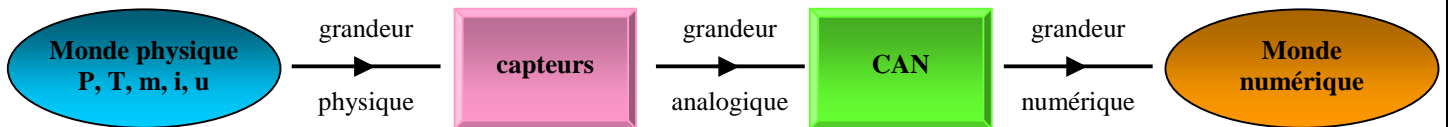


CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE D'UNE TENSION CONTINUE

Le monde analogique et le monde numérique:

- Le monde qui nous entoure est décrit par des **grandeurs physiques** (température, pression, masse, tension, intensité.....) qui varient de **façon continue** avec le temps. Des **capteurs** transforment ces grandeurs **physiques** en leur **analogue électrique** appelées **grandeurs analogiques**.
- Un ordinateur travaille avec des **grandeurs numériques**, c'est à dire une suite de grandeurs **discrètes** (non continues) égales à 0 ou 1.
- Pour relier le **monde analogique** au **monde numérique**, on utilise des **convertisseurs analogique-numérique (CAN)**. Le schéma de principe de la conversion est le suivant:

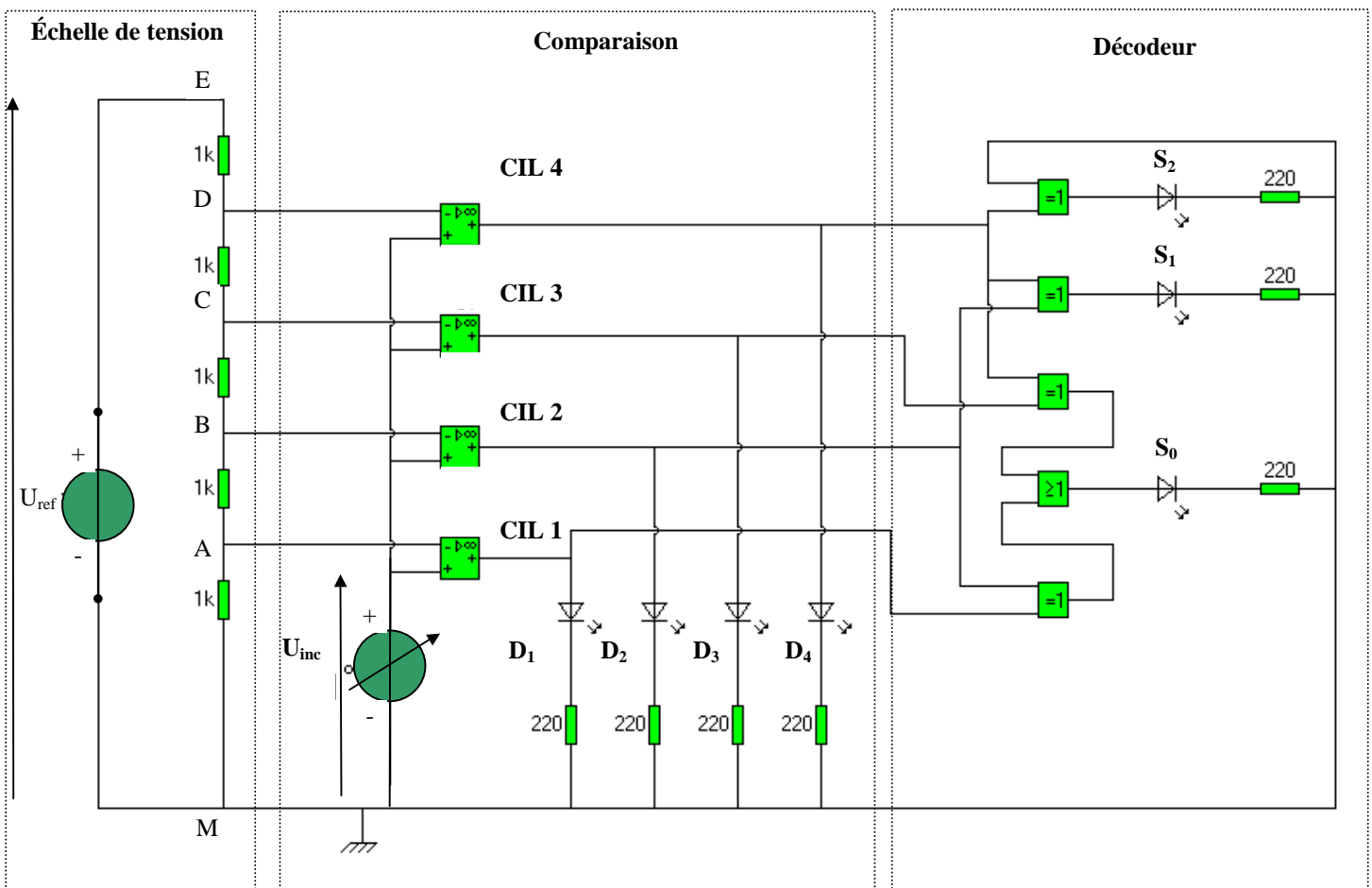


I CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE D'UNE TENSION INCONNUE U_{inc}

- Un CAN est constitué de 3 étages:
 - Un étage **Échelle de tension**
 - Un étage **Comparaison**
 - Un étage **Décodeur**

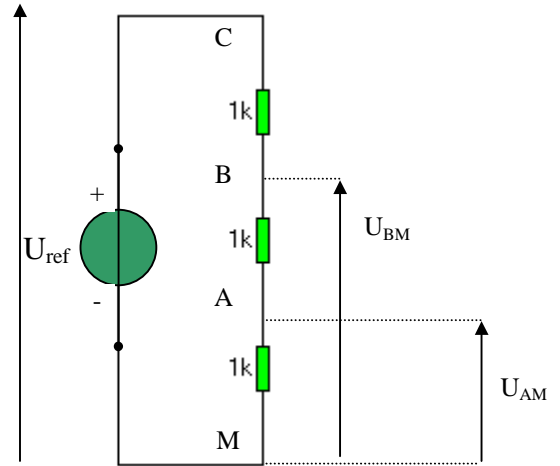
Principe de la conversion:

- on compare U_{inc} à une échelle de tension de pas p .
- on obtient un encadrement de U_{inc} : $N.p < U_{inc} < (N+1).p$
- on numérise le nombre N de DEL allumées



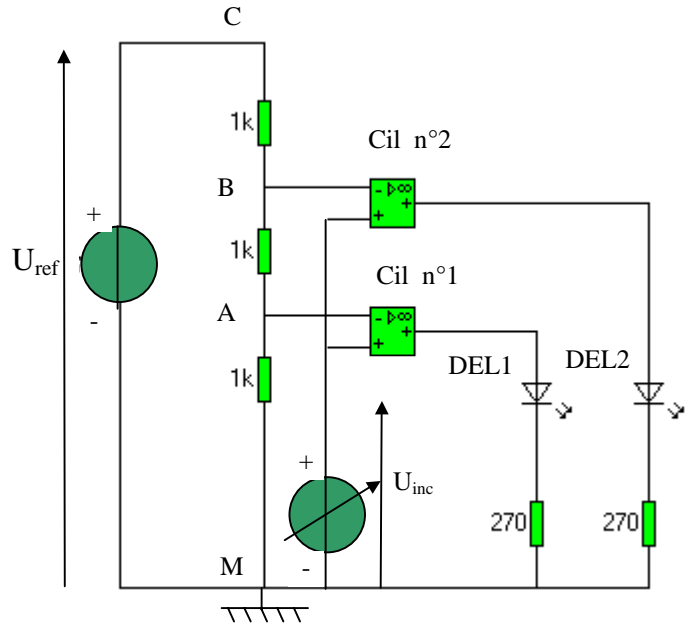
1) L'étage Échelle de tension

- Une échelle de tension est caractérisée par:
 - sa **tension de référence** U_{ref} (tension pleine échelle)
 - le **pas p** de l'échelle (tension entre 2 résistances).
 - $p = U_{ref} / n_R$ où n_R est le nombre de résistances de l'échelle de tension.
- Si: $U_{ref} = 3\text{ V}$ avec $n_R = 3$ alors:
 $U_{AM} = p = 1\text{ V}$; $U_{BM} = 2.p = 2\text{ V}$; $U_{ref} = 3.p = 3\text{ V}$.



2) L'Étage comparaison

- Les CIL du montage ci-contre sont montés en **Comparateur**.
- **Cil n°1:** Il compare les tensions $U_{AM} = p$ et U_{inc} :
 - si $U_{inc} < p$ alors $U_S = -U_{sat}$ et la DEL1 est éteinte
 - si $U_{inc} > p$ alors $U_S = +U_{sat}$ et la DEL1 est allumée.
- **Cil n°2:** Il compare les tensions $U_{BM} = 2p$ et U_{inc} :
 - si $U_{inc} < 2p$ alors $U_S = -U_{sat}$ et la DEL2 est éteinte
 - si $U_{inc} > 2p$ alors $U_S = +U_{sat}$ et la DEL2 est allumée.



- En mettant plusieurs CIL comme dans le CAN précédent on peut comparer U_{inc} à tous les échelons de l'échelle de tension.
- Le nombre de DEL donne un encadrement de la tension U_{inc} :

Nombre N de DEL allumées	Encadrement de U_{inc} (en V)
0	$0,0 < U_{inc} < p$
1	$p < U_{inc} < 2p$
2	$2 p < U_{inc} < 3p$
3	$3 p < U_{inc} < 4p$
4	$4 p < U_{inc} < 5p = U_{ref}$

Si N est le nombre de DELS allumées, alors: $N.p < U_{inc} < (N+1).p$

3) L'étage décodeur

- Il s'agit maintenant de traduire **en binaire**, le **nombre de DEL allumées**, caractérisant la tension U_{inc} : cette opération est appelée **numérisation** de la tension U_{inc} .
- La **numérisation** est réalisée par un **décodeur** situé à la suite de **l'étage comparaison**

- Le décodage est réalisé grâce à des **portes logiques**.
- Les DEL S0, S1 et S2 traduisent **en binaire** le nombre N de DEL, **en décimal**, allumées dans l'étage comparaison:

En notant: **0** une DEL **éteinte**

1 une DEL **allumée**

N	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	3 ^{ème} bit (S ₂)	2 ^{ème} bit (S ₁)	1 ^{er} bit (S ₀)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	1
2	1	1	0	0	0	1	0
3	1	1	1	0	0	1	1
4	1	1	1	1	1	0	0

A chaque **nombre binaire** est associé un **encadrement de U_{inc}**.

N	Nombre binaire	Encadrement de U _{inc}
0	000	0,0 < U _{inc} < p
1	001	p < U _{inc} < 2p
2	010	2 p < U _{inc} < 3p
3	011	3 p < U _{inc} < 4p
4	100	4 p < U _{inc} < 5p = U _{ref}

4) Influence du nombre de bits du CAN sur l'encadrement de la tension inconnue U_{inc}

Pas d'un CAN n bits:

Le pas **p** d'un CAN **n bits** est:
$$p = \frac{U_{ref}}{(2^n - 1)}$$
 2ⁿ = nombre d'états
(2ⁿ - 1) = nombre de pas entre les 2ⁿ états

Exemple: un CAN 3 bits complets code 2³ = 8 états différents de 0 à 7 (nombre N de DELS rouges allumées).

Entre: **l'état 0 et l'état 1** il y a **1 pas**,
l'état 0 et l'état 2 il y a **2 pas**
l'état 0 et l'état 3 il y a **3 pas**

l'état 0 et l'état 7 il y a **7 pas**

état	↑ Nombre binaire ↑	↑ Tension (V) ↑
7	111	7,0
6	110	6,0
5	101	5,0
4	100	4,0
3	011	3,0
2	010	2,0
1	001	1,0
0	000	0,0

Un CAN 3 bits complet code 2³ = 8 états et contient (2³ - 1) = 7 pas entre ces 8 états.

La tension de référence U_{ref} est divisée en 7 pas (7 intervalles):

chaque pas vaut donc $p = \frac{U_{ref}}{(2^3 - 1)} = \frac{U_{ref}}{7}$; si U_{ref} = 7 V **p = 1 V**.

• Avec un CAN 3 bits, l'encadrement de la tension inconnue U_{inc} est **peu précis** car le **pas est grand** (U_{inc} est compris entre 2,0 V et 3,0 V dans l'exemple ci-dessus). **En augmentant le nombre de bits du CAN**, nous allons pouvoir **affiner l'encadrement** de la tension U_{inc}.

Influence du nombre de bits du CAN sur l'encadrement de U _{inc}							
Tension U _{inc} à numériser:		2,3	Tension de référence U _{ref} :		8		
Nombre de bits n	Nombre max de pas	Pas p en Volt	Nombre de pas k	Encadrement de U _{inc}	U _{inf}	U _{sup}	Numérisation de U _{inc}
2	3	1,667	1	1,667 < U _{inc} < 3,333	1,667	3,333	1
3	7	0,714	3	2,143 < U _{inc} < 2,857	2,143	2,857	11
4	15	0,333	6	2 < U _{inc} < 2,333	2,000	2,333	110
5	31	0,161	14	2,258 < U _{inc} < 2,489	2,258	2,489	1110
6	63	0,079	28	2,222 < U _{inc} < 2,380	2,222	2,380	11100