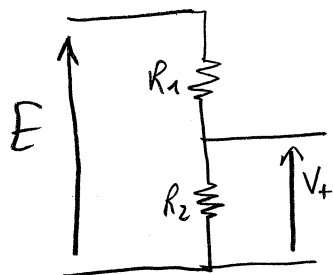


Exercice 1

- a) En DC, les tensions sont constantes, donc $i_C = C \frac{dV_+(t)}{dt} = 0 A$.
Le condensateur C ne sert à rien



$$V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E \quad (\text{pont diviseur résistif})$$

On veut que $V_S = 0 V$ quand $V_+ - V_- < 0 V$

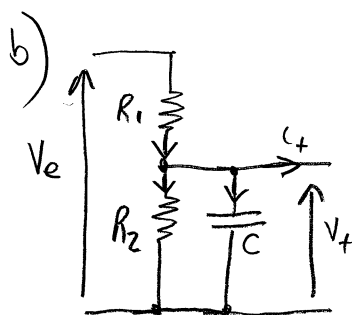
$$\text{donc quand } \frac{R_2}{R_1 + R_2} E - V_{ref} < 0$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} E < V_{ref}$$

$$\text{donc quand } E < \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{ref} \quad E < \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref}$$

Si on veut $\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref} = V_{th}$ $V_{th} = 2,622 V$ tension de seuil

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{th}}{V_{ref}} - 1 = \frac{2,622}{1,242} - 1 = 1,11$$



Loi des nœuds $\frac{V_e - V_+}{R_1} = \frac{V_+}{R_2} + C \frac{dV_+}{dt} + i_+$

Si on considère le comparateur comme idéal $i_+ \approx 0 A$

$$\text{donc } \frac{V_e}{R_1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) V_+ + C \frac{dV_+}{dt} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} V_+ + C \frac{dV_+}{dt}$$

$$\text{d'où } \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} \frac{dV_+(t)}{dt} + V_+(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e(t)$$

C est un système du 1^{er} ordre de gain statique $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ (voir 1^{ère} question)

et de constante de temps $T = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}$

Si la tension V_e passe brutalement de 0 à E, $V_e(t)$ est un échelon, $V_+(t)$ est la réponse à cet échelon, donc $V_+(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E (1 - e^{-t/T})$

on veut que $V_S = E$ quand $V_+ - V_- > 0$, c'est à dire $V_+ > V_-$ à $t = S_1$

donc $\frac{1}{1 + R_1/R_2} E(1 - e^{-t/T}) = V_{ref}$ à $t = 5s$

$$1 - e^{-t/T} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E}$$

$$1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E} = e^{-t/T}$$

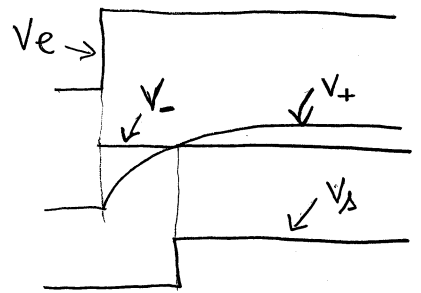
$$-\frac{t}{T} = \ln\left(1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E}\right) \Rightarrow T = -\frac{t}{\ln\left(1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E}\right)}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} = -\frac{t}{\ln\left(1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E}\right)}$$

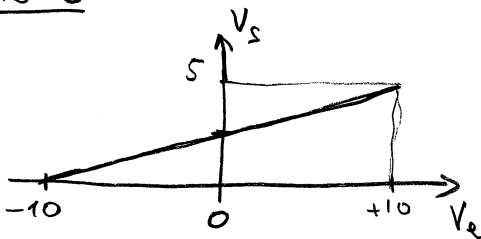
$$\Rightarrow C = -\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \frac{t}{\ln\left(1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E}\right)} = -\frac{t \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}{R_1 \ln\left(1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{ref}}{E}\right)}$$

Pour $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$, on obtient $R_2 =$

$C =$



Exo 2



$$V_s = a V_e + b$$

Si $V_e = -10 \text{ V}$, $V_s = 0 \text{ V}$ donc $-10a + b = 0$

Si $V_e = +10 \text{ V}$, $V_s = 5 \text{ V}$ donc $10a + b = 5$

donc en ajoutant les 2 équations $2b = 5$

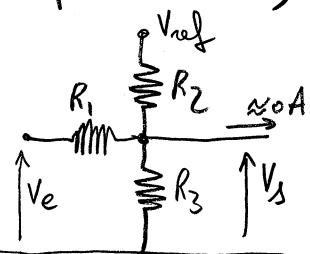
$$\Rightarrow b = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ V}$$

en soustrayant les 2 équations

$$20a = 5 \Rightarrow a = \frac{5}{20} = \frac{1}{4} = 0.25$$

donc $V_s = 0.25 \cdot V_e + 2.5$

on a $0 < a < 1$ $b > 0$. On peut prendre $V_{ref} = 5 \text{ V}$ (c'est la seule possibilité!). Donc on peut prendre un circuit à 3 résistances



$$\frac{V_e - V_s}{R_1} + \frac{V_{ref} - V_s}{R_2} = \frac{V_s}{R_3} \Rightarrow \frac{V_e}{R_1} + \frac{V_{ref}}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) V_s$$

$$= \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1 R_2 R_3} V_s$$

$$\text{donc } V_s = \frac{R_2 R_3 V_e + R_1 R_3 V_{ref}}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

(3)

$$a = \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Ces expressions sont fournies dans le poly

$$b = \frac{R_1 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} V_{\text{ref}}$$

$$\text{donc } R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3 = \frac{R_2 R_3}{a} = \frac{R_1 R_3 V_{\text{ref}}}{b} \Rightarrow$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{a V_{\text{ref}}}{b}$$

expression fournie dans le poly

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{0,25 \times 5}{2,5} = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$1 - a - \frac{b}{V_{\text{ref}}} = \frac{R_1 R_2 + \cancel{R_1 R_3} + \cancel{R_2 R_3} - \cancel{R_2 R_3} - \cancel{R_1 R_3}}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

(voir poly)

$$\text{donc } R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3 = \frac{R_2 R_3}{a} = \frac{R_1 R_2}{1 - a - b/V_{\text{ref}}} \Rightarrow$$

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{a}{1 - a - b/V_{\text{ref}}}$$

$$L_e = \frac{V_e - V_A}{R_1} = \frac{1}{R_1} \left(V_e - \frac{R_2 R_3 V_e + R_1 R_3 V_{\text{ref}}}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \right)$$

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{0,25}{1 - 0,25 - \frac{2,5}{5}} = \frac{0,25}{0,25} = 1$$

$$= \frac{1}{R_1} \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 V_e - R_1 R_3 V_{\text{ref}}}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{(R_2 + R_3) V_e - R_3 V_{\text{ref}}}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$\text{donc } R_e = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2 + R_3} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = R_1 + \frac{\frac{R_2}{R_1} R_1 \frac{R_3}{R_1} R_1}{\frac{R_2}{R_1} R_1 + \frac{R_3}{R_1} R_1}$$

$$= R_1 + \frac{R_1^2 \frac{R_2}{R_1} \frac{R_3}{R_1}}{R_1 \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_3}{R_1} \right)}$$

$$= R_1 + R_1 \frac{\frac{R_2}{R_1} \frac{R_3}{R_1}}{\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_3}{R_1}} = R_1 \left(1 + \frac{\frac{R_2}{R_1} \frac{R_3}{R_1}}{\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_3}{R_1}} \right) = R_e$$

$$\text{d'où } R_1 = \frac{R_e}{1 + \frac{\frac{R_2}{R_1} \frac{R_3}{R_1}}{\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_3}{R_1}}} = \frac{10^5}{1 + \frac{0,25 \times 1}{0,25 + 1}} = \frac{10^5}{1 + \frac{0,25}{1,25}} =$$

autre solution $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_1 = 2R_2$ $\frac{R_3}{R_1} = 1 \Rightarrow R_3 = R_1 = 2R_2$ $R_e = 2R_2 + \frac{R_2 \cdot 2R_2}{R_2 + 2R_2} = \left(1 + \frac{2}{3}\right) R_2 = \frac{5}{3} R_2$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{3}{5} R_e \quad R_1 = R_3 = \frac{6}{5} R_e$$

3) Il faut faire attention au fait que la voix du président compte double.

Le tableau de Karnaugh fait apparaître 4 regroupements :

3 blocs de 4 et 1 bloc de 2.

On obtient donc $s = a.(b+c+d) + bcd$

c'est logique : le oui l'emportera si le président vote oui et si l'un des 3 membres vote également oui, ou si les trois membres votent oui.

4) a) Ce circuit est séquentiel car il utilise des bascules JK, qui sont des composants élémentaires de logique séquentielle.

Il est synchrone car toutes les bascules sont reliées au même signal d'horloge H, qui les synchronise.

b) En lisant le schéma : $J_0 = K_0 = Q_2$, $J_1 = K_1 = Q_0$, $J_2 = 1$, $K_2 = Q_0 Q_1$

c) Si $N = (\overline{Q_2} Q_1 Q_0)_2 = 0 = (000)_2$, alors $Q_2 = 1$, $Q_1 = 0$, $Q_0 = 0$.

donc $J_0 = K_0 = 1$, $J_1 = K_1 = 0$, $J_2 = 1$, $K_2 = 0.0 = 0$.

J	K	Q_+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	\overline{Q}

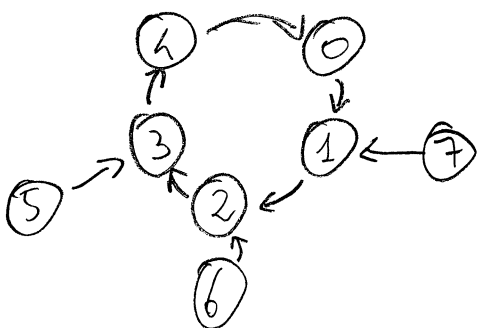
Donc Q_0 devient la négation de sa valeur précédente, donc Q_0 passe à 1

Q_1 ne change pas de valeur, donc Q_1 reste à 0

Q_2 est mis à 1, donc $Q_2 = 1$

donc la prochaine valeur de N est $N_+ = (\overline{1} 0 1)_2 = (001)_2 = 1$

d) Voir tableau ci-joint. Ce circuit est un compteur synchrone modulo 5.

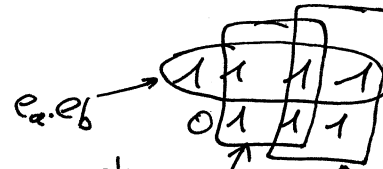


Ce circuit est stable : si jamais N est égal à une valeur supérieure ou égale à 5, il redevient compris entre 0 et 4 au coup d'horloge suivant.

addition arithmétique

$$\rightarrow = 2e_a + e_b + e_c + e_d$$

e_a	e_b	e_c	e_d	nombre de oui	s
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	2	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	2	0
0	1	1	0	2	0
0	1	1	1	3	1
1	0	0	0	2	0
1	0	0	1	3	1
1	0	1	0	3	1
1	0	1	1	4	1
1	1	0	0	3	1
1	1	0	1	4	1
1	1	1	0	4	1
1	1	1	1	5	1



	$e_c e_d$			
$e_a e_b$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	1	0
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

$$e_a(e_b + e_c + e_d)$$

bcd

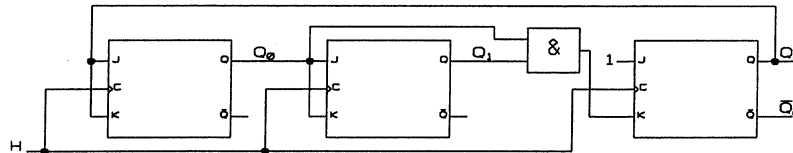
$$a. \overline{a} \overline{b} \overline{c} \overline{d} =$$

$$a. (\overline{a} + \overline{b} \overline{c} \overline{d}) =$$

$$a. (b + c + d) \quad s = b.c.d + a.(b + c + d)$$

bloc de 8 avec exception = 3 blocs de 4

Figure 2: Tableau de vérité et tableau de Karnaugh de la fonction étudiée dans l'exercice 3. Le nombre de oui doit tenir compte du fait que la voix du président compte double.



$$J_0 = K_0 = Q_2$$

$$J_1 = K_1 = Q_0$$

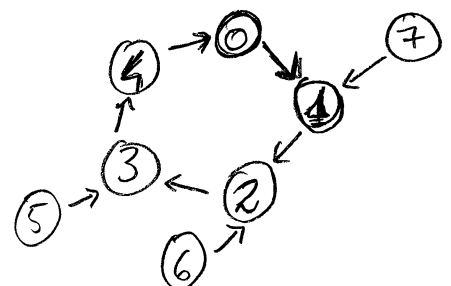
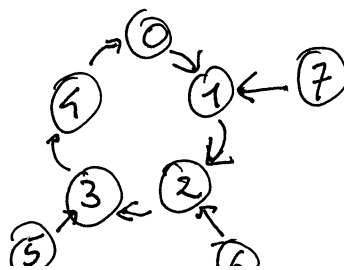
$$J_2 = 1$$

$$K_2 = Q_0 \cdot Q_1$$

N	Q_2	Q_1	Q_0	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0	Q_2^+	Q_1^+	Q_0^+	N^+
0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2
2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	3
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	2
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

Figure 3: Circuit étudié dans l'exercice 4, et tableau permettant son étude. On rappelle que $N = (\overline{Q_2} Q_1 Q_0)_2$. Q_2^+ , Q_1^+ et Q_0^+ correspondent aux prochaines valeurs des sorties des bascules après le prochain front montant du signal d'horloge, et N^+ est la valeur suivante de N.



Devoir surveillé d'Électronique d'Instrumentation II

DUT MP, Semestre 4, 2010/2011. Durée : 1 **heure 50**.

Les trois exercices sont indépendants. Si vous joignez cet énoncé à votre copie, indiquez ci-dessous votre nom, prénom et groupe.	
nom, prénom	groupe

- (4 points)** Aujourd'hui, de nombreux appareils électroniques sont *embarqués*, c'est à dire alimentés par des batteries et transportés par leur utilisateur. Pour que ces appareils fonctionnent correctement, il est souvent nécessaire de faire en sorte qu'ils se mettent en route convenablement lors de leur mise sous tension (ou allumage) et qu'ils s'arrêtent proprement lorsque la tension délivrée par leur batterie devient insuffisante.

Le circuit de la figure 1 répond¹ à ce double besoin : il utilise un comparateur (dont la sortie est à collecteur ouvert, ce qui explique la présence de la résistance de forçage au niveau haut $R_{\text{pull-up}} = 10 \text{ k}\Omega$) associé à une source de tension de référence $v_{\text{ref}} = 1.242 \text{ V}$. L'objectif de ce circuit est de fournir une tension v_s qui devient égale à la tension d'alimentation E (donc qui passe au niveau haut) 5 secondes après la mise sous tension du circuit (par la fermeture de l'interrupteur). Ceci permettra au micro-contrôleur auquel ce circuit est relié de démarrer une application *après* le démarrage et la mise sous tension de l'ensemble des constituants de l'appareil. De plus cette tension repassera au niveau logique bas lorsque la tension E passera en dessous d'un certain seuil, ce qui permettra à cette application de s'arrêter proprement *avant* que la décharge de la batterie ne provoque un arrêt brutal et imprévu de l'appareil. On notera v_+ la tension de l'entrée non-inverseuse du comparateur.

- On commencera par s'intéresser au deuxième objectif : le passage de v_s de E à 0 V lorsque la tension d'alimentation passe très lentement en dessous d'un certain seuil. Si l'interrupteur est fermé, quelle est la relation entre v_+ et E en régime continu (statique) ? En déduire la valeur du rapport R_1/R_2 pour que v_s passe à zéro lorsque E devient inférieur à 2.622 V.
 - On terminera par le premier objectif : le passage de v_s de 0 à E cinq secondes après que l'interrupteur soit fermé. Quelle est l'équation différentielle qui lie v_+ et v_e en régime général ? Si on ferme l'interrupteur, v_e passe brutalement de 0 à E . Comment évolue la tension v_+ ? En déduire la valeur de la capacité pour que la tension v_s soit égale à E cinq secondes après la fermeture de l'interrupteur. On prendra $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ et $E = 3 \text{ V}$ (deux piles 1.5 V pleines en série).
- (6 points)** Le micro-contrôleur utilisé pour réaliser une chaîne d'acquisition possède un convertisseur analogique-numérique (CAN) 10 bits, qui convertit une tension comprise entre 0 et 5 V en un entier compris entre 0 et 1023. Il est alimenté avec une tension stabilisée de 5 V. On souhaiterait concevoir un circuit qui permette de relier l'entrée de ce CAN à un capteur qui fournit des tensions comprises entre -10 et $+10 \text{ V}$. Ce circuit doit donc transformer la tension provenant du capteur (que l'on notera v_e) en une tension qui peut être envoyée vers le CAN (que l'on notera v_s) par une relation linéaire.

¹Voir Texas Instruments, "Amplifier and data converter selection guide" (1^{er} trimestre 2009), et "TLV3011-TLV3012 : nanopower, 1.8 V, SOT23 comparator with voltage reference", notice technique Texas Instruments, 2004.

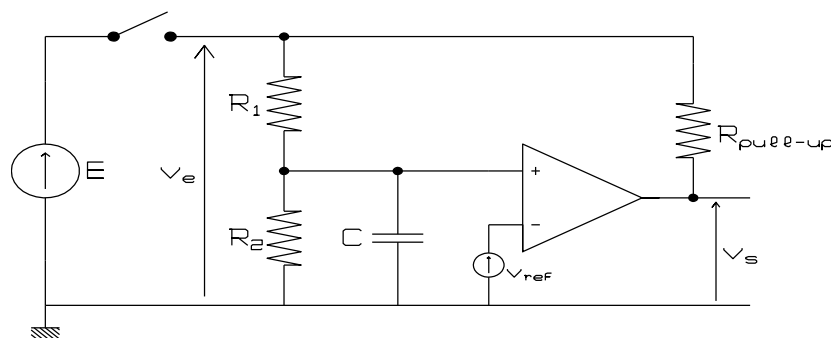


Figure 1: Circuit étudié dans l'exercice 1.

- (a) Faire un schéma de la chaîne d'instrumentation en indiquant le capteur, le circuit de conditionnement, et le convertisseur analogique-numérique. Tracer la courbe de v_s en fonction de v_e . Quelle est la relation entre v_s et v_e ?
 - (b) Quel est le circuit qui va permettre de réaliser cette transformation ?
 - (c) Calculer les valeurs de tous les composants de ce circuit pour que l'impédance d'entrée R_e (c'est à dire le coefficient de proportionnalité entre v_e et i_e , i_e étant le courant fourni par le capteur au circuit de changement d'échelle) soit égale à $10\text{ k}\Omega$.
3. **(4 points)** Une association² est constituée de quatre membres : un président, vous même et deux autres membres. Ayant à prendre une décision importante (la marque de la boisson qui sera servie lors du pot de fin d'année), vous décidez de faire un vote à bulletin secret pour répondre par oui ou par non à une question posée. Comme vous êtes quatre, vous décidez d'accorder au président une double voix. C'est donc comme si il y avait 5 votants, et si il y a au moins 3 voix pour le oui, c'est cette réponse qui l'emportera. Vous proposez alors de réaliser une machine à voter, chaque membre choisissant entre oui et non à l'aide d'un interrupteur. À la fin du vote, une source lumineuse s'allumera si il y a une majorité de oui.
- Cette proposition étant adoptée, il ne vous reste plus qu'à faire un tableau de vérité de cette fonction, puis un tableau de Karnaugh afin de trouver une expression logique simplifiée de la variable logique s qui commandera la source lumineuse. On appellera A le président, B, C, D les trois autres membres et e_a, e_b, e_c, e_d les niveaux logiques fournis par les interrupteurs des quatre membres, qui valent 1 si le membre vote oui et 0 si il vote non. Vous pourrez pour cela utiliser les tableaux de la figure 2.
4. **(6 points)** Le circuit de la figure³ 3 utilise trois bascules JK actives sur des fronts montants du signal d'horloge H, qui est un signal périodique de période T et de rapport cyclique égal à 50 %. On notera Q_0 (à gauche), Q_1 (au milieu), Q_2 (à droite) les sorties de ces trois bascules et $J_0, K_0, J_1, K_1, J_2, K_2$ leurs entrées respectives.

- (a) Ce circuit est-il combinatoire ou séquentiel ? Est-il synchrone ou asynchrone ? Justifiez vos réponses.
- (b) Dédurre de la lecture du schéma de la figure 3 les expressions logiques de J_0, K_0, J_1, K_1, J_2 et K_2 en fonction de Q_0, Q_1 et Q_2 .
- (c) On notera N le nombre dont la représentation binaire est $(\overline{Q_2} Q_1 Q_0)_2$. Si $N = 0$, que valent Q_0, Q_1 et Q_2 ? Que valent J_0, K_0, J_1, K_1, J_2 et K_2 ? Après avoir rappelé le tableau de comportement d'une bascule JK, en déduire quelles seront donc les prochaines valeurs de Q_0, Q_1, Q_2 et N au prochain front montant du signal d'horloge.
- (d) Répondre aux mêmes questions pour les valeurs de N allant de 1 à 7, en utilisant le tableau de la figure 3. Si à un instant donné, N est égal à 0, quelles sont les valeurs suivantes ? Étudier la stabilité de ce circuit.

²Source : P. Cabanis, E. Bernier, "Électronique digitale", Dunod, 1985.

³Source : E. Mesnard, "Du binaire au processeur : méthodes de conception de circuits numériques, Ellipses, 2004.

