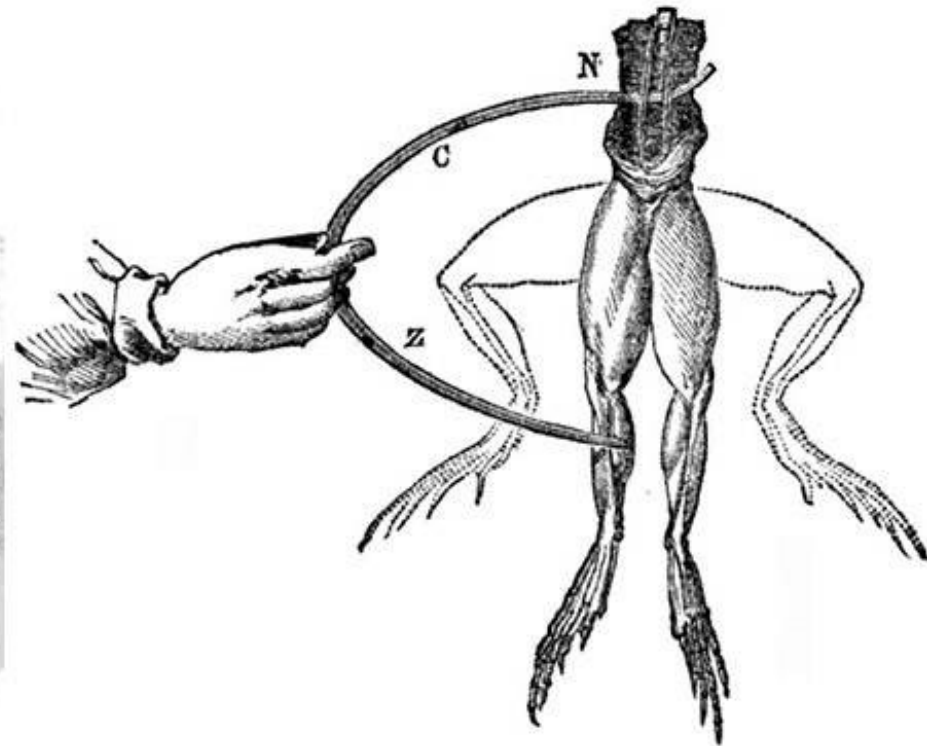
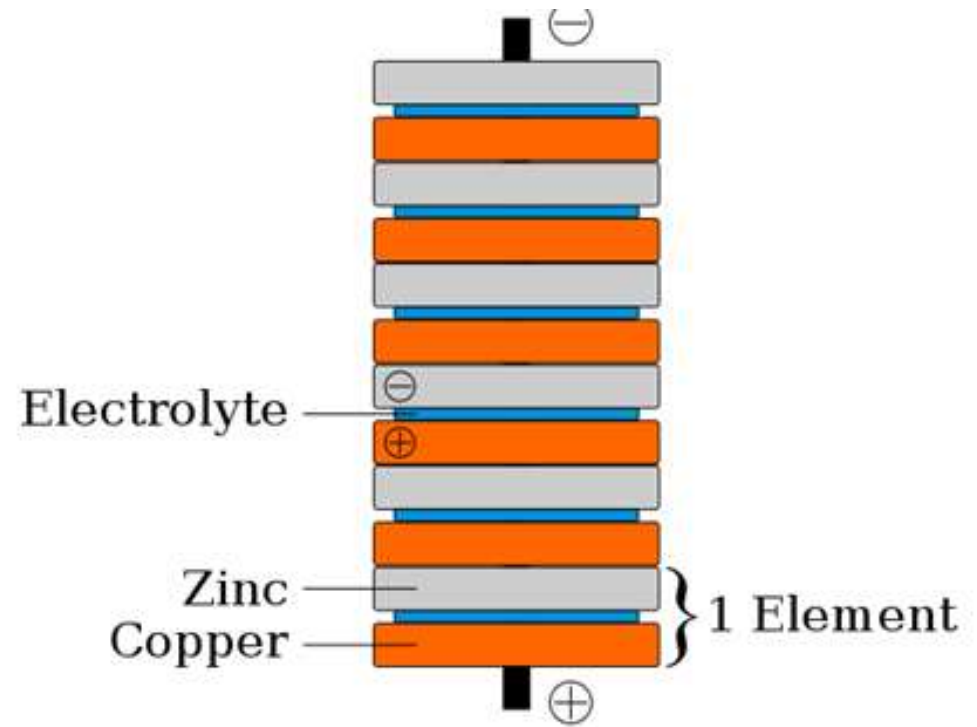


Galvani



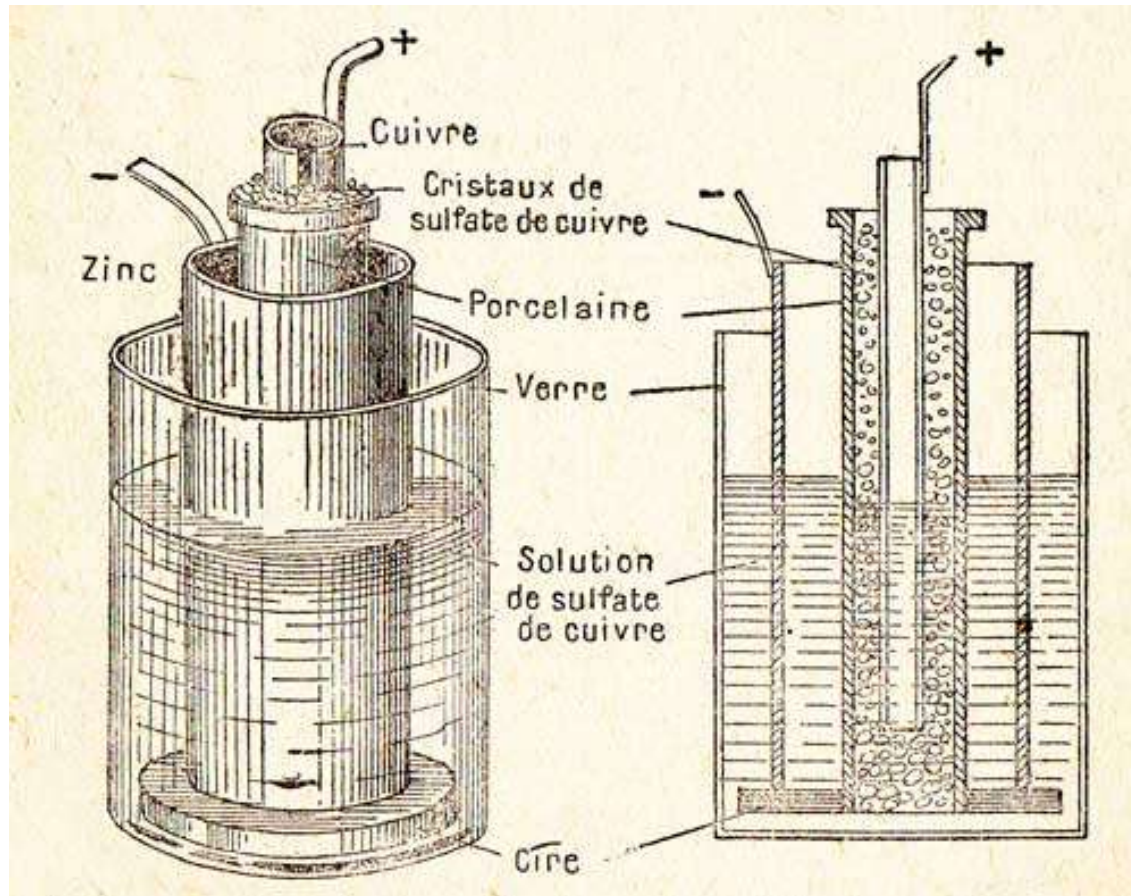
Volta



Ritter



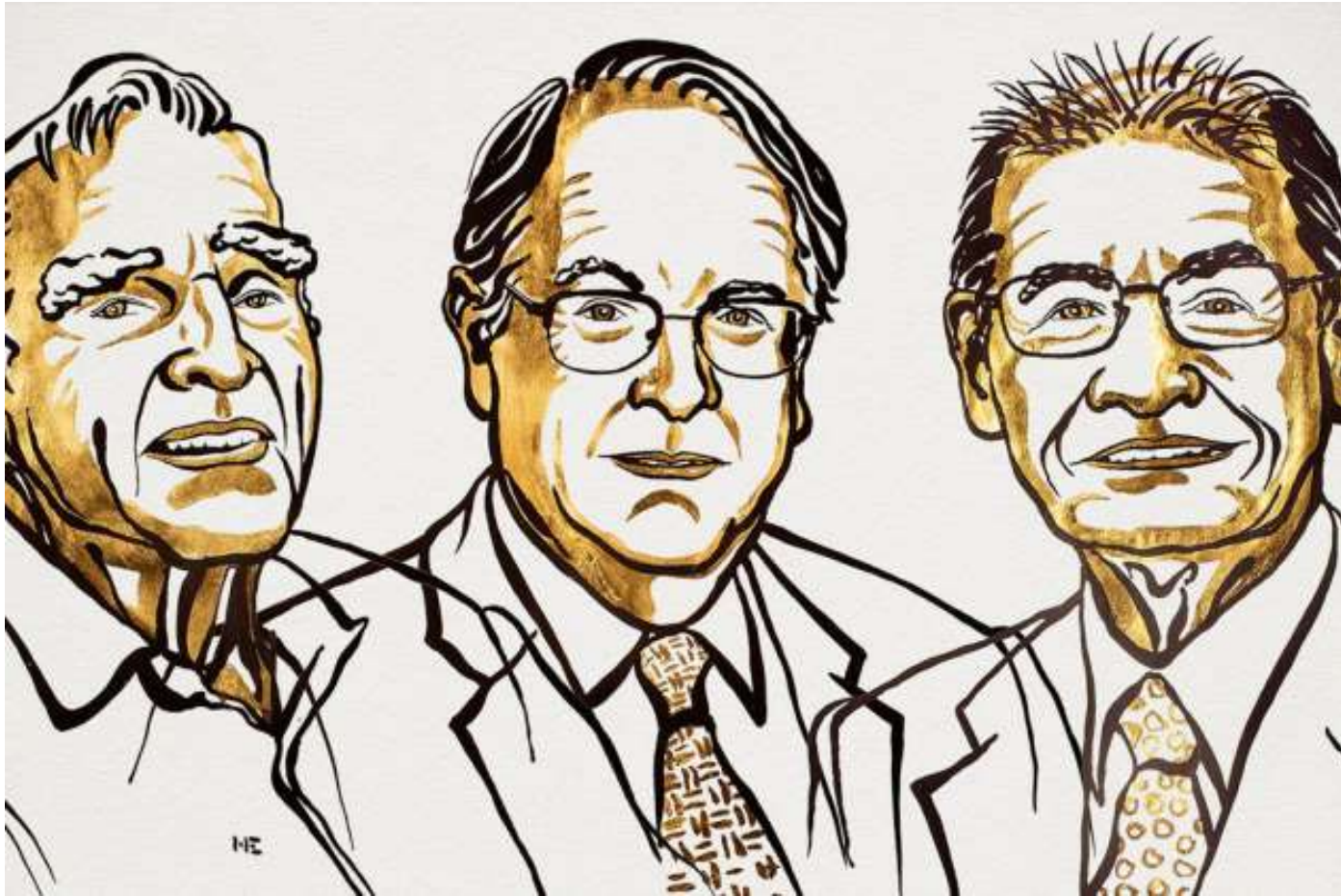
Daniell

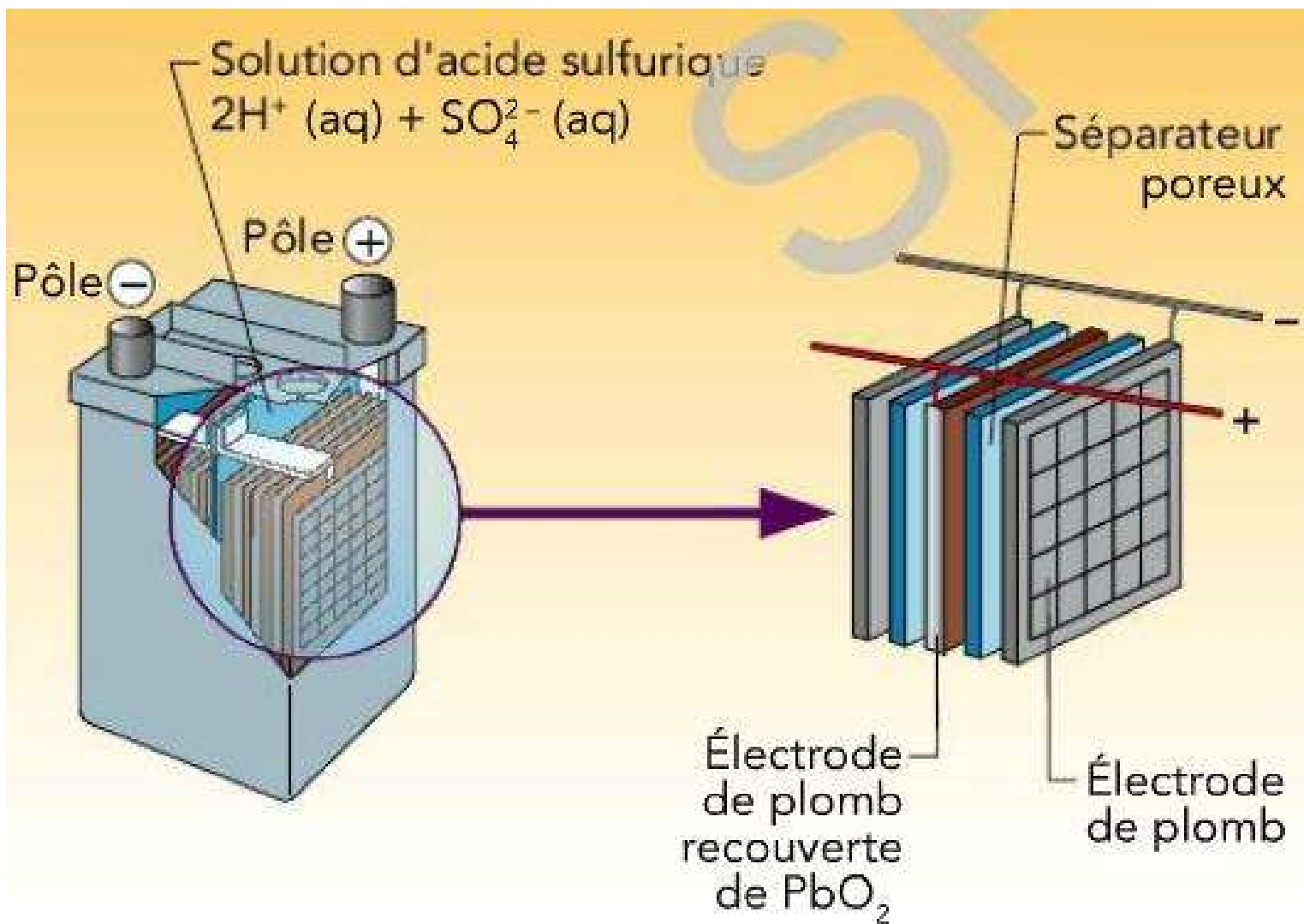


Plante



Prix Nobel 2019





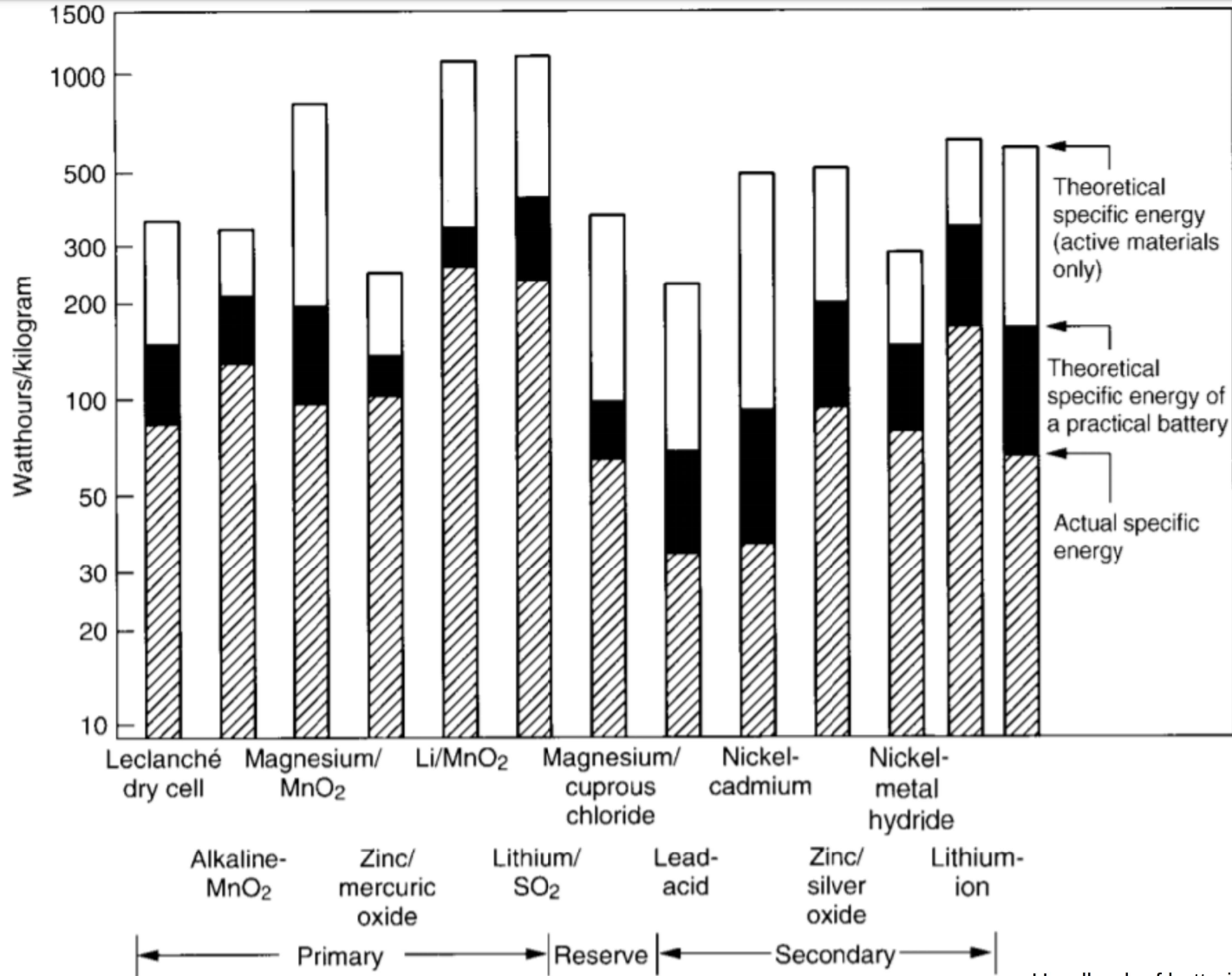


FIGURE 1.4 Theoretical and actual specific energy of battery systems.

Handbook of batteries – Linden
4th edition

TABLE 2.2 Standard Potentials of Electrode Reactions at 25°C

Electrode reaction	E^0 , V	Electrode reaction	E^0 , V
$\text{Li}^+ + e \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.01	$\text{Tl}^+ + e \rightleftharpoons \text{Tl}$	-0.34
$\text{Rb}^+ + e \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2.98	$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.27
$\text{Cs}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2.92	$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0.23
$\text{K}^+ + e \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0.14
$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2.92	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.13
$\text{Sr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sr}$	-2.89	$\text{D}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{D}_2$	-0.003
$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2.84	$\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2$	0.000
$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.71	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.34
$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.38	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons 2\text{OH}^-$	0.40
$\text{Ti}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1.75	$\text{Cu}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.52
$\text{Be}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Be}$	-1.70	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	0.80
$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.66	$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80
$\text{Mn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1.05	$\text{Pd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pd}$	0.83
$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.76	$\text{Ir}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ir}$	1.00
$\text{Ga}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0.52	$\text{Br}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1.07
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1.23
$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0.40	$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1.36
$\text{In}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{In}$	-0.34	$\text{F}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	2.87

Handbook of batteries – Linden
4th edition

**Tableau 1 – Anodes utilisées dans des piles
(potentiels standards de réduction à 25 °C) [8]**

Composé	Masse atomique (g)	Capacité massique (Ah/kg)	Capacité volumique (Ah/dm ³)	Masse volumique (g/cm ³)	Potentiel par rapport à ENH (V)
Lithium	6,94	3 861,66	2 062,13	0,534	−3,01
Calcium	40,08	668,66	1 029,74	1,54	−2,84
Magnésium (OH [−])	24,31	2 204,85	3 836,45	1,74	−2,69
Magnésium	24,31	2 204,85	3 836,45	1,74	−2,38
Aluminium (OH [−])	26,98	2 979,99	8 045,96	2,70	−2,34
Aluminium	26,98	2 979,99	8 045,96	2,70	−1,66
Zinc (OH [−])	65,38	819,82	5 820,74	7,14	−1,25
Cadmium (OH [−])	112,40	476,87	4 127,91	8,65	−0,81
Zinc	65,38	819,82	5 820,74	7,14	−0,76
Cadmium	112,40	476,87	4 127,91	8,65	−0,40
Cuivre (I)	63,55	421,72	3 749,05	8,89	+0,52

**Tableau 2 – Cathodes utilisées dans des piles
(potentiels standards de réduction à 25 °C) [8]**

Composé (milieu)	Masse molaire	Capacité massique	Capacité volumique	Masse volumique	Potentiel par rapport à ENH
	(g)	(Ah/kg)	(Ah/dm ³)	(g/cm ³)	(V)
Oxygène (OH ⁻)	32	3 350,00	4,78*	0,001 43*	+0,40
Oxyde de mercure (OH ⁻)	216,59	247,47	2 746,94	11,1	+0,10
Chlorure cuivreux (Cl ⁻)	99	270,71	947,49	3,5	+0,14
Dioxyde de manganèse MnO ₂ (γ)(OH ⁻)	86,94	308,26	1 541,3	5	0,233
Dioxyde de manganèse MnO ₂ (β)(OH ⁻)	86,94	308,26	1 541,3	5	+0,250
Chlorure d'argent (Cl ⁻)	143,32	186,99	1 039,66	5,56	+0,22
Oxyde d'argent (I) (OH ⁻)	231,74	231,29	1 642,16	7,1	+0,35
Iode (Li ⁺) (**)	253,8	211,19	2,39*	0,011 32*	+0,54
Oxyde d'argent (II) (OH ⁻)	123,87	432,71	3 202,05	7,4	+0,57
Chlorure de thionyle (Li ⁺)	118,97	450,57	745,69	1,655	+0,64
Chlorure de sulfuryle (Li ⁺)	134,97	397,13	662	1,667	+0,90
Oxygène (H ⁺)	32	3 350,00	4,78	0,001 43*	+1,23

Ion	$\lambda_{\text{I}}^{\circ}$
H^{+}	34,98
Li^{+}	3,86
Na^{+}	5,01
K^{+}	7,35
Ag^{+}	6,19
Mg^{2+}	10,61
Ca^{2+}	11,9
Ba^{2+}	12,73
Cu^{2+}	10,72
Zn^{2+}	10,56
Mn^{2+}	10,7
Fe^{2+}	10,7
Ni^{2+}	10,8
Fe^{3+}	20,4
Cr^{3+}	20,1
OH^{-}	19,92
Cl^{-}	7,63
Br^{-}	7,81
I^{-}	7,697
CN^{-}	8,2
SCN^{-}	6,6
NO_3^{-}	7,14
ClO_4^{-}	6,74
IO_3^{-}	4,07
HSO_4^{-}	5,2
MnO_4^{-}	6,1
SO_4^{2-}	16,00

	Plomb	Nickel-Cadmium	Nickel-Métal Hydrure	Lithium-ion
Tension cellule	2,0 V	1,2 V	1,2 V	3,6 à 3,7 V 3.2 V (LFP)
Energie Spécifique	25-50 Wh/kg	30-60 Wh/kg	50-90 Wh/kg	100-230 Wh/kg
Cycles	200-500	1000-1500	1000	500-3000
Domaine de Température	0°C à 50°C	-30°C à 50°C	-20°C à 50°C	-20°C à 50°C
Autodécharge	~5% /mois	~15% /mois	~25% /mois	~2% /mois
Durée de vie calendaire	5 ans	10 ans	5-10 ans	5-15 ans
Prix kWh (Pb base 100)	100	300	350	300 à 500
Temps de charge standard	10 hrs	5 hrs	3-5 hrs	3 hrs

