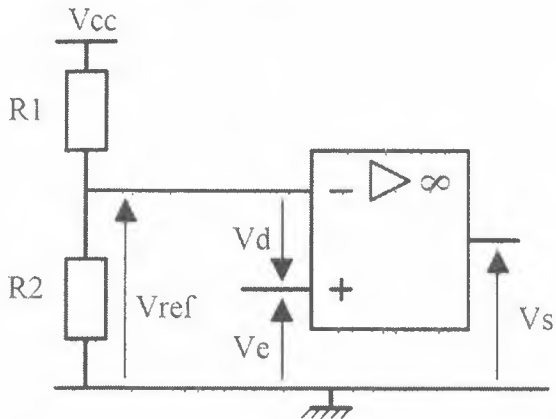


TD n°11 : Montages comparateurs

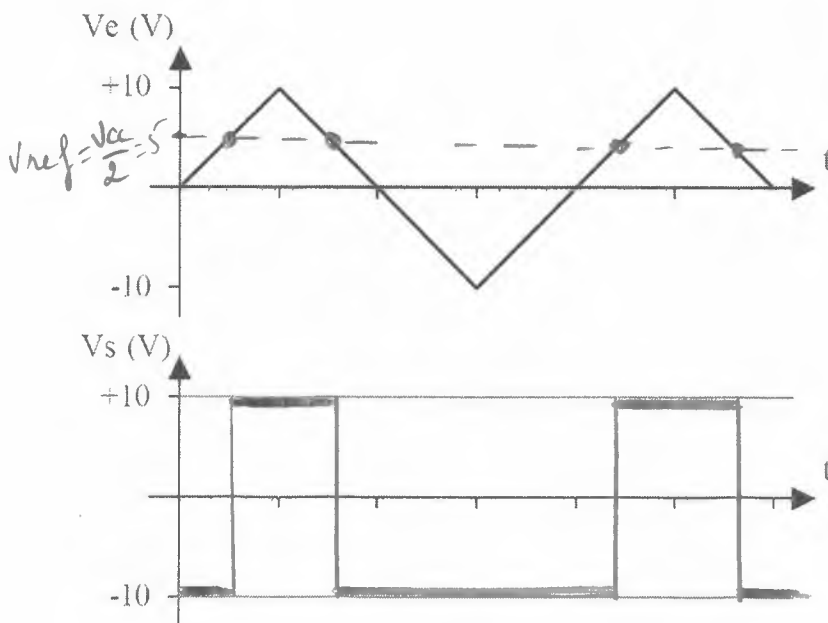
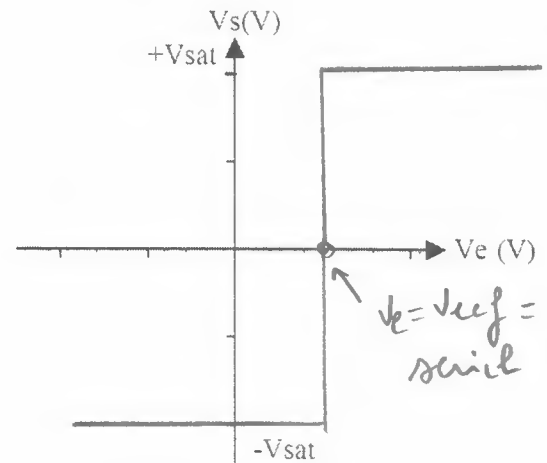
I. Comparateur non inverseur à un seuil

L'amplificateur sera supposé parfait et alimenté entre $\pm 10V$ et $V_{cc}=10V$.

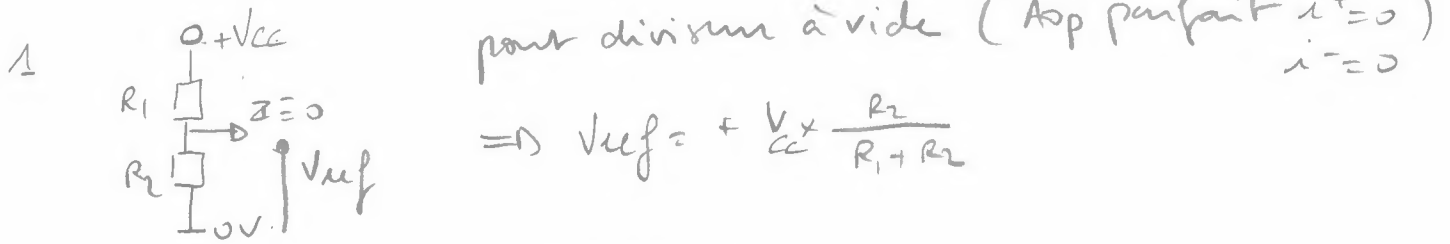


1. Déterminer l'expression littérale de V_{ref} .
2. Donner l'expression de la tension différentielle d'entrée du comparateur (V_d) en fonction de V_e et V_{ref} .
3. Quand $V_e > V_{ref}$, quel est le signe de la tension V_d ? En déduire la valeur de V_s .
4. Quand $V_e < V_{ref}$, quel est le signe de la tension V_d ? En déduire la valeur de V_s .
5. En déduire la caractéristique de transfert de ce montage.

6. Si l'on a les valeurs de résistances $R1 = R2 = 10\text{ k}\Omega$, quelle est l'allure du signal de sortie sollicité par le signal d'entrée ci-dessous ?



Comparteur 1 rail non inversé



2. $V_d = \varepsilon = V^+ - V^- = V_e - V_{ref}$

Rq : on note l'absence de contre réaction \Rightarrow fct° non linéaire de l'Asp \Rightarrow V_s ne prend que 2 états $+V_{cc}$ ou $-V_{cc}$ en fonction du signe de V_d

$$\Rightarrow V^+ \neq V^-$$

3. si $V_e > V_{ref}$ alors $V_d = \varepsilon > 0$ (et $\neq 0$!) car non linéaire

$$\Rightarrow V_s = A_d \times V_d$$

\downarrow
 $\neq 0$

(en pratique $A_d \approx 200\,000$!)

$$\Rightarrow V_s > 0 \text{ si } V_d = \varepsilon > 0$$

$\Rightarrow V_s = +V_{cc}$. l'asp est saturé (rail haut) d'alim

Rq : en pratique il existe une tension de déchet : $V_s = +V_{cc} - V_{déch}$

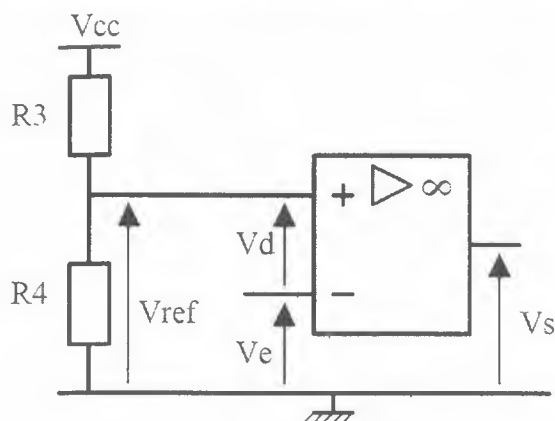
↳ Asp "rail to rail" ont une tension de déchet optimisée et très faible (mais ils sont + chers!)

4 si $V_e < V_{ref} \Rightarrow V_d < 0 \Rightarrow V_s = -V_{cc}$

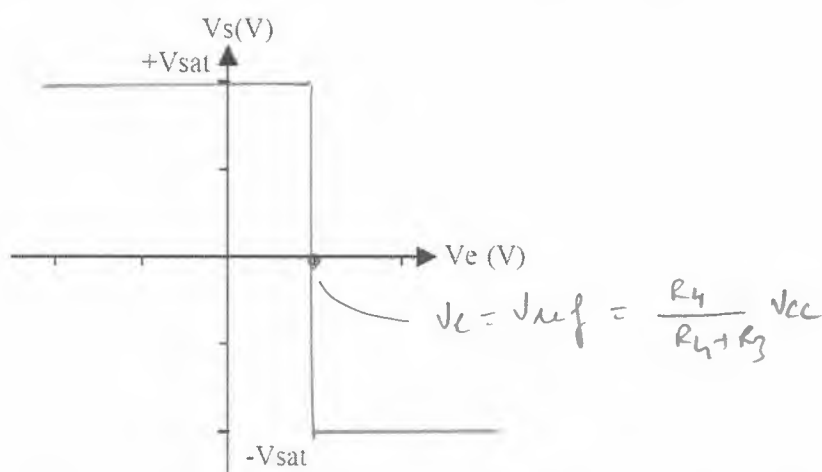
5/6 voir feuille

II. Comparateur inverseur à un seuil

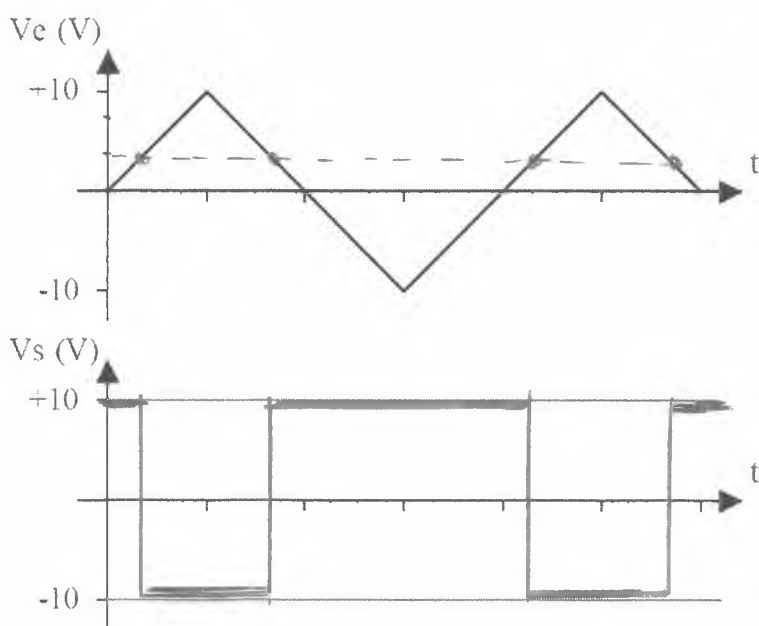
L'amplificateur sera supposé parfait et alimenté entre +/- 10V et $V_{cc}=10V$.



1. Déterminer l'expression littérale de V_{ref} .
2. Donner l'expression de la tension différentielle d'entrée du comparateur (V_d) en fonction de V_e et V_{ref} .
3. Quand $V_e > V_{ref}$, quel est le signe de la tension V_d ? En déduire la valeur de V_s .
4. Quand $V_e < V_{ref}$, quel est le signe de la tension V_d ? En déduire la valeur de V_s .
5. En déduire la caractéristique de transfert de ce montage.



6. Si l'on a les valeurs de résistances $R_3 = 4,7k\Omega$ et $R_4 = 2,2k\Omega$, quelle est l'allure du signal de sortie sollicité par le signal d'entrée ci-dessous ?

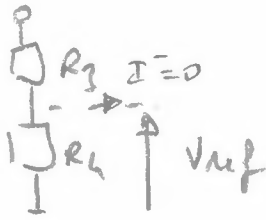


$$V_{ref} = \frac{2.2k}{4.7k + 2.2k} \times 10$$

$$\approx 3.2V$$

Comparteur inverseur à seuil

7



$$V_{ref} = \frac{R_4}{R_4 + R_3} V_{cc}$$

(pt division à vide)

8 -
$$V_d = \varepsilon = \frac{V_{ref}}{V^+} - \frac{V_e}{V^-}$$

Rappel : $V_d = \varepsilon =$ tension différentielle en entrée de l'Aop.

9 - si $V_e > V_{ref} \Rightarrow V_d < 0$
 $\Rightarrow V_s = -V_{cc} (= -V_{sat})$

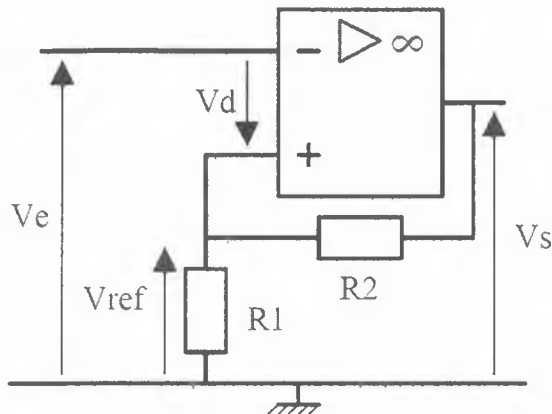
rappel : $V^+ \neq V^-$ car Aop NON linéaire car en pas de CR.

10 $V_e < V_{ref} \Rightarrow V_d > 0 \Rightarrow V_s = +V_{sat} = +V_{cc}$

n-n fille.

III. Comparateur inverseur à hystérésis

L'amplificateur sera supposé parfait et alimenté entre +/- 10V et $V_{cc}=10V$.

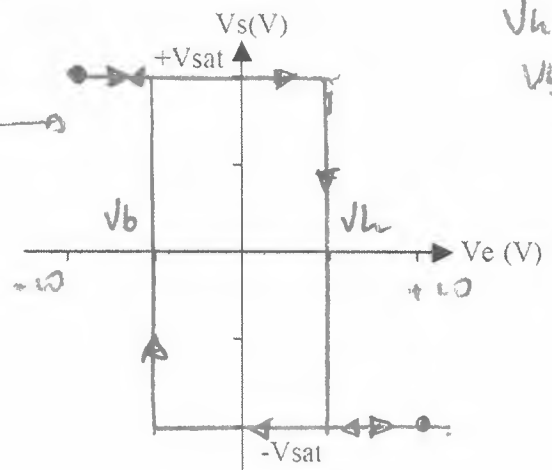


1. Déterminer l'expression littérale de V_{ref} .
2. Donner l'expression de la tension différentielle d'entrée du comparateur (V_d) en fonction de V_e et V_{ref} .
3. Supposons que $V_e = -V_{cc}$, quel est le signe de la tension V_d ? En déduire la valeur de V_s .
4. Donner l'expression du seuil de basculement $V_{ref} = V_h$.
5. Si V_e augmente, à partir de quelle valeur la sortie va changer d'état?

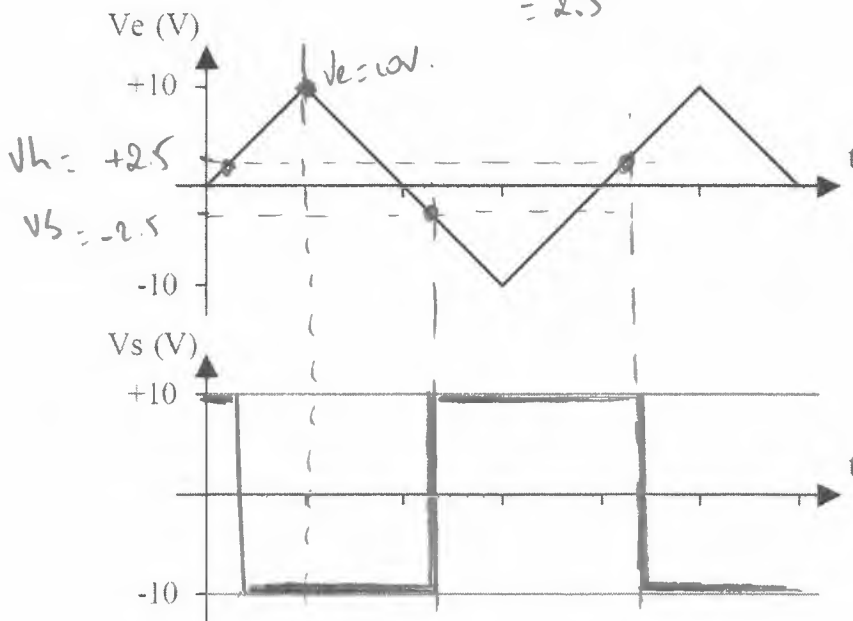
6. Quand V_s a changé d'état, donner l'expression du nouveau seuil de basculement $V_{ref} = V_b$.

7. En déduire la caractéristique de transfert de ce montage. *→ pour l'exemple $R_2 = R_1$ →*

8. Si l'on a les valeurs de résistances $R_1 = 10k\Omega$ et $R_2 = 30k\Omega$, quelle est l'allure du signal de sortie sollicité par le signal d'entrée ci-dessous?

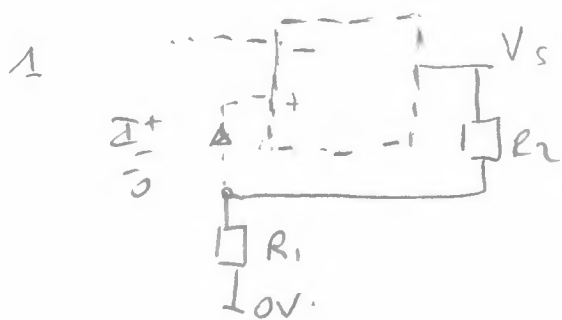


$$|V_{seuil}| = \frac{10k}{10k + 30k} \times 10 = 2.5$$



*je commence par là (pt commencer $V_e = 10V$)
je complète ensuite*

Comparateur inverseur à hystérésis.



je reconnais 1 pont diviseur de tension

$$V^+ = V_{ref} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_S$$

2

$$V^- = V_e$$

$$V^+ = V_{ref} \Rightarrow V_d = E = V^+ - V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_S - V_e$$

Rg: Aop en réaction positive \Rightarrow Aop NON linéaire

$$\Rightarrow E \neq 0 \Rightarrow V^+ \neq V^- !!$$

$\Rightarrow V_S = +V_{cc}$ ou $-V_{cc}$ suivant le signe de N_d

3. si $V_e = -V_{cc} \Rightarrow N_d = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_S + V_{cc}$
 $V_S = +V_{cc}$ ou $-V_{cc}$

On $\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_S < +V_{cc}$ car $R_1 \leq R_1 + R_2$ ($R > 0$!)

$$\Rightarrow N_d > 0! \Rightarrow V_S = +V_{sat} (\approx +V_{cc})$$

On a: $N_d = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} - V_e > 0$ (correct)
 $-(-V_{cc})$

4 basculement lorsque N_d change de signe.

$$N_d < 0 \text{ lorsque } V_d = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} - V_e < 0$$

$$V_e > \left| \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} \right| = V_h \text{ seuil}$$

5 $V_e \neq 0$ lorsque $V_e > V_h = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat}$ V_d change de signe V_s passe de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$

6. On a toujours :

$$V_d = V^+ - V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s - V_e.$$

sauf que $V_s = -V_{sat}$ maintenant !

$$V_d = \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} - V_{sat} \right] - V_e$$

nouveau seuil V_b

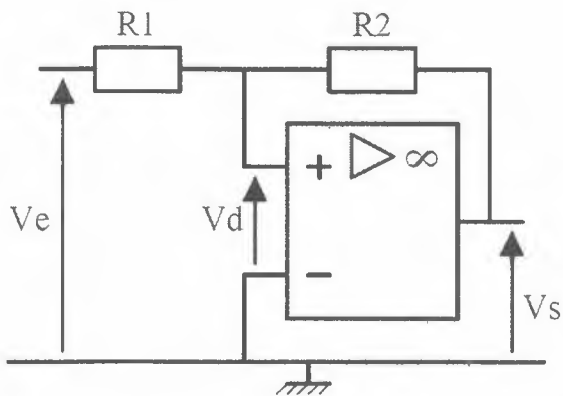
en effet on rebasculera lorsque V_d redevient > 0

$$V_d > 0 \rightarrow -\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} - V_e > 0.$$

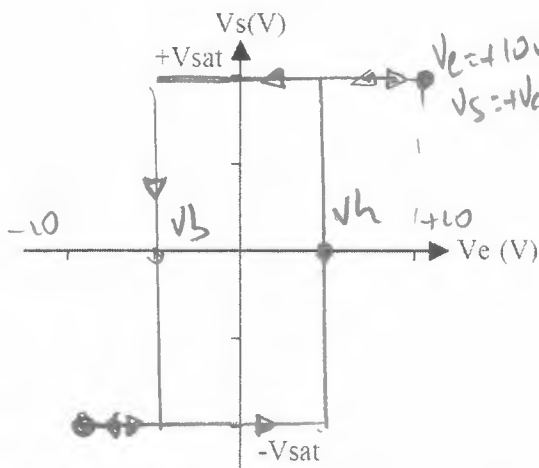
$$V_e < -\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} = V_b$$

IV. Comparateur non inverseur à hystérésis

L'amplificateur sera supposé parfait et alimenté entre $\pm 10V$ et $V_{cc}=10V$. Dans ce montage on considère que $R_2 > R_1$.



1. Donner l'expression de la tension différentielle d'entrée du comparateur (V_d) en fonction de V_e et V_s .
2. Supposons que $V_e = -V_{cc}$, quel est le signe de la tension V_d ? En déduire la valeur de V_s .
3. Calculer le premier seuil de basculement V_h .
4. Si V_e augmente, à partir de quelle valeur la sortie va changer d'état?
5. Quand V_s à changer d'état, calculer le deuxième seuil de basculement V_b .
6. En déduire la caractéristique de transfert de ce montage.

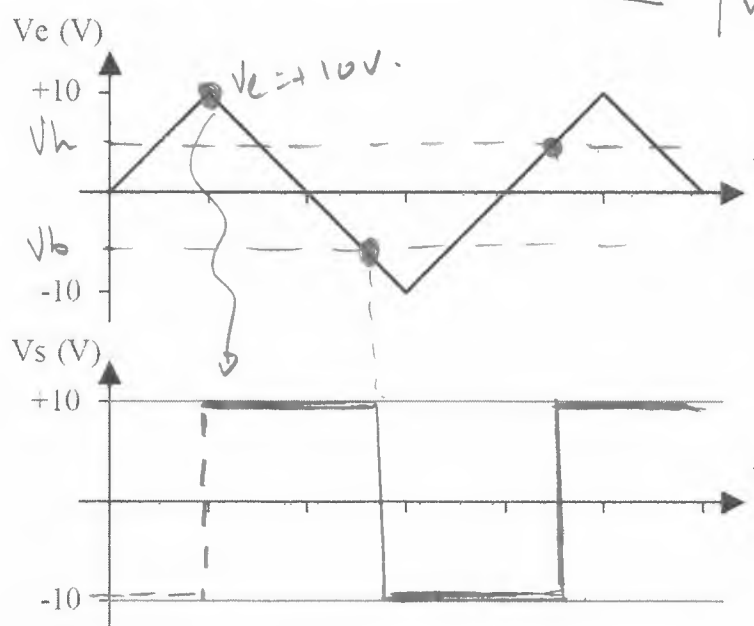


pour l'exemple $R_2 = 2R_1$

$$\Rightarrow V_b = -\frac{V_{cc}}{2}$$

$$V_h = +\frac{V_{cc}}{2}$$

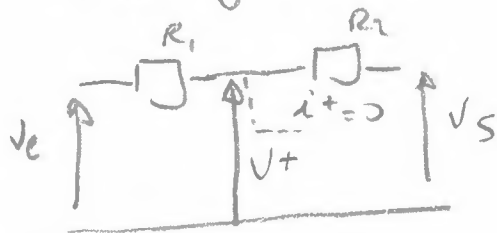
7. Si l'on a les valeurs de résistances $R_2 = 2.R_1 = 10k\Omega$, quelle est l'allure du signal de sortie sollicité par le signal d'entrée ci-dessous?



$$|V_{seuil}| = \frac{R_1}{2R_1} V_{cc} = \frac{V_{cc}}{2} = 5V.$$

Comparteur non inverse à hystérésis.

1 - $V_d = V^+ - V^-$
 $V^- = 0V$ et $V^+ ?$ je redonne.



je applique Millman :

$$V^+ = \frac{\frac{V_e}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{R_2 V_e + R_1 V_s}{R_1 R_2}}{\frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$$

cl: $V_d = V^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$

$V_s = +V_{cc}$ ou $V_s = -V_{cc}$
 (app non linéaire!)

2. $V_e = -V_{cc} \Rightarrow V_d = \frac{-R_2}{R_1 + R_2} V_{cc} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{cc} = \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2} (R_1 - R_2)$

comme $R_1 < R_2 \Rightarrow V_d < 0$
 $\Rightarrow V_s = -V_{cc} (-V_{sat})$

3. $\begin{cases} V_e = -V_{cc} \text{ et } \\ V_s = -V_{cc} \text{ car } \\ V_d < 0 \end{cases}$ basculement lorsque V_d devient > 0

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (-V_{cc}) > 0$$

$$\frac{R_2 V_e}{R_1 + R_2} > \frac{R_1 V_{cc}}{R_1 + R_2}$$

$$V_e > \left| \frac{R_1 V_{cc}}{R_2} \right|$$

$$I = V_h$$

rg: on retrouve
 le fait que $R_2 > R_1$ pour
 avoir $V_h < V_{cc}$.

4. $\begin{cases} V_e \nearrow \\ V_s = -V_{cc} \\ V_d < 0 \end{cases}$ bascule pour $V_d > 0$.
 donc pour $V_e > \frac{R_1}{R_2} V_{cc}$
 et V_s change et passe à $+V_{cc}$

5. On a maintenant $V_s = +V_{cc}$ car $V_d > 0$.

On repasse à $V_s = -V_{cc}$ lorsque $V_d < 0$.

$$\text{on } V_d = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s \xrightarrow{V_s = +V_{cc}} = +V_{cc} \text{ état actuel}$$

changement pour $V_d < 0$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (+V_{cc}) < 0$$

$$V_e < \boxed{-\frac{R_1}{R_2} V_{cc}}$$

$V_b = \text{seuil bas}$

6/2 voir feuille.