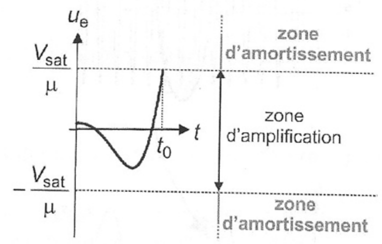
Effets non-linéaires de saturation de l'ALI lors de la croissance des oscillations

μ représente ici le gain de la chaine directe noté A dans le cours

Nous nous placerons dans ce cas par la suite.

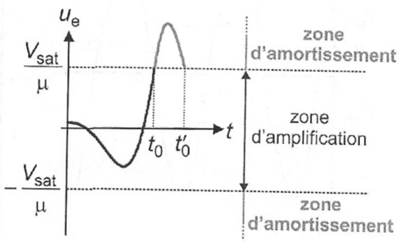
L'oscillateur étant alimenté à partir de $t=0$, l'amplitude de u_e augmente donc.



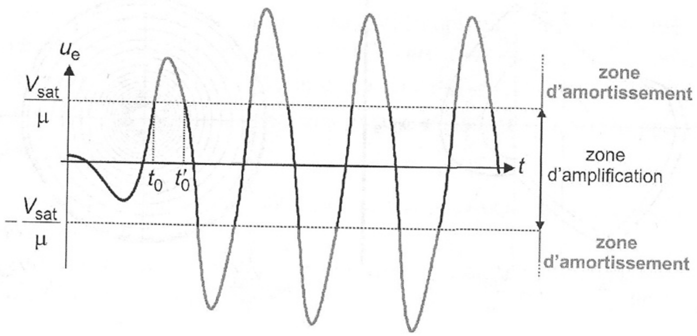
Lorsque $|u_e|$ devient supérieur à $\frac{V_{sat}}{\mu}$, l'A.L.I sature et u_e n'est plus régi par la même équation différentielle. Par exemple, si à t_0, $u_e = \frac{V_{sat}}{\mu}$, on a par la suite $u_s = +V_{sat}$, et u_e est désormais régi par :

$$\frac{d^2u_e}{dt^2} + 3\omega_0 \frac{du_e}{dt} + \omega_0{}^2 u_e = 0.$$

Le signal u_e est maintenant amorti… jusqu'à ce qu'il redevienne, à un instant t'_0, inférieur à $\frac{V_{sat}}{\mu}$.

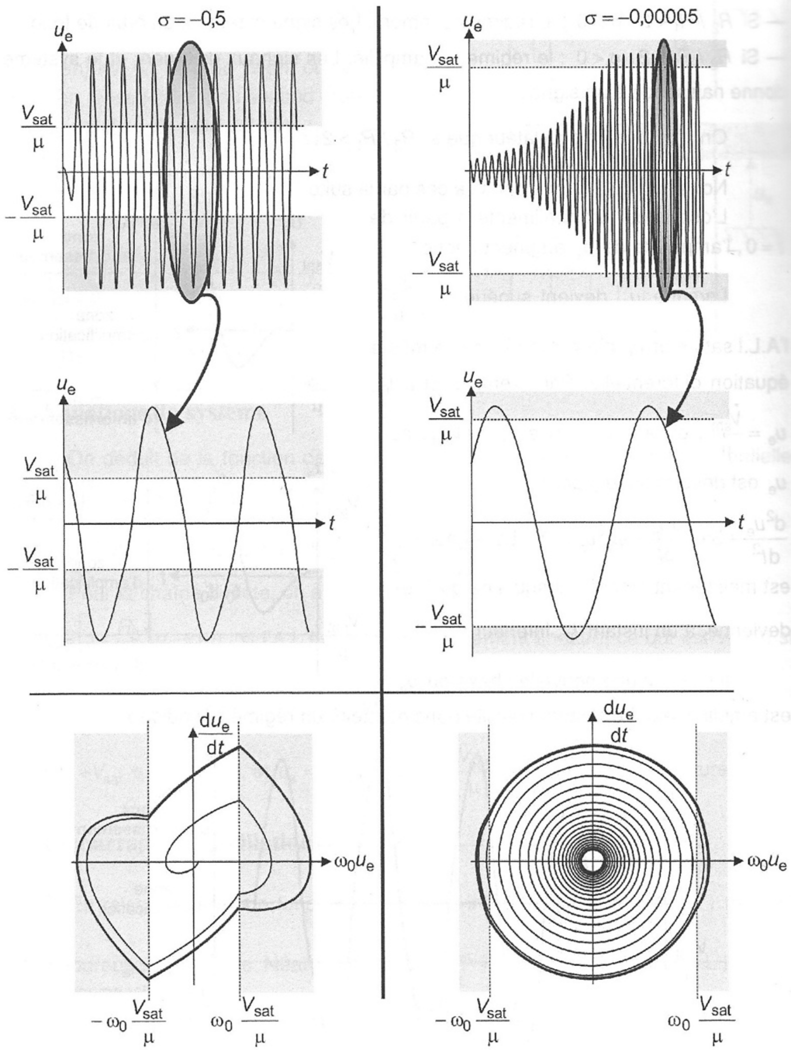


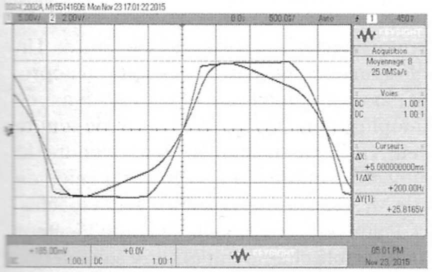
Il s'ensuit une nouvelle phase où u_e est amplifié, etc. Le système oscille donc et atteint un régime périodique :



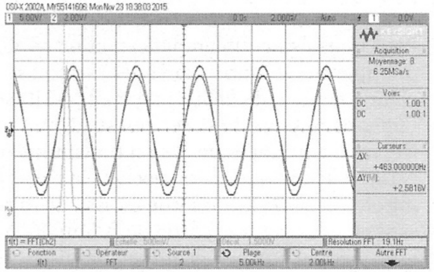
Effet du coefficient d'amplification sur la croissance des oscillations

On a tracé ci-dessous deux simulations avec $\sigma = -0{,}5$: « σ est loin de 0 » et $\sigma = -0{,}00005$: « σ est proche de 0 ».





a. Oscillations déformées, loin du seuil.



b. Oscillations quasi-sinusoïdales, près du seuil.

Figure 4.16. Oscillateur quasi-sinusoïdal à pont de Wien.

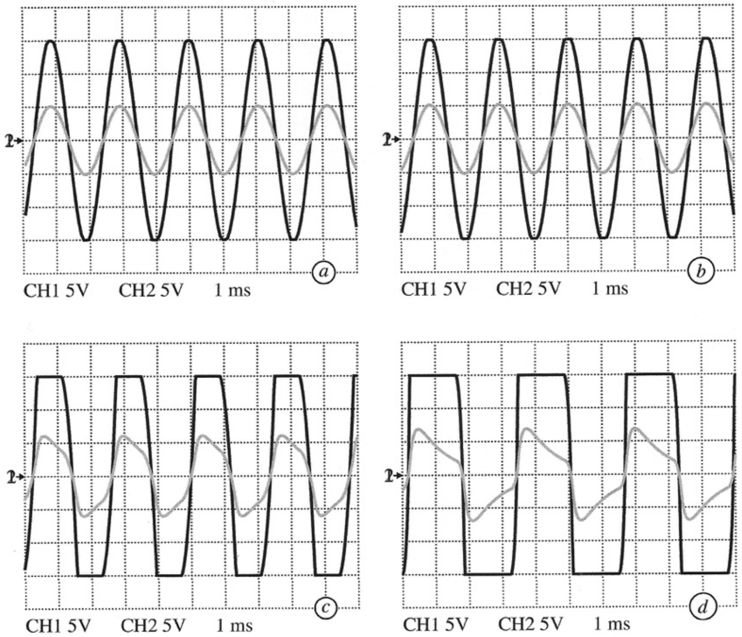


Figure 3.4 – Formes d'ondes des tensions s (voie 1 en noir) et v^+ (voie 2 en gris).

On précise dans chaque cas le rapport des résistances R_2 sur $2R_1$, ainsi que la période mesurée. Plus on s'éloigne du cas limite $R_2 = 2R_1$, moins les oscillations sont sinusoïdales et plus la période augmente :

cas	a	b	c	d
$\dfrac{R_2}{2R_1}$	1,01	1,03	1,5	3
T (ms)	2,1	2,1	2,4	3,2

Les courbes peuvent être simulées grâce au programme suivant en langage Python, dans lequel les tensions s et v^+ sont notées `s` et `v`, où les caractéristiques H_0, ω_0 et ξ du passe-bande et A du l'amplificateur sont réglables. Le programme calcule les valeurs de $s(t)$ et $v^+(t)$, en tenant compte de la saturation de l'amplificateur opérationnel à V_{sat} avec la commande `lineaire=abs(A*v)<Usat`. Il affiche les résultats entre les dates `tmin` et `tmax`.

$$(RC)^2\,\frac{d^2v^+}{dt^2} + RC\left(2 - \frac{R_2}{R_1}\right)\frac{dv^+}{dt} + v^+(t) = 0.$$

Remarque

Attendu que les tensions v^+ et s sont proportionnelles, *via* l'amplificateur, s obéit à la même équation différentielle.

Programme (python)

```
from pylab import *
from scipy.integrate import odeint
parametres=(A,H0,xi,w0,Usat,v0,tmin,tmax)=
(1.1,1/3,1.5,6,15,0.1,40,50)
Nmax=1000
t=linspace(0,tmax,Nmax)
Nmin=(tmin*Nmax)//tmax
def f(X,t):
    s,v,sp,vp=X
    lineaire=abs(A*v)<Usat
    sp=A*vp*lineaire
    vpp=2*xi*w0*(sp*H0-vp)-w0**2*v
    spp=A*vpp*lineaire
    return [sp,vp,spp,vpp]
X=odeint(f,[A*v0,v0,0,0],t)
(s,v)=transpose(X)[[0,1]]
subplot(211);title('A='+str(A)+', xi='+str(xi))
plot(t,v,t,s);xlim(tmin,tmax);grid()
show()
```