$\text{AgCl}(\text{s}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	0,222
	$\text{AgBr}(\text{s}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + \text{Br}^-(\text{aq})$	0,071
	$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$	0,017
	$\text{AgI}(\text{s}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + \text{I}^-(\text{aq})$	-0,152
	Azote	$\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$2\text{NO}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$		1,59
$\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$		1,00
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$		0,96
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$		0,94
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$		0,80
Baryum	$\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}(\text{s})$	-2,912
Bérylium	$\text{Be}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Be}(\text{s})$	-1,85
Brome	$\text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{BrO}_2(\text{l}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,52
	$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,065
	$\text{Br}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 3\text{Br}^-(\text{aq})$	1,051
Cadmium	$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{s})$	-0,402
Calcium	$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{s})$	-2,868
	$\text{CaSO}_4(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	-2,936
Cérium	$\text{Ce}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ce}(\text{s})$	-2,335
	$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	1,65
Césium	$\text{Cs}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cs}(\text{s})$	-2,923
Chlore	$\text{HClO}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,63
	$\text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{Cl}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,47
	$\text{Cl}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,395
	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,358
	$\text{ClO}_4^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,19
	Chrome	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}(\text{aq})$		-0,41
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$		-0,74
$\text{Cr}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$		-0,91
Cobalt	$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	1,81
	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}(\text{aq})$	0,1
	$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}(\text{s})$	-0,277
Cuivre	$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,518
	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,337
	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(\text{aq})$	0,159
	$\text{CuCl}(\text{s}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	0,137
	$\text{CuI}(\text{s}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + \text{I}^-(\text{aq})$	-0,185
	$\text{Cu}(\text{CN})_2^-(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + 2\text{CN}^-(\text{aq})$	-0,429

	$\text{CuCN}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s) + \text{CN}^-(aq)$	-0,639
Étain	$\text{Sn}^{4+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(aq)$	0,154
	$\text{Sn}(\text{OH})_4(s) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$	-0,008
	$\text{Sn}(\text{OH})_2(s) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	-0,091
	$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0,136
	$\text{Sn}(\text{OH})_4(s) + \text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{OH})_3^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(aq)$	-0,349
Fer	$\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(aq)$	0,770
	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}(aq)$	0,356
	$\text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,440
Fluor	$\text{F}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(aq)$	2,87
Gadolinium	$\text{Gd}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Gd}(s)$	-2,40
Gallium	$\text{Ga}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ga}(s)$	-0,560
Hydrogène	$2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	0,000
	$\text{H}_2(g) + 2e^- \rightarrow \text{H}^-(aq)$	-2,25
Iode	$\text{IO}_3^-(aq) + 6\text{H}^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons 1/2\text{I}_2(s) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$	1,195
	$\text{I}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(aq)$	0,536
	$\text{I}_3^-(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 3\text{I}^-(aq)$	0,536
Lanthane	$\text{La}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{La}(s)$	-2,52
Lithium	$\text{Li}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Li}(s)$	-3,045
Magnésium	$\text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}(s)$	-2,36
Manganèse	$\text{MnO}_4^-(aq) + 4\text{H}^+(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	1,695
	$\text{Mn}^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}(aq)$	1,542
	$\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons \text{MnO}^{2+}(s) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$	1,51
	$\text{MnO}_2(s) + 4\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	1,229
	$\text{MnO}_4^-(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}(aq)$	0,558
	$\text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}(s)$	-1,182
Mercure	$2\text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}(aq)$	0,908
	$\text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(l)$	0,854
	$\text{Hg}_2^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l)$	0,792
	$\text{HgSO}_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$	0,614
	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + 2\text{Cl}^-(aq)$	0,268
	$\text{Hg}_2\text{Br}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + 2\text{Br}^-(aq)$	0,140
Nickel	$\text{Ni}(\text{OH})_3(s) + 3\text{H}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+}(aq) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$	2,08
	$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0,231
Or	$\text{Au}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s)$	1,692
	$\text{Au}^{3+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Au}^+(aq)$	1,401
	$\text{AuCl}_2^-(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 2\text{Cl}^-(aq)$	1,154
	$\text{AuCl}_4^-(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 2\text{Cl}^-(aq)$	0,926
Oxygène	$\text{O}_3(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{O}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$	2,07
	$1/2\text{O}_2(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(l)$	1,229
	$\text{O}_2(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2(l)$	0,682
Palladium	$\text{Pd}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pd}(s)$	0,915
Phosphore	$\text{H}_3\text{PO}_4(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	-0,276
	$\text{H}_3\text{PO}_3(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	-0,50
Platine	$\text{Pt}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt}(s)$	1,188
Plomb	$\text{PbO}_2(s) + 4\text{H}^+(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	1,685
	$\text{PbO}_2(s) + 4\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	1,455
	$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s)$	-0,126
	$\text{PbF}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s) + 2\text{F}^-(aq)$	-0,350
	$\text{PbSO}_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$	-0,355
Potassium	$\text{K}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{K}(s)$	-2,925
Rubidium	$\text{Rb}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Rb}(s)$	-2,924
Scandium	$\text{Sc}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Sc}(s)$	-2,08
Sodium	$\text{Na}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-2,713
Soufre	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(aq)$	2,01

	$S_2O_6^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2SO_3$	0,57
	$2H_2SO_3(aq) + 2H^+(aq) + 4e^- \rightleftharpoons S_2O_3^{2-}(aq) + 3H_2O(l)$	0,40
	$S_2O_6^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2S_2O_3^{2-}(aq)$	0,08
Strontium	$Sr^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Sr(s)$	-2,886
Thallium	$Tl^{3+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Tl^+(aq)$	1,28
	$Tl^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Tl(s)$	-0,336
	$TlCl(s) + e^- \rightleftharpoons Tl(s) + Cl^-(aq)$	-0,557
Vanadium	$VO_2^+(aq) + 2H^+(aq) + e^- \rightleftharpoons VO^{2+}(aq) + H_2O(l)$	1,000
	$VO^{2+}(aq) + 2H^+(aq) + e^- \rightleftharpoons V^{3+}(aq) + H_2O(l)$	0,337
	$V^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons V^{2+}(aq)$	-0,24
	$V^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons V(s)$	-1,18
Zinc	$ZnO(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + H_2O(l)$	-0,439
	$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	-0,764
	$Zn(NH_3)_4^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + 4NH_3(aq)$	-1,04
	$ZnCO_3(s) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + CO_3^{2-}(aq)$	-1,06
	$ZnS(s) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + S^{2-}(aq)$	-1,405

Références : L.G. Sillén et A.E. Martell, *Stability Constants of Metal-Ion Complexes*, Londres : The Chemical Society, Special Publications n°s 17 et 25, 1964 et 1971 ; G. Milazzo et S. Caroli, *Table of Standard Electrode Potentials* (New York : Wiley, 1978) ; T. Mussini, P. Longhi et S. Rondinini, *Pure Appl. Chem.*, **57**, 169 (1985).

Solutions basiques

Éléments	Demi-réaction	E° /volts
Aluminium	$Al(OH)_4^-(aq) + 3e^- \rightleftharpoons Al(s) + 4OH^-(aq)$	-2,33
Brome	$BrO^-(aq) + H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons Br^-(aq) + 2OH^-(aq)$	0,76
	$BrO_3^-(aq) + 3H_2O(l) + 6e^- \rightleftharpoons Br^-(aq) + 6OH^-(aq)$	0,61
Chlore	$ClO^-(aq) + H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons Cl^-(aq) + 2OH^-(aq)$	0,89
Chrome	$CrO_4^{2-}(aq) + 4H_2O(l) + 3e^- \rightleftharpoons Cr(OH)_3(s) + 5OH^-(aq)$	-0,13
Cobalt	$Co(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Co(s) + 2OH^-(aq)$	-0,73
Cuivre	$Cu(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s) + 2OH^-(aq)$	-0,222
Fer	$Fe(OH)_3(s) + e^- \rightleftharpoons Fe(OH)_2(s) + OH^-(aq)$	-0,56
Hydrogène	$H_2O(l) + e^- \rightleftharpoons 1/2H_2(g) + OH^-(aq)$	-0,828
Indium	$In(OH)_3(s) + 3e^- \rightleftharpoons In(s) + 3OH^-(aq)$	-1,00
Iode	$IO_3^-(aq) + 3H_2O(l) + 6e^- \rightleftharpoons I^-(aq) + 6OH^-(aq)$	0,26
Magnésium	$Mg(OH)^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s) + OH^-(aq)$	-2,440
	$Mg(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s) + 2OH^-(aq)$	-2,690
Manganèse	$Mn(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Mn(s) + 2OH^-(aq)$	-1,55
Mercure	$HgO(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons Hg(l) + 2OH^-(aq)$	0,10
Nickel	$Ni(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Ni(s) + 2OH^-(aq)$	-0,72
Oxygène	$O_3(g) + H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons O_2(g) + 2OH^-(aq)$	1,24
	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-(aq)$	0,40
Plomb	$3PbO_2(s) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons Pb_3O_4(s) + 4OH^-(aq)$	0,295
	$Pb_3O_4(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons 3PbO(s) + 2OH^-(aq)$	0,249
Soufre	$2SO_3^{2-}(aq) + 3H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons S_2O_3^{2-}(aq) + 6OH^-(aq)$	-0,58
	$SO_3^{2-}(aq) + 3H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons S(s) + 6OH^-(aq)$	-0,66
	$SO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^{2-}(aq) + 2OH^-(aq)$	-0,93
	$2SO_3^{2-}(aq) + 2H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons S_2O_4^{2-}(aq) + 4OH^-(aq)$	-1,12
Zinc	$Zn(OH)_3^-(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + 2OH^-(aq)$	-1,183
	$Zn(OH)_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + 4OH^-(aq)$	-1,214
	$Zn(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + 2OH^-(aq)$	-1,245
	$ZnS(s) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) + S^{2-}(aq)$	-1,405

Références : L.G. Sillén et A.E. Martell, *Stability Constants of Metal-Ion Complexes*, Londres : The Chemical Society, Special Publications n°s 17 et 25, 1964 et 1971 ; G. Milazzo et S. Caroli, *Table of Standard Electrode Potentials* (New York : Wiley, 1978) ; T. Mussini, P. Longhi et S. Rondinini, *Pure Appl. Chem.*, **57**, 169 (1985).

Exercices

Série A

Equilibrer

1. $FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow FeCl_2 + SnCl_4$
2. $KBr + NaOCl + H_2O \rightarrow Br_2 + NaCl + KOH$
3. $KClO_3 + P + H_2SO_4 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + K_2SO_4 + Cl_2$
4. $H_2SeO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_2SeO_4 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$
5. $KClO_3 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + KCl + H_2O$
6. $FeCl_2 + HNO_3 + HCl \rightarrow FeCl_3 + HNO_2 + H_2O$
7. $MnSO_4 + KNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2MnO_4 + KNO_2 + CO_2 + Na_2SO_4$
8. $KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + O_2$
9. $NaOH + Cl_2 \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$
10. $Ag + HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO + H_2O$
11. $HCl + HNO_3 \rightarrow H_2O + Cl_2 + ClNO$
12. $MnO_2 + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + Mn_2O_3 + H_2O$
13. $Cr_2O_3 + NaNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2CrO_4 + CO_2 + NaNO_2$
14. $MnSO_4 + KIO_4 + H_2O + K_2SO_4 \rightarrow KMnO_4 + KIO_3 + H_2SO_4$
15. $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$
16. $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O + O_2$
17. $As_2O_3 + H_2O + I_2 \rightarrow As_2O_5 + HI$
18. $KI + K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 + I_2 + K_2CrO_4$

Série B

1. $CuO + Mg \rightarrow$
2. $Al_2O_3 + Mg \rightarrow$

3. $Mn_3O_4 + Al \rightarrow$
4. $CO_2 + Mg \rightarrow$
5. $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow$
6. $Al + HCl \rightarrow$
7. $C_6H_6 + O_2 \rightarrow$ Combustion complète
8. $Al_2O_3 + C \rightarrow$ Carburation de l'aluminium
9. $CH_4 + O_2 \rightarrow$ Combustion incomplète

Série C

Complétez et équilibrez (entre parenthèse figurent le milieu ainsi que les contre-ions conseillés).

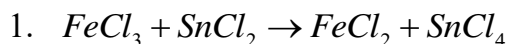
- a) $MnO_4^- + (COOH)_2 \rightarrow Mn^{2+} + CO_2$ (Acide, SO_4^{2-} , K^+)
- b) $MnO_4^- + HCCOH_2 \rightarrow Mn^{2+} + CO_2$ (Acide, SO_4^{2-} , K^+)
- c) $Cr_2O_7^{2-} + C \rightarrow Cr^{3+} + CO_2$ (Acide, SO_4^{2-} , K^+)
- d) $I_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_4^{2-} + I^-$ (Na^+)
- e) $Br_2 + SO_2 \rightarrow Br^- + SO_4^{2-}$ (Légèrement acide)
- f) $ClO^- + I^- \rightarrow Cl^- + I_2$ (Acide, Na^+ , SO_4^{2-})
- g) $BrO^- + NH_3 \rightarrow Br^- + N_2$ (Basique, Na^+)
- h) $H_2O_2 + Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$ (Basique, Na^+ , SO_4^{2-})
- i) $H_2O_2 + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-}$ (Basique, K^+ , Cl^-)
- j) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu^{2+} + NO_2$
- k) $Zn + HNO_3 \rightarrow Zn^{2+} + NH_4^+$
- l) $Ag + CN^- + O_2 \rightarrow Ag(CN)_2^- + OH^-$ (Légèrement basique, K^+)
- m) $IO_3^- + SO_3^{2-} \rightarrow I_2 + SO_4^{2-}$ (Acide, K^+)

Série D

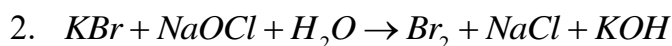
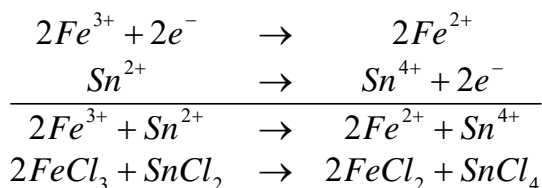
Complétez et équilibrez (entre parenthèse figurent le milieu ainsi que les contre-ions conseillés).

- a) $MnO_4^- + Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$ (Acide, K^+ , Cl^-)
- b) $MnO_4^- + ClO_2^- \rightarrow MnO_2 + ClO_4^-$ (Basique, K^+)
- c) $MnO_4^- + NO_2^- \rightarrow MnO_2 + NO_3^-$ (Basique, K^+)
- d) $Cr_2O_7^{2-} + Sn^{2+} \rightarrow Cr^{3+} + Sn^{4+}$ (Acide, K^+ , Cl^-)
- e) $Cr_2O_7^{2-} + S^{2-} \rightarrow Cr^{3+} + SO_4^{2-}$ (Acide, K^+ , SO_4^{2-})
- f) $I_2 + S^{2-} \rightarrow I^- + S$ (Acide)
- g) $Cl_2 + S^{2-} \rightarrow Cl^- + SO_4^{2-}$ (Acide)
- h) $Cl_2 + CrI_3 \rightarrow Cl^- + CrO_4^- + IO_3^-$ (Basique, K^+)
- i) $I_2 + AsO_2^- \rightarrow I^- + AsO_4^{3-}$ (Légèrement basique, Na^+)
- j) $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn(OH)_4^{2-} + NH_3$ (Basique, K^+)
- k) $NiO_2 + Fe \rightarrow Ni^{2+} + Fe^{3+}$ (Basique)
- l) $Fe_2O_3 + Al \rightarrow Fe + Al^{3+}$
- m) $Al + H_2O \rightarrow AlO_2^- + H_2$ (Basique, K^+)
- n) $CuS + HNO_3 \rightarrow Cu^{2+} + S + NO$
- o) $H_2O_2 + PbS \rightarrow PbSO_4$ (Acide)
- p) $AsO_4^{3-} + I^- \rightarrow I_2 + AsO_3^{3-}$ (Acide, Na^+ , SO_4^{2-})
- q) $BiO_3^- + Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^- + Bi^{3+}$ (Acide, K^+ , NO_3^-)
- r) $ClO^- + CrO_2^- \rightarrow Cl^- + CrO_4^{2-}$ (Basique, K^+)
- s) $ClO_3^- + As_2S_3 \rightarrow Cl^- + S + AsO_4^{3-}$ (Acide, K^+)
- t) $PbO_2 + Mn^{2+} \rightarrow PbO + MnO_4^-$ (Basique, K^+ , Cl^-)

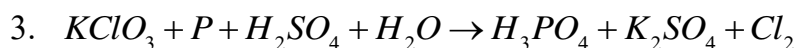
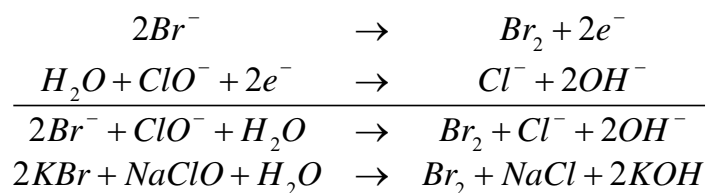
Série A



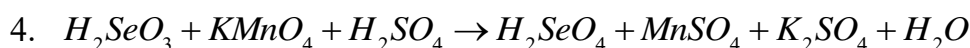
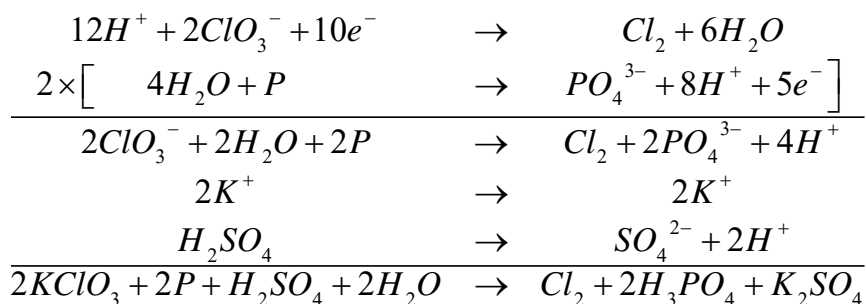
Milieu acide



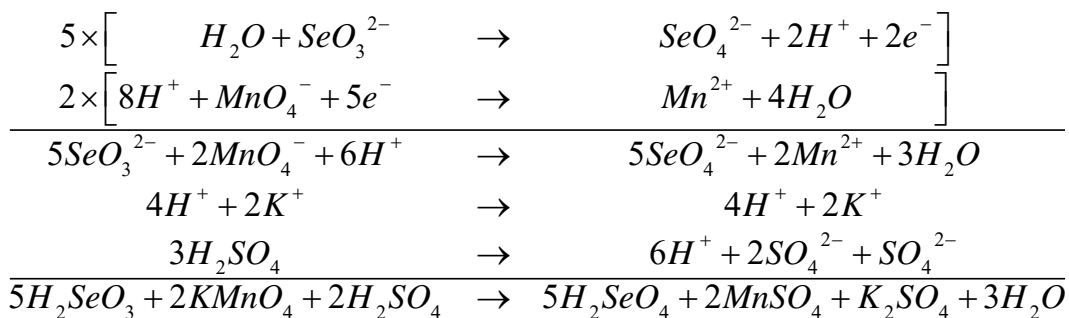
Milieu Basique

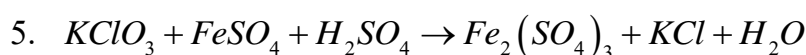


Milieu acide

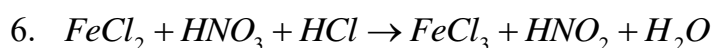
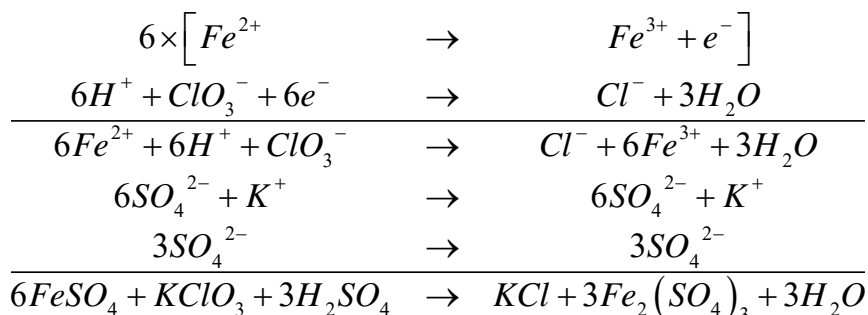


Milieu acide

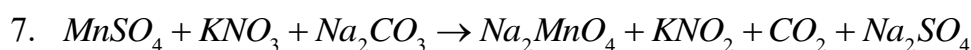
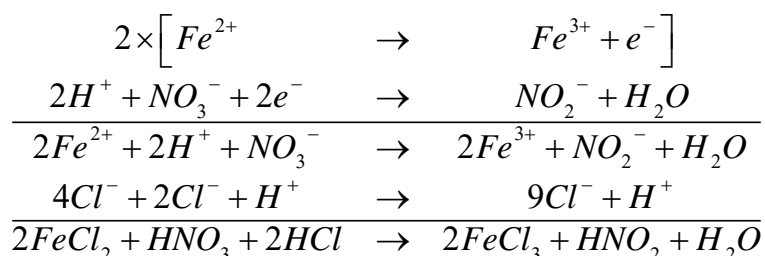




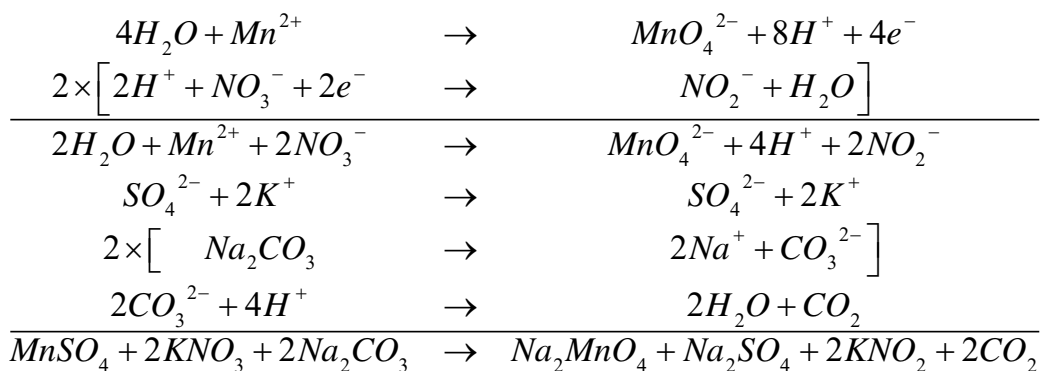
Milieu acide

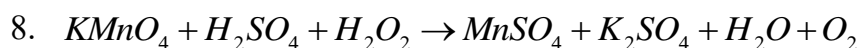


Milieu acide

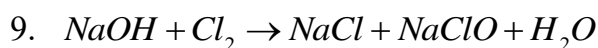
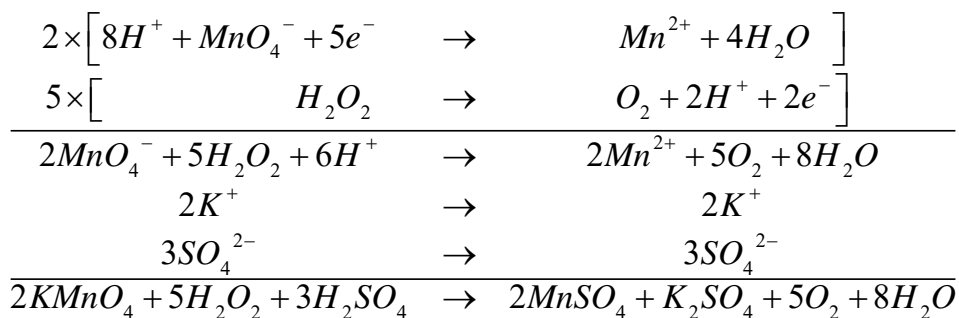


Milieu acide

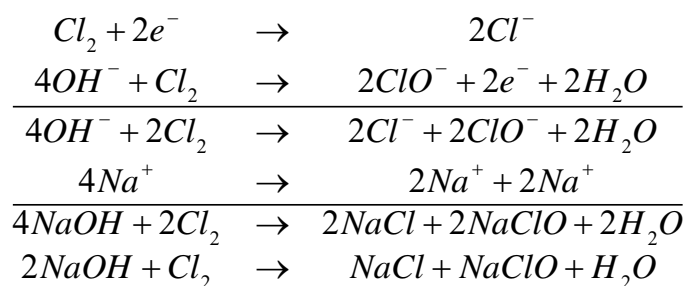




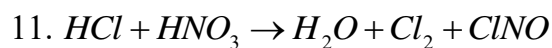
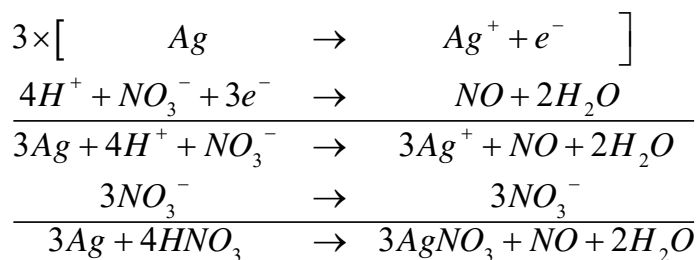
Milieu acide



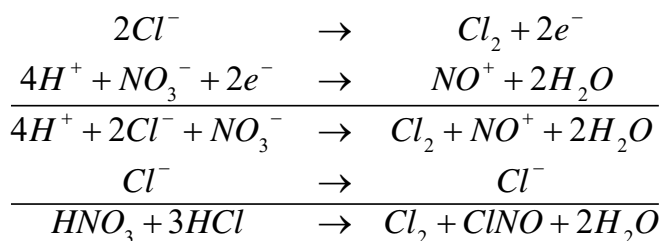
Milieu basique

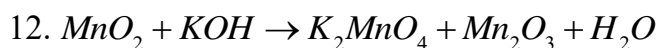


Milieu acide

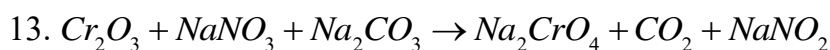
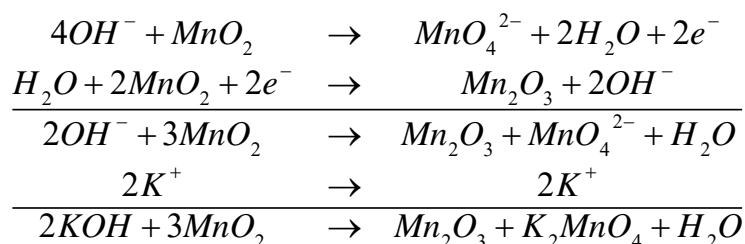


Milieu acide

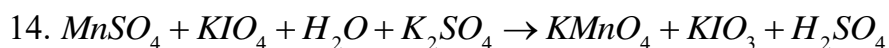
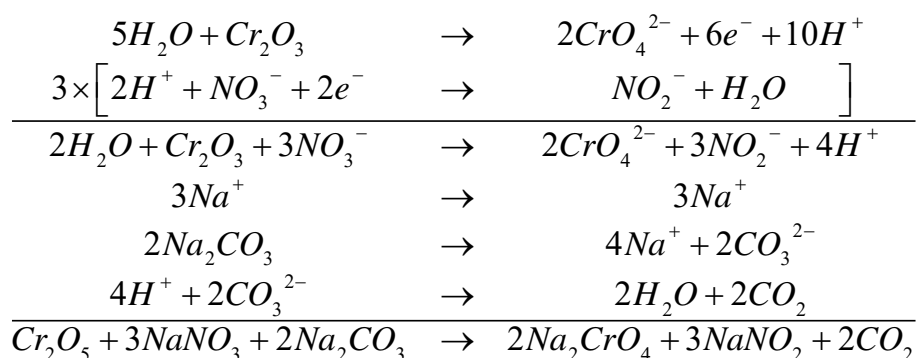




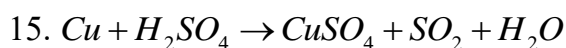
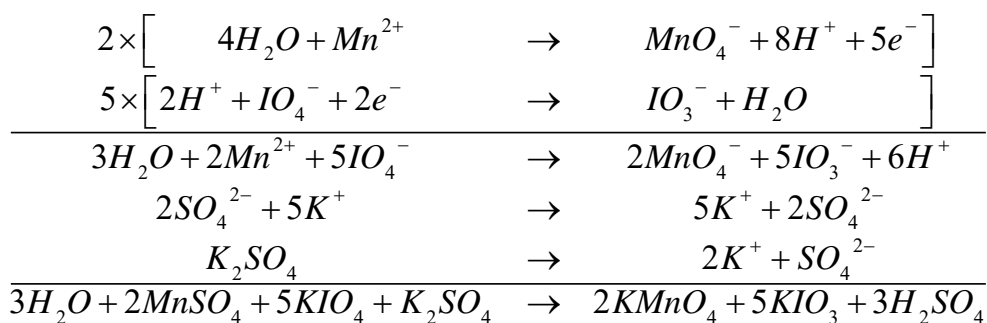
Milieu basique



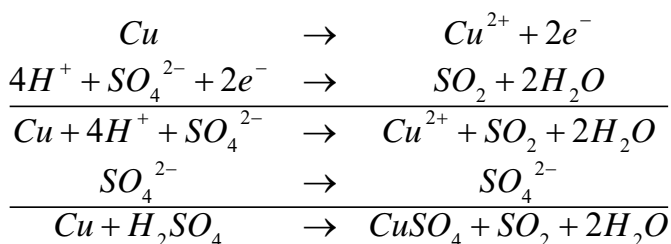
Milieu acide

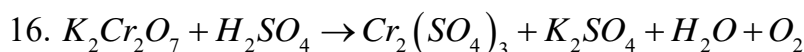


Milieu acide

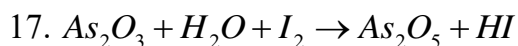
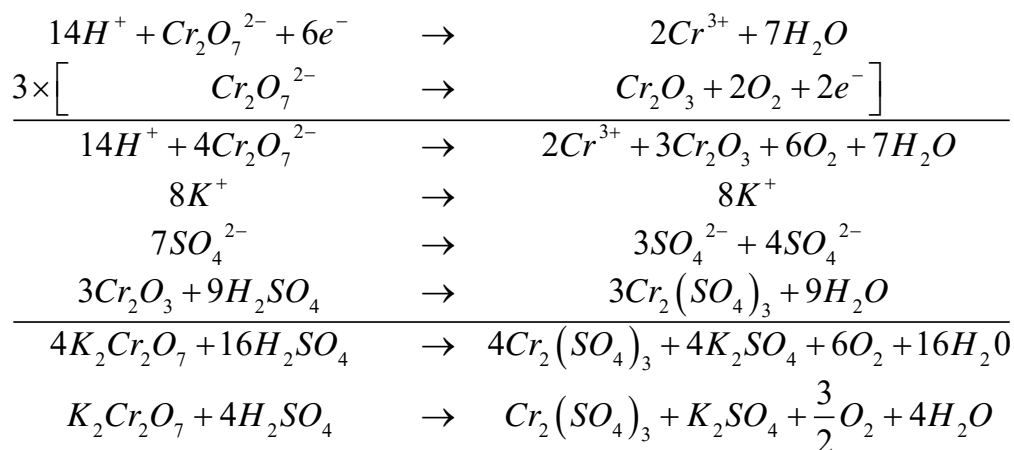


Milieu acide

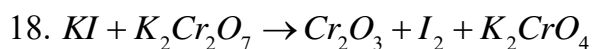
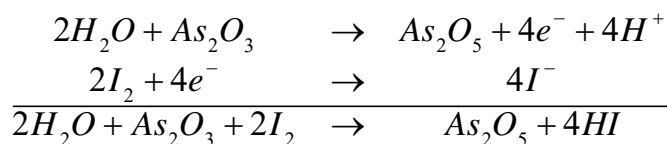




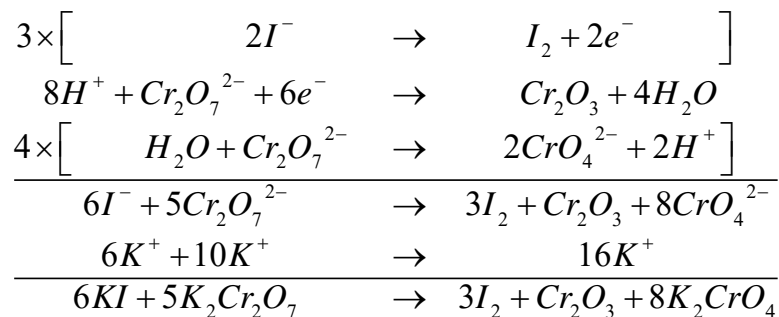
Milieu acide



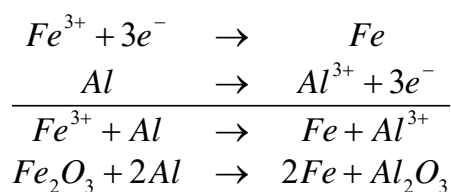
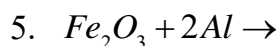
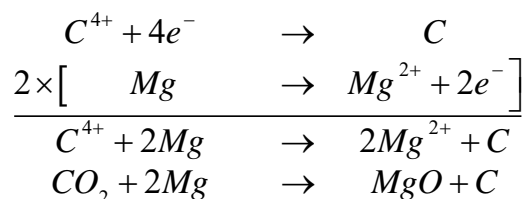
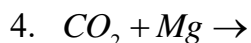
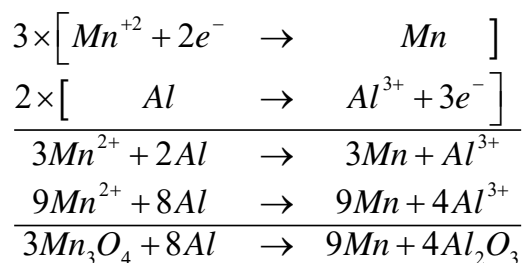
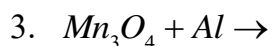
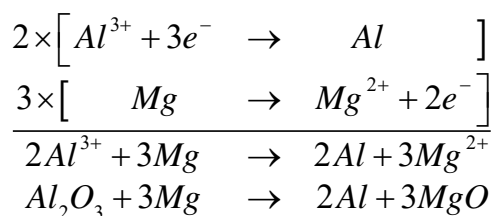
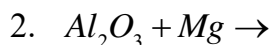
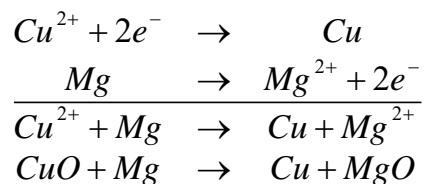
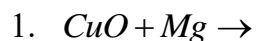
Milieu acide

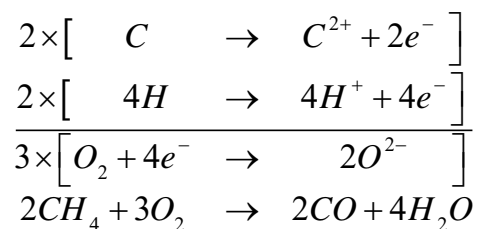
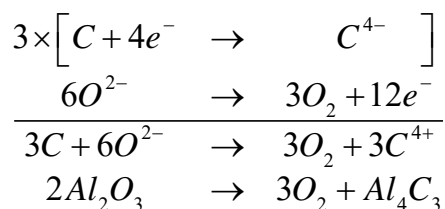
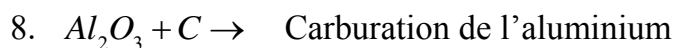
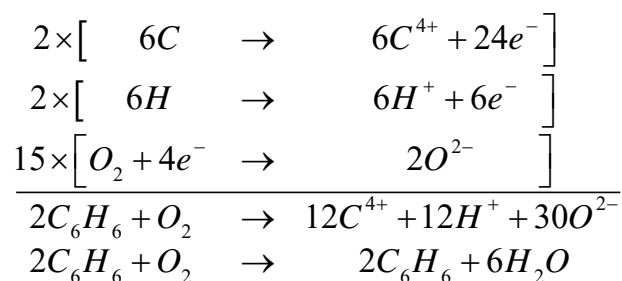
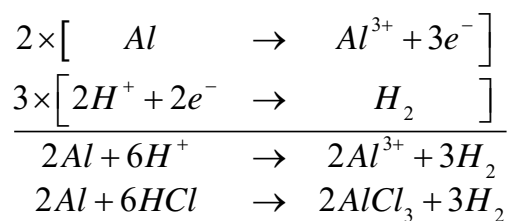
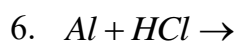


Milieu acide

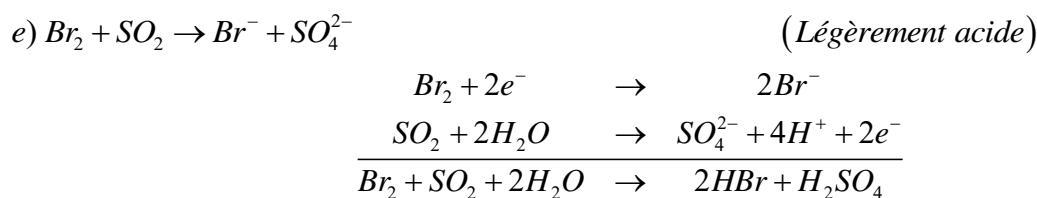
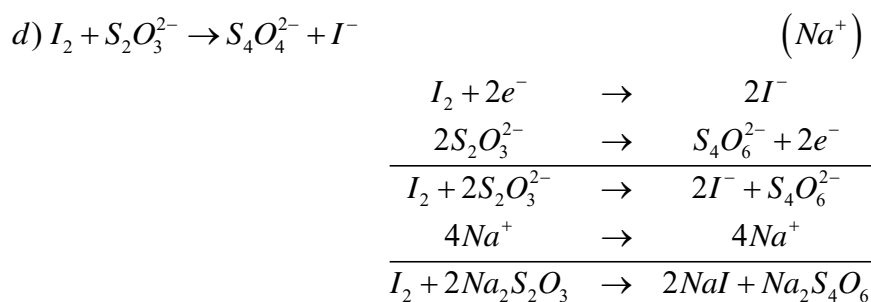
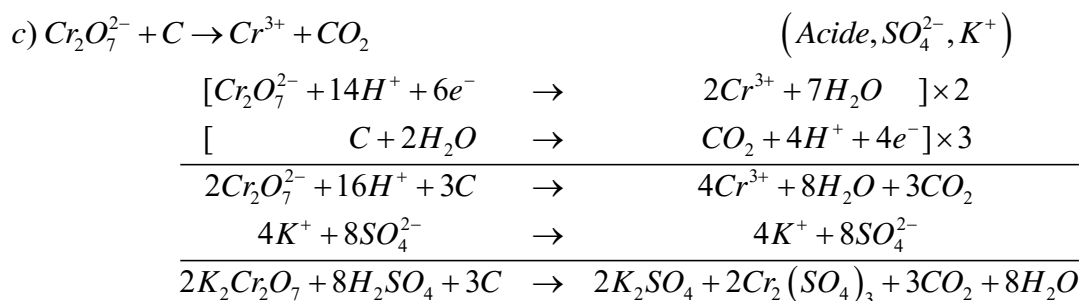
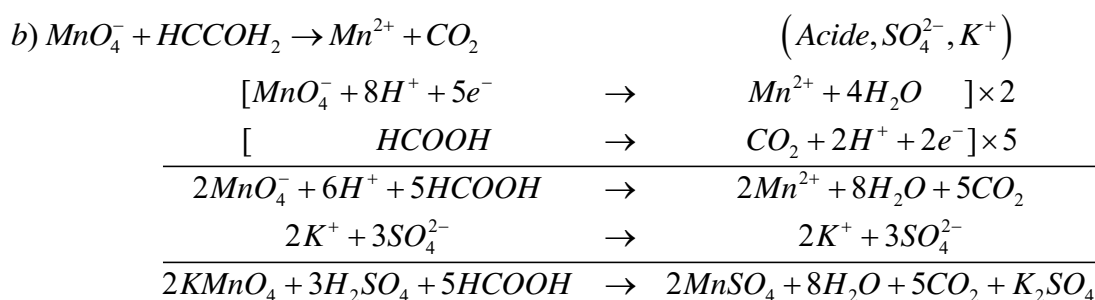
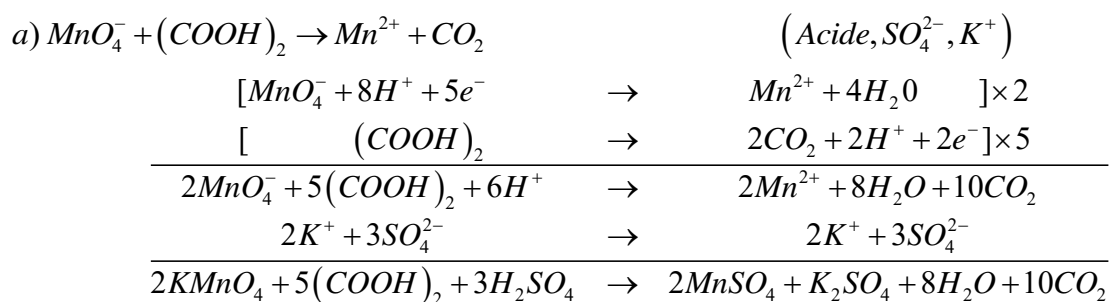


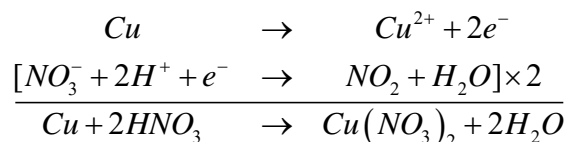
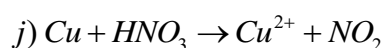
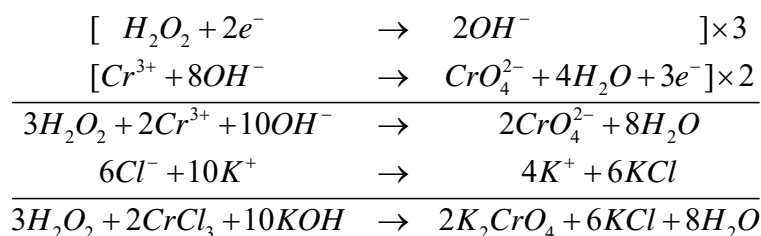
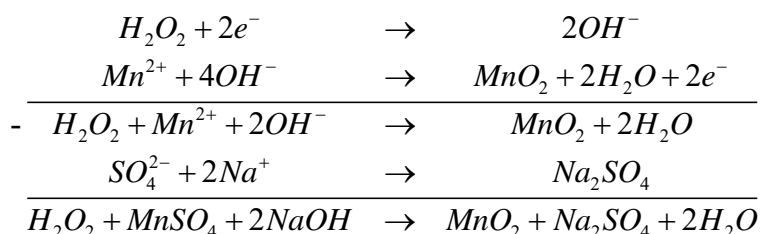
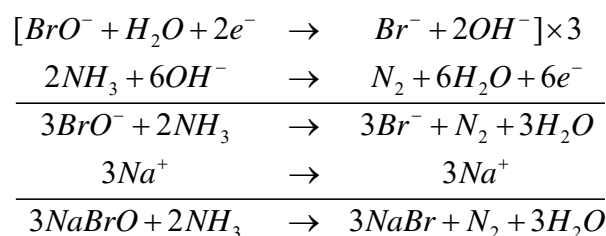
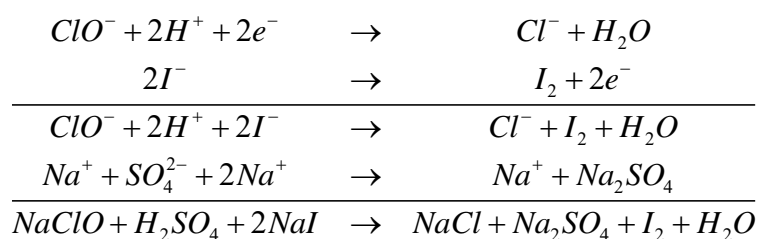
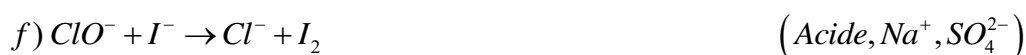
Série B

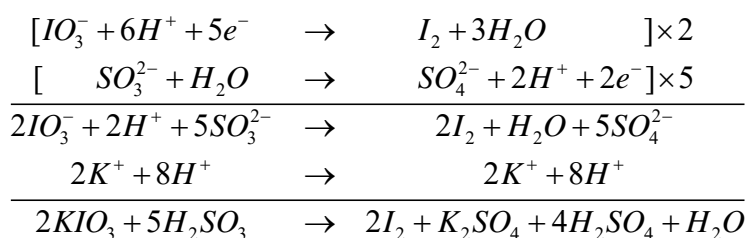
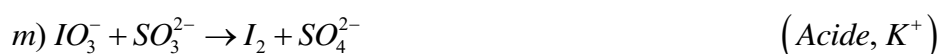
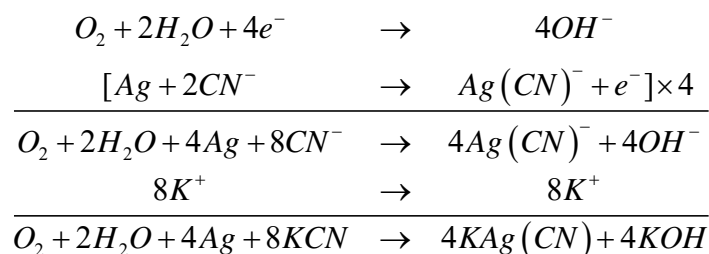
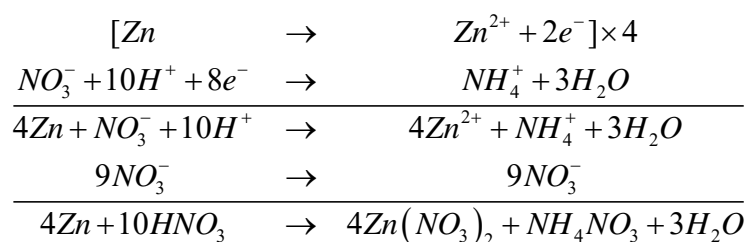
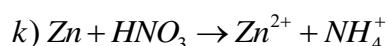




Série C







Série D

