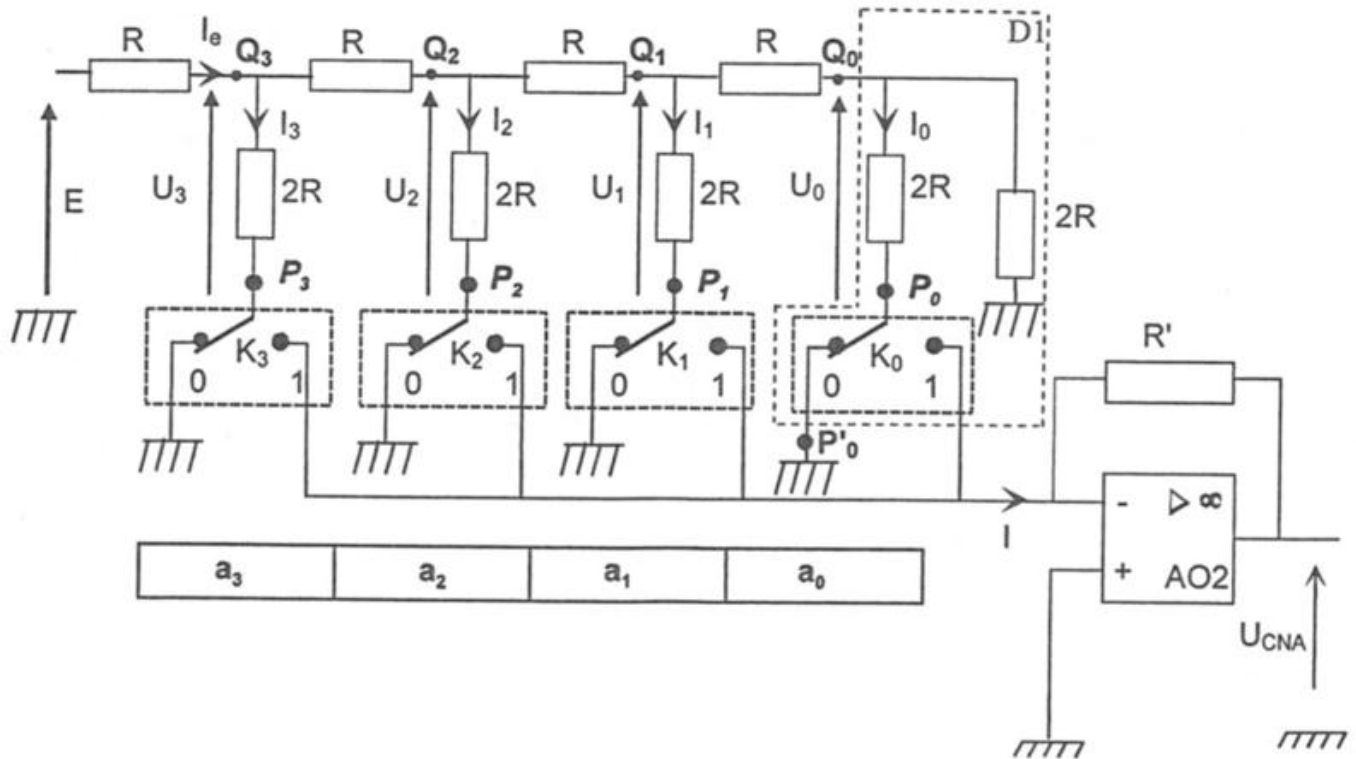


**Exercice : étude d'un CNA à réseau R/2R**

La conversion est réalisée par le circuit suivant. La valeur numérique d'entrée  $N_c$  codée sur 4 bits ( $a_3, a_2, a_1, a_0$ ) est convertie en une tension analogique  $U_{CNA}$ .



Pour  $i = 0, 1, 2$  ou  $3$ , la position de l'interrupteur  $K_i$  dépend de la valeur du bit  $a_i$  :  
 Si  $a_i = 0$  alors  $K_i$  est en position 0 et si  $a_i = 1$  alors  $K_i$  est en position 1 (voir figure ).

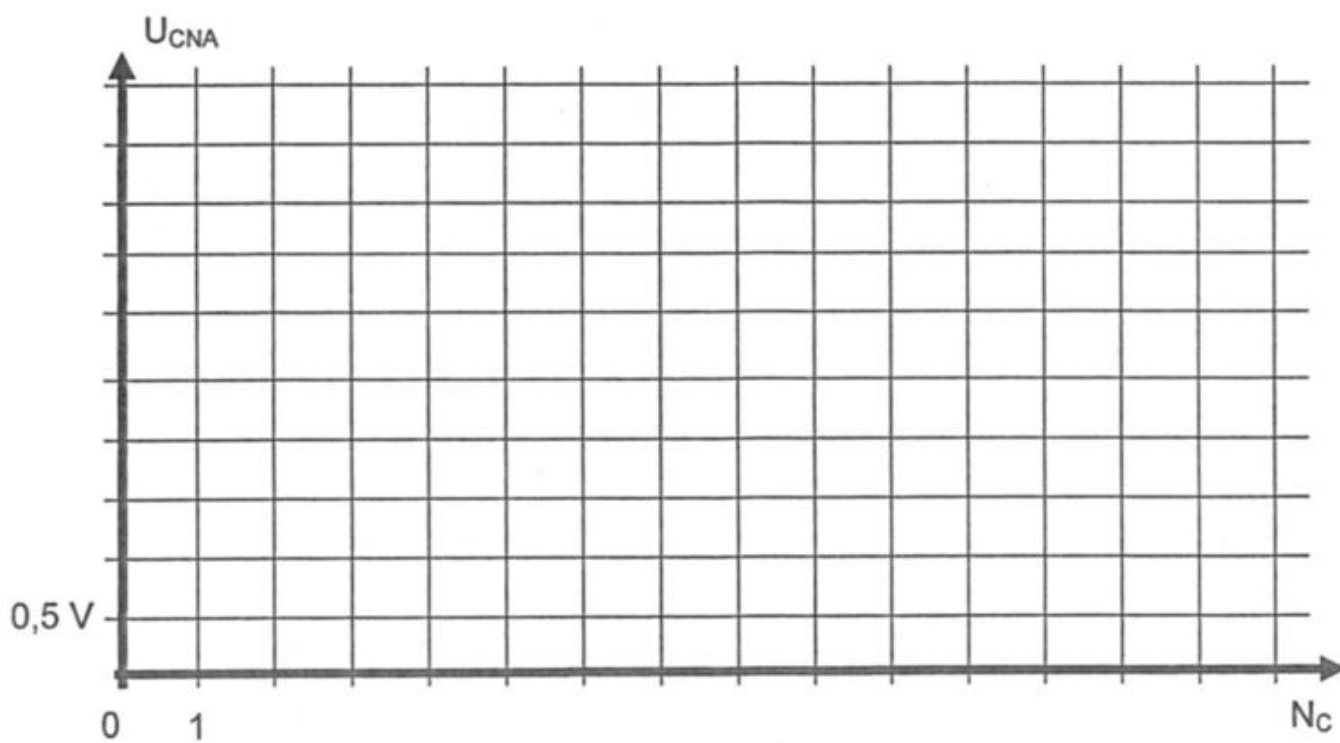
- 1 Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel AO2 ?
- 2 En déduire que les tensions entre les points  $P_0, P_1, P_2$  ou  $P_3$  et la masse du montage peuvent être considérées comme nulles quelles que soient les positions des interrupteurs  $K_i$ .
- 3 Exprimer la tension  $U_{CNA}$  en fonction de l'intensité  $I$ .
- 4 Justifier que l'intensité  $I$  puisse s'écrire:  $I = a_3 \cdot I_3 + a_2 \cdot I_2 + a_1 \cdot I_1 + a_0 \cdot I_0$ .
- 5 Déterminer la résistance équivalente  $R_e$  au dipôle passif D1 situé à droite des bornes  $Q_0$  et  $P'_0$  et en déduire l'expression de  $U_0$  en fonction de  $U_1$ .
- 6 Appliquer le même raisonnement pour exprimer  $U_1$  en fonction de  $U_2$  puis  $U_2$  en fonction de  $U_3$  et enfin  $U_3$  en fonction de  $E$ .

- 7 Montrer que l'intensité  $I_3$  peut s'écrire :  $I_3 = \frac{E}{4R}$ . En déduire l'expression de  $I_2$ ,  $I_1$  et  $I_0$ .
- 8 En remplaçant les intensités des courants par les expressions déterminées ci-dessus, exprimer  $U_{CNA}$  en fonction de  $E$ ,  $R$ ,  $R'$  et les valeurs des bits  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  et  $a_3$ .
- 9 En déduire que l'on peut écrire  $U_{CNA} = q.N_c$ . Préciser l'expression de  $q$ .
- 10 Compléter les 3 cases vides du tableau du **document réponse**
- On donne  $E = -10\text{ V}$  et  $R = R' = 27\text{ k}\Omega$ .
- 11 En déduire la valeur numérique du quantum  $q$ .
- 12 Tracer sur le **document réponse** la caractéristique de transfert du CNA.

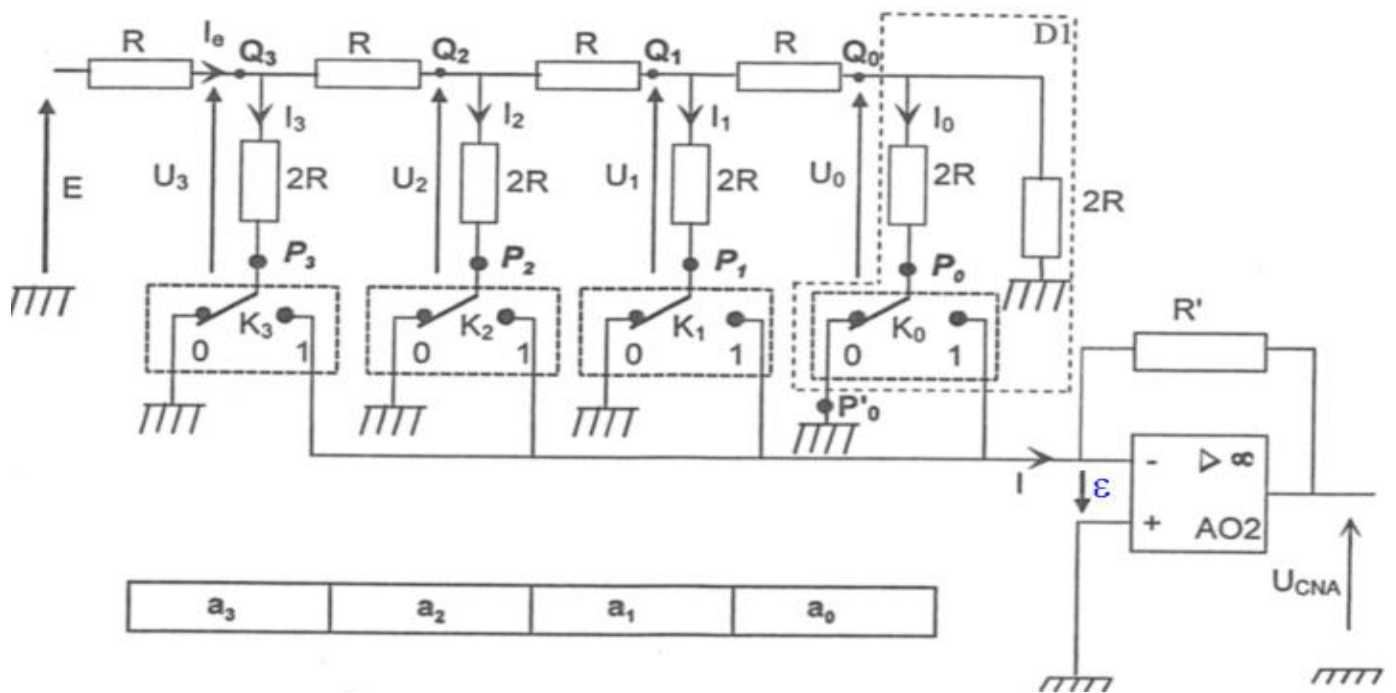
Tableau de données

$a_3 a_2 a_1 a_0$	$N_c(\text{décimal})$	$U_{CNA}(\text{V})$
0000	0	0
0001	1	0,312
0010	2	
0011	3	0,938
0100	4	1,250
0101	5	1,563
0110	6	1,875
0111	7	
1000	8	2,5
1001	9	2,813
1010	10	3,125
1011	11	3,438
1100	12	3,75
1101	13	4,063
1110	14	4,375
1111	15	

### Caractéristique du CNA



**Solution : étude d'un CNA à réseau R/2R**



1. L'AO2 fonctionne en linéaire car, la sortie est uniquement rebouclée à l'entrée inverseuse.
2.  $\epsilon=0$ , donc
  - en position 1, par la loi des mailles, le potentiel en  $P_i$  est celui de la masse (car  $v^- = v^+ = 0$ ).
  - En position 0, le potentiel est nul également car le point est directement relié à la masse.
3. Loi des mailles (et loi d'Ohm) :  $U_{CNA} + R'I + \epsilon = 0 \Rightarrow U_{CNA} = -R'I$
4. Le courant  $I_i$  contribue ou non à la formation du courant  $I$  selon l'état de l'interrupteur  $K_i$  donc selon  $a_i$  :

D'après la loi des nœuds :  $I = a_3 I_3 + a_2 I_2 + a_1 I_1 + a_0 I_0$

5.  $R_e = 2R // 2R = 2R/2 = R$ . D'après le diviseur de tension :  $U_0 = U_1 \frac{R}{R+R} = \frac{U_1}{2}$ .

6. De même : la résistance équivalente à droite de  $U_1$  est  $\{2R \text{ en parallèle avec } (R+R)\} = R$ , donc  $U_1 = U_2/2$  et de la même façon  $U_3 = E/2$ .

7. D'après la loi d'Ohm :  $I_3 = \frac{U_3}{2R} = \frac{E/2}{2R} = \frac{E}{4R}$ .

De même:  $I_2 = U_2/2R = \frac{U_3}{4R} = \frac{E}{8R}$        $I_1 = U_1/2R = \frac{U_2}{4R} = \frac{E}{16R}$        $I_0 = U_0/2R = \frac{U_1}{4R} = \frac{E}{32R}$

8.  $I = a_3 I_3 + a_2 I_2 + a_1 I_1 + a_0 I_0 = \frac{E}{32R} (8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + a_0)$ . Or  $U_{CNA} = -R'I$ , donc  $U_{CNA} = -R' \frac{E}{32R} (8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + a_0)$ .

9. Or  $8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + a_0 = N_C$ , donc  $U_{CNA} = -R' \frac{E}{32R} N_C$ , par identification  $q = -R' \frac{E}{32R}$

(=0,3125V en remplaçant par les valeurs de l'énoncé).

10. et 11.  $q = U_{CNA}/N_C = 4,375/14 = 0,3125V$ , ce qui donne :

- pour  $N_C = 2$ ,  $U_{CNA} = 0,625V$
- pour  $N_C = 7$ ,  $U_{CNA} = 2,1875V$
- pour  $N_C = 15$ ,  $U_{CNA} = 4,6875V$

$\theta$ (en degré)	$a_3 a_2 a_1 a_0$	$N_C$ (décimal)	$U_{CNA}$ (V)
0	0000	0	0
6,06	0001	1	0,312
12,13	0010	2	0,625
18,2	0011	3	0,938
24,27	0100	4	1,250
30,33	0101	5	1,563
36,44	0110	6	1,875
42,46	0111	7	2,1875
48,53	1000	8	2,5
54,6	1001	9	2,813
60,67	1010	10	3,125
66,73	1011	11	3,438
72,8	1100	12	3,75
78,87	1101	13	4,063
84,93	1110	14	4,375
91	1111	15	4,6875

12. Il s'agit d'un ensemble de points discret alignés sur une droite passant par zéro et (14, 4,375V).

