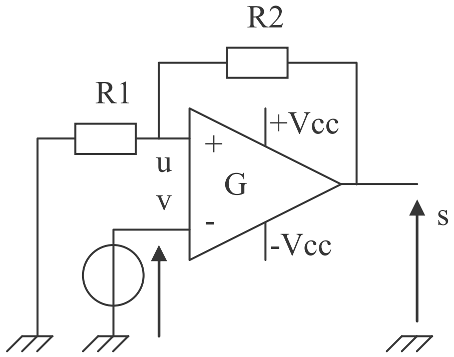
Nom : **Prénom :**

-Devoir surveillé "**à trous**" (durée impartie = 2h00)

-La calculatrice est autorisée.

-L'énoncé est à lire entièrement mais la plupart des questions sont indépendantes.

Partie 1. : Comparateurs de signaux (5,5 points) *mise en équation*



1.1. Quel est le régime de fonctionnement de cet AOP ? (0,5pt)

Régime non linéaire (saturé)

1.2. Exprimer « u » à l'aide du théorème de Millman (0,5pts)

$$Millman : \mathrm{u} = \frac{\frac{0}{R1} + \frac{\mathrm{s}}{R2}}{1/R1 + 1/R2}$$

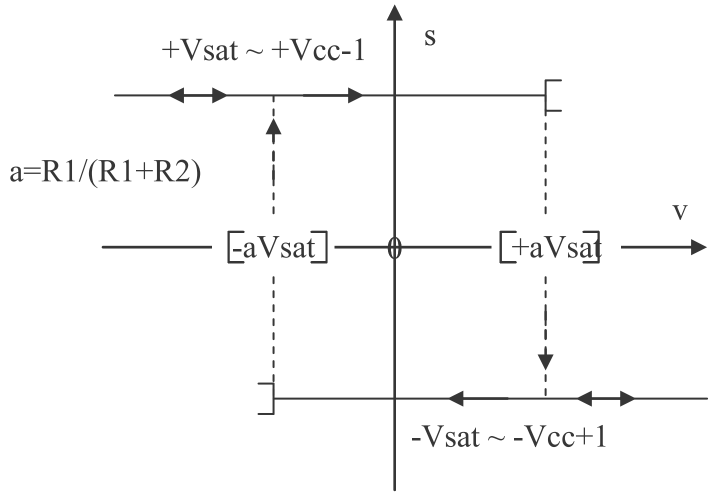
1.3. Montrer que u=s.a en identifiant a. (0,5pt)

$$\mathrm{u} = \mathrm{s}.\frac{\mathrm{R1}}{R1+R2} = s.a \ avec \ a = \frac{\mathrm{R1}}{R1+R2}$$

1.4. Déduire de ce qui précède les équations qui déterminent l'état de la sortie en fonction de l'entrée (0,5pt)

$$\boxed{\begin{array}{l} Si \ \mathrm{s} = +\mathrm{Vsat} \cong +Vcc - 1 \Rightarrow \mathrm{u - v} > 0 \Rightarrow \mathrm{v} < +\mathrm{a.Vsat} \\ Si \ \mathrm{s} = -\mathrm{Vsat} \cong -Vcc + 1 \Rightarrow \mathrm{u - v} < 0 \Rightarrow \mathrm{v} > -\mathrm{a.Vsat} \end{array}}$$

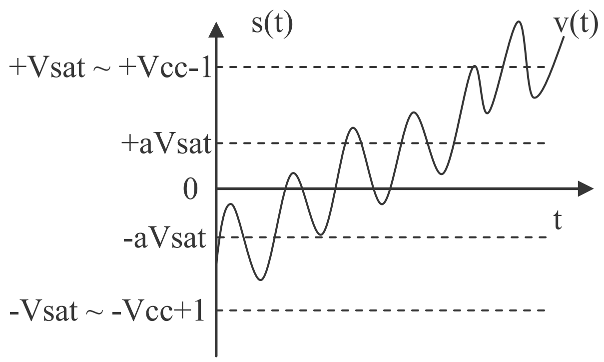
1.5. Représenter graphiquement la sortie en fonction de l'entrée (0,5pt)

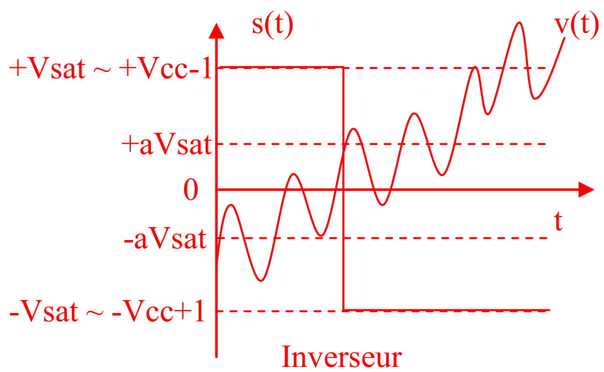


1.6. Préciser de nom de ce montage (0,5pt)

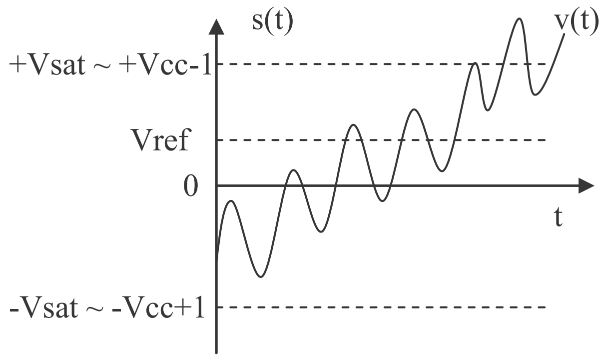
Trigger de schmitt (hystérésis inverseur)

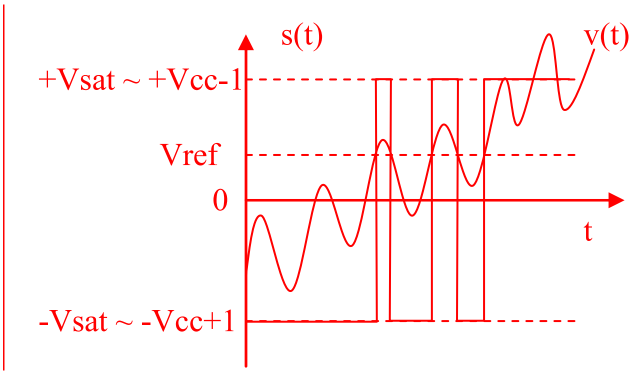
1.7. Représenter sur le graphique suivant la réponse s(t) au signal d'entrée v(t) suivant (0,5pt).





1.8. Représenter sur le graphique suivant la réponse s(t) au signal d'entrée v(t) suivant pour un comparateur non inverseur à Vref. (0,5pt).

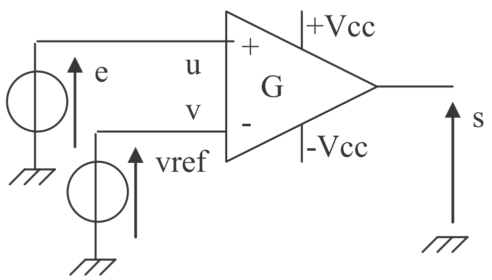




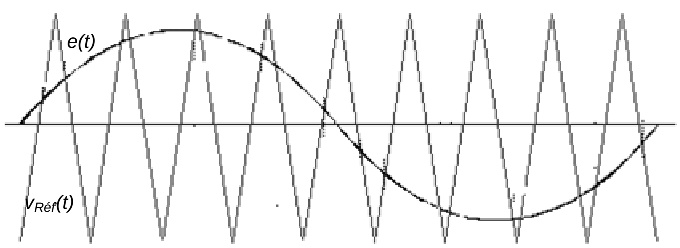
1.9. Commenter et comparer ces deux montages (0,5pt)

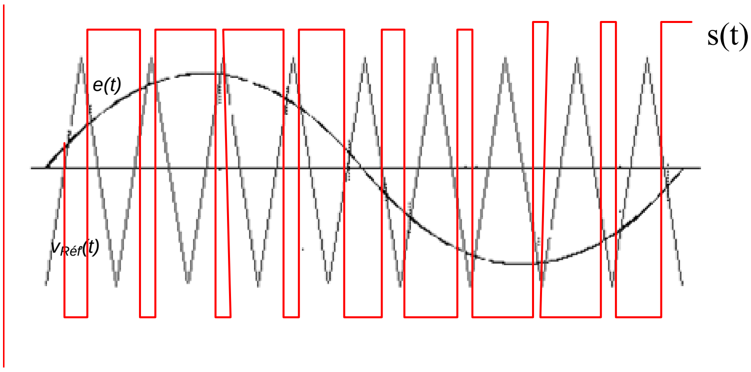
Le comparateur simple est moins stable face à une entrée bruitée

Etudions à présente la réponse de ce comparateur…



1.10. Représenter sur le graphique suivant la sortie s(t) (0,5pt).





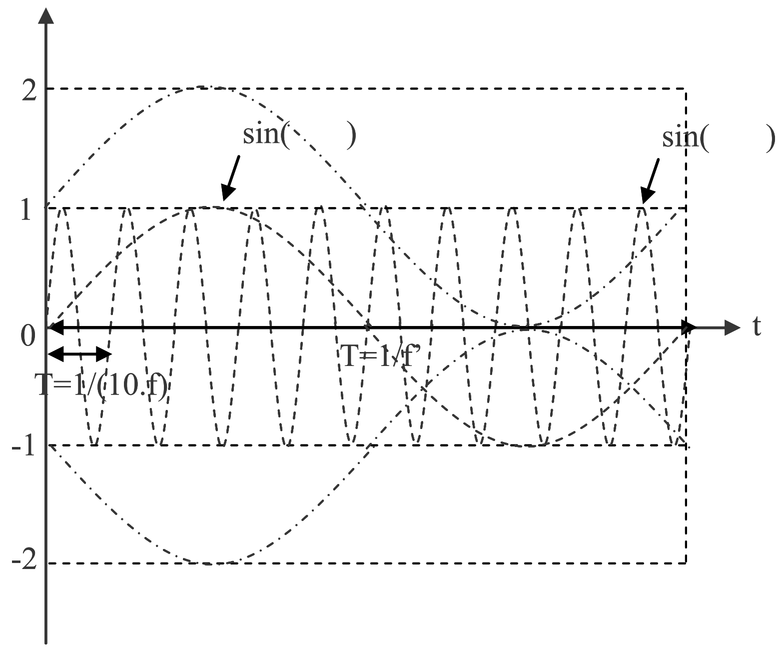
1.11. De quel type de modulation s'agit-il ? Citer une application possible. (0,5pt).

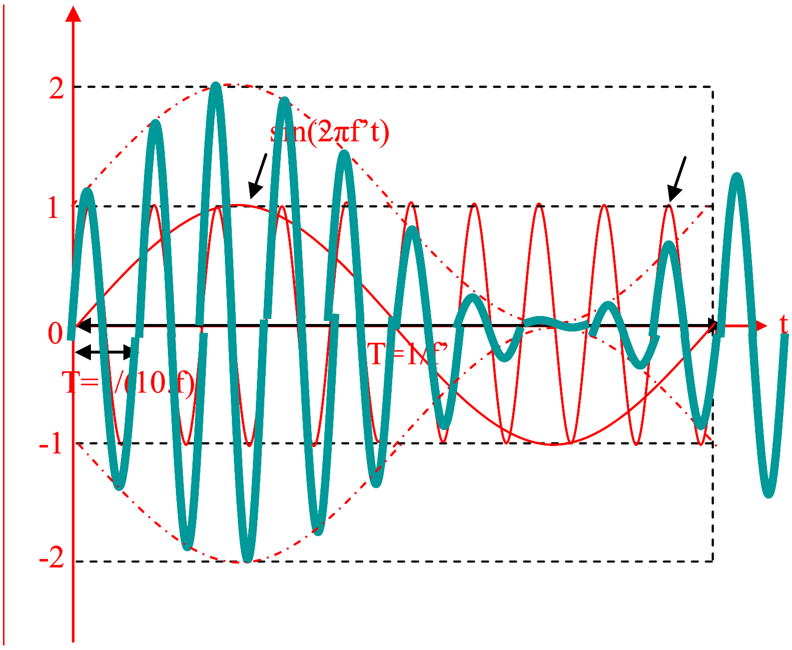
Modulation en Largeur d'Impulsion (MLI)…applicable à la régulation de vitesse des machines asynchrones

Partie 2. : Convertisseurs de signaux (7 points) *analyse d'un nouveau circuit*

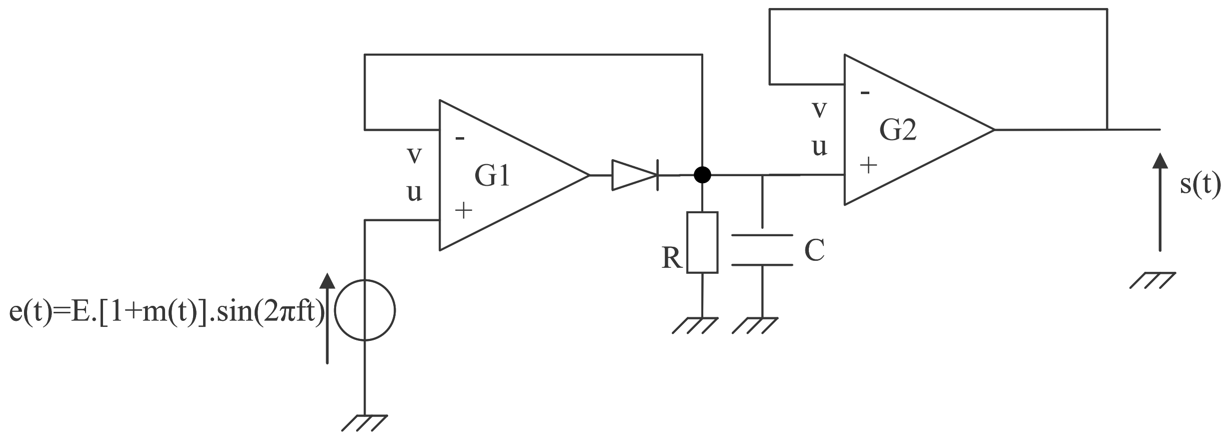
On mesure à l'aide d'un récepteur hertzien le signal suivant : e(t)=E/[1+m(t)]sin(2πft).

2.1. Représenter distinctement : sin(2πft) ; m(t)=sin(2πf't) avec f'=f/10 ; et déduire e(t) en supposant que E=1. (1,5pt)





Le signal e(t) contient le mesurande. Le défit du (de la) technicien(ne) en mesures physique est d'extraire ce mesurande du signal. Plusieurs possibilité s'offrent à lui (elle). Le conditionneur ci-dessous constitue une solution potentielle…



Nous allons analyser et décrire l'évolution du montage de gauche en incluant la diode et le circuit RC…pour ce faire procédons par étapes:

2.2. Décrire l'évolution du montage pour <u>0<t<t1</u> sachant que e(t) croit et que la capacité est déchargée à l'instant t=0. Préciser notamment la tension aux bornes de la capa, l'état de la diode et l'état de l'aop (1pt)

<u>0<t<t1 (C est déchargée à t=0)</u>
Hyp D1 est bloquée (=>on doit vérifier que va>vk)
Le montage fonctionne donc en saturation.
Si e(t) >0 et C est déchargée alors va=+Vsat
Or c'est incompatible avec D1 bloquée
Donc D1 est passante
Le montage fonctionne donc en linéaire et il s'agit d'un suiveur.

va=e(t) est légèrement supérieur à vk
Tant que e(t) croit la capa se charge.

2.3. Décrire l'évolution du montage pour <u>t1<t<t2</u> sachant que e(t) décroît. (1pt)

Nb : Ici, la tension d'alimentation de l'AOP G1 n'est pas symétrique -Vcc=0V ce qui implique que la tension de saturation négative de l'aop : -Vsat=0V.

<u>t1<t<t2 (e(t) décroît)</u>
va devient inférieure à vk et la diode se bloque
Le montage passe en régime saturé
Va=-Vsat=0V car l'alimentation n'est pas symétrique. (-Vcc=0)
La capa se décharge alors dans R avec pour constante de temps T=RC

2.4. Décrire l'évolution du montage pour <u>t2<t<t3</u> sachant que e(t) croît à nouveau. (1pt)

<u>t2<t<t3 (e(t) croit à nouveau)</u>
e(t) croit et devient à nouveau supérieur à vk et la diode devient passante
Le montage fonctionne donc en linéaire et il s'agit d'un suiveur.
va=e(t) est légèrement supérieur à vk
Tant que e(t) croit la capa se charge.
<u>Puis le cycle se répète à partir de t1</u>

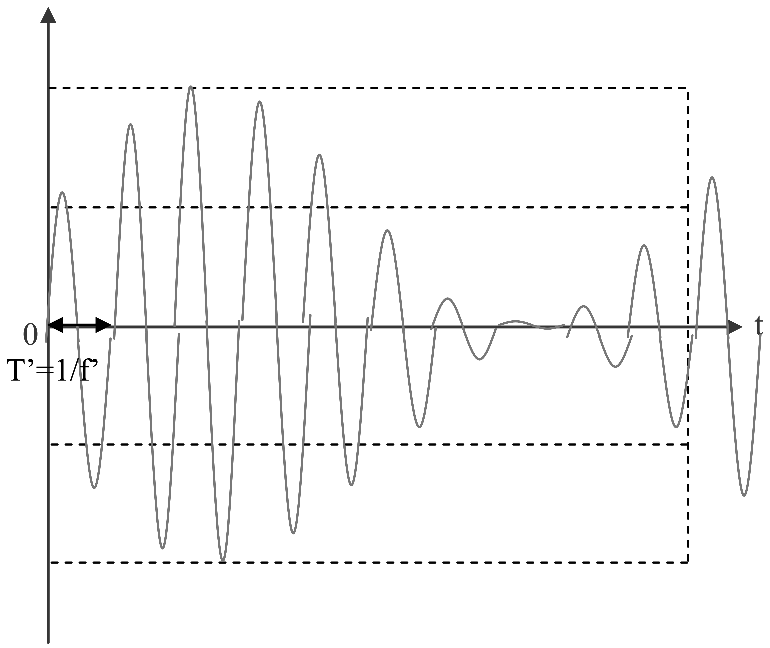
Le cycle que nous venons décrire se répète à partir de t1…

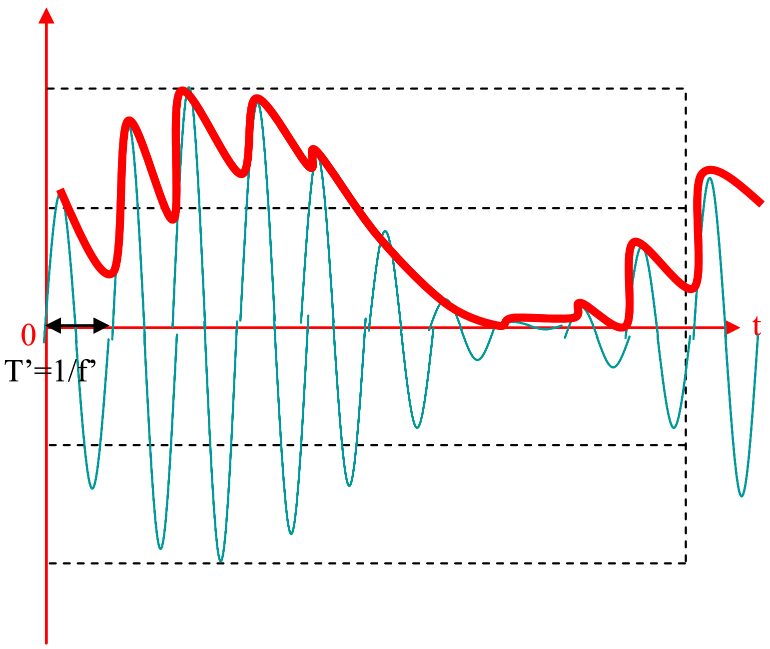
2.5. A quoi sert le montage constitué de l'aop G2 ? (0,5pts)

Ce montage est un suiveur… il sert donc à transmettre le signal de mesure sans interférer sur le montage amont puisqu'il ne consomme pas de courant (impédance infini)

2.6. Représenter enfin sur le graphe suivant, la tension de sortie du montage complet en supposant que l'entrée a l'allure suivante. (1pt)

Nb : La décharge du condensateur suit une décroissance linéaire à raison de 1V/1T' avec T'=1/f'.





2.7. Que reste t'il à faire pour se rapprocher du mesurande m(t)… quel nom donnera t'on à toute cette chaîne de mesure ? (0,5pt)

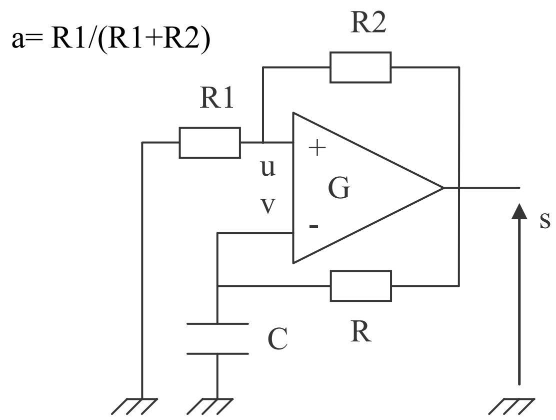
Il faut filtrer la composante continue à l'aide d'un passe haut
Cette chaîne de mesure sera un démodulateur AM

2.8. Comment doit évoluer le rapport f'/f afin que la sortie se rapproche le plus du mesurande m(t) ? (0,5pt)

Le rapport f'/f doit être >> 10

Partie 3. : Oscillateur (7,5 points) *mise en équation*

On dispose d'un condensateur dont la capacité est proportionnelle au mesurande (eg. la pression). Nous allons voir comment l'on peut mesurer la capacité (et donc la pression) à l'aide de l'oscillateur à relaxation suivant:



Si l'on observe bien ce montage, on s'aperçoit qu'il est assimilable à un trigger de Schmitt avec pour entrée la ddp aux bornes de la capacité. Ce montage fonctionne donc en commutation entre Vsat et -Vsat. Les valeurs de basculement quand la tension v(t) croit puis décroît sont :

$$\begin{cases} Si\ s = +Vsat \Rightarrow\ u\text{-}v > 0 \Rightarrow v < +a.Vsat \\ Si\ s = -Vsat \Rightarrow\ u\text{-}v < 0 \Rightarrow v > -a.Vsat \end{cases} \qquad avec\ a = \frac{R1}{R1+R2}$$

3.1. Exprimer v=f(s) sous la forme d'une équation différentielle (1pt).

$$Millman:\ v(p) = \frac{s(p)/R + v(p)C.p}{1/R + C.p}$$

$$\Rightarrow v(p) = s(p).\frac{1}{1+RCp}$$

$$\Rightarrow RCp.v(p) + v(p) = s(p)$$

$$\Rightarrow RC\frac{dv(t)}{dt} + v(t) = s(t)$$

3.2. A l'instant initial, la charge du condensateur est nulle et on suppose que la sortie s bascule en saturation positive. Déterminer l'expression de v(t) par résolution de l''équa. Diff : $\tau.\dot{v} + v = Vsat$ (1,5pt)

L'équation diff. prend la forme:

$$RC\frac{dv(t)}{dt}+v(t)=Vsat$$

Avec pour condition initiale:

$v(0)=0$ *(condensateur déchargé)*

La solution de l'équation diff est donc de la forme:

$$v(t)=v(t)gén.+v(t)part.=C.e^{-t/RC}+K$$

$$K=Vsat$$

$$\Rightarrow\ v(t)=C.e^{-t/RC}+Vsat$$

$$or\ v(0)=0=C.e^{-0/RC}+Vsat$$

$$\Rightarrow C=-Vsat$$

$$\Rightarrow v(t)=Vsat(1-e^{-t/\tau})\ avec\ \tau=RC$$

3.3. Déterminer l'instant t1 de la première commutation (1pt).

La première commutation intervient à l'instant t1tel que $v(t1)=a.Vsat$

$$\Rightarrow v(t1)=Vsat(1-e^{-t1/\tau})=a.Vsat$$

$$\Rightarrow t1=\tau.ln\frac{1}{(1-a)}$$

3.4. Déterminer la solution de l'équation diff. à partir de t1 avec comme CI v(t1)=aVsat. (1,5pt)

La deuxième commutation intervient à l'instant t2 tel que $v1(t2) = -a.Vsat$

or l'équation diff. de $v1(t) = v1'(t' = t - t1)$ *prend la forme:*

$$RC\frac{dv1'(t')}{dt} + v1'(t') = -Vsat$$

Avec pour condition initiale:

$v(t'1 = t\text{-}t1 = 0) = a.Vsat$ *(seuil de commutation)*

La solution de l'équation diff est donc de la forme:

$$v1'(t') = v1'(t')gén. + v1'(t')part. = C'.e^{-t'/RC} + K'$$

$$K' = -Vsat$$

$$\Rightarrow \; v1'(t') = C.e^{-t'/RC} - Vsat$$

$$or\; v1'(0) = a.Vsat = C'.e^{-0/RC} - Vsat$$

$$\Rightarrow C' = Vsat.(a+1)$$

$$\Rightarrow v1'(t') = Vsat(-1 + (a+1)e^{-t'/\tau})\; avec\; \tau = RC$$

$$\Rightarrow v1(t) = Vsat(-1 + (a+1)e^{-(t-t1)/\tau})$$

3.5. Ecrire les conditions de la deuxième commutation (1pt).

Le calcule de t2 est à présent possible...

$$\Rightarrow v1(t2) = Vsat(-1 + (a+1)e^{-(t2-t1)/\tau}) = -a.Vsat$$

$$\Rightarrow t2\text{-}t1 = \tau.ln(\frac{1+a}{1-a})$$

$$\Rightarrow t2 = \tau.ln(\frac{1+a}{1-a}) + \tau.ln\frac{1}{(1-a)}$$

$$\Rightarrow t2 = \tau.ln(\frac{1+a}{(1-a)^2})$$

3.6. Représenter sur le même graphique les tensions v(t) et s(t).(1,5pt)

$$v2(t) = -v1(t)$$

$$\Rightarrow v2(t) = Vsat\left[1 - (1+a).e^{-(t-t2)/\tau}\right]$$