

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE : OXYDATION DE SO₂ en SO₃

	SO ₂	O ₂	SO ₃	N ₂	Nombre total de moles gazeuses
t = 0	2 n ₀	n ₀	0	4 n ₀	5 n ₀
équilibre	2 n ₀ (1 - ?)	n ₀ (1 - ?)	2 n ₀ ?	4 n ₀	n ₀ (7 - ?)
pressions partielles à l'équilibre	$\frac{2(1-\alpha)}{7-\alpha} P$	$\frac{1-\alpha}{7-\alpha} P$	$\frac{2\alpha}{7-\alpha} P$	$\frac{4}{7-\alpha} P$	

$$K = \frac{P_{\text{SO}_3^2}}{P_{\text{SO}_2}^2 P_{\text{O}_2}} P_0 = \frac{\alpha^2 (7-\alpha) P_0}{(1-\alpha)^3 P}$$

c)

T en K	500	700	1000	1200
K	6,5.10 ¹⁰	8,1.10 ⁴	2.9	5,6.10 ⁻²
?	1,000	0,996	0,348	0,080

?? ? décroît quand la température augmente : Donc, la réaction est exothermique.

* Pour obtenir un bon taux de conversion, il faut travailler à une température inférieure à 700 K.

2) a) ${}_r H^0(298 \text{ K}) = 2 H_f^0(\text{SO}_3) - 2 H_f^0(\text{SO}_2) - H_f^0(\text{O}_2) = -198 \text{ kJ}$

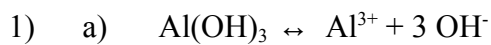
$${}_r S^0(298 \text{ K}) = 2 S_f^0(\text{SO}_3) - 2 S_f^0(\text{SO}_2) - S_f^0(\text{O}_2) = -189 \text{ J.K}^{-1}$$

b) ${}_r G^0(T) = {}_r H^0(298 \text{ K}) - T {}_r S^0(298 \text{ K}) = -198.10^3 + 189 T \text{ en J}$

$$\ln K = -{}_r G^0(T) / RT = -22,7437 + 23830/T$$

T en K	500	700	1000	1200
K donnée	6,5.10 ¹⁰	8,1.10 ⁴	2.9	5,6.10 ⁻²
??calculée	6,6.10 ¹⁰	8,0.10 ⁴	2,95	5,6.10 ⁻²

La corrélation est excellente. Les hypothèses sont donc valides.

PRECIPITATION : QUELQUES PROPRIETES DE L'ALUMINIUM

$$K_s = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3$$

Si on néglige les ions OH^- apportés par l'eau, $[\text{Al}^{3+}] = S$ et $[\text{OH}^-] = 3S$

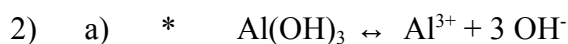
$$\Rightarrow K_s = 3^3 S^4$$

$$\Rightarrow S = \frac{1}{3} \sqrt[4]{3K_s} = 2,47 \cdot 10^{-9} \text{ mol.l}^{-1} \quad pH = pK_e + \frac{1}{4}(\lg 3 - pK_s) = 5,87$$

b) Dans l'eau pure, le pH est de 7. En apportant des ions OH^- par la dissolution de $\text{Al}(\text{OH})_3$, on devrait obtenir un $pH > 7$! Donc, l'hypothèse n'est pas valide.

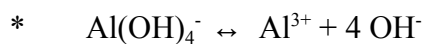
Etant donné la faible quantité de $\text{Al}(\text{OH})_3$ qu'on aura pu dissoudre (on sait qu'elle sera $< 2,47 \cdot 10^{-9} \text{ mol.l}^{-1}$ d'après ce qui précède), on peut supposer qu'on conserve le pH de l'eau pure :

$$\Rightarrow pH = 7 \quad S = [\text{Al}^{3+}] = \frac{K_s}{K_e^{\frac{3}{2}}} = 10^{-12} \text{ mol.l}^{-1}$$



$$K_s = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3$$

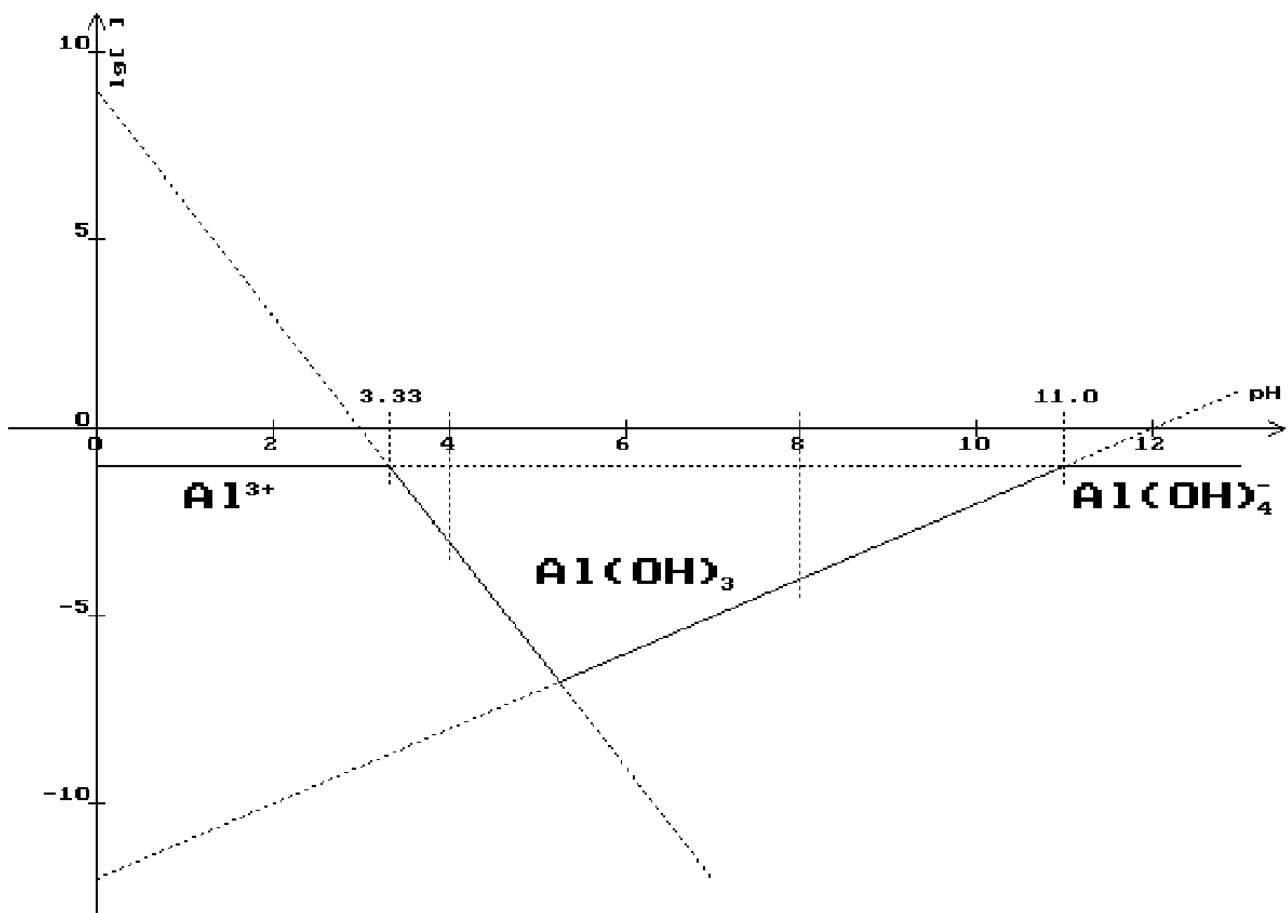
$$\Rightarrow \lg[\text{Al}^{3+}] = 3pK_e - pK_s - 3pH = 9 - 3pH$$



$$K_d = \frac{[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^4}{[\text{Al}(\text{OH})_4^-]} \quad 0[\text{Al}(\text{OH})_4^-] = \frac{[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^4}{K_d} = \frac{K_e}{K_d} \cdot \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

$$\Rightarrow \lg[\text{Al}(\text{OH})_4^-] = pK_d - pK_s - pK_e + pH = pH - 12$$

b) Ci-après sont représentés $\lg[\text{Al}^{3+}]$ et $\lg[\text{Al}(\text{OH})_4^-]$ en fonction du pH, ainsi que la droite $\lg c = -1$.



$\lg[\text{Al}^{3+}]$ & $\lg[\text{Al}(\text{OH})_4^-]$ EN FONCTION DU pH

c)

	pH = 2	pH = 4	pH = 8	pH = 13
$[\text{Al}^{3+}]$ en mol.l ⁻¹	0,1	10^{-3}	10^{-15}	0
$[\text{Al}(\text{OH})_4^-]$ mol.l ⁻¹	0	10^{-4}	10^{-4}	0,1
Nombre de mol $\text{Al}(\text{OH})_3$ qui ont précipité par l	0	0,0989	0.0999	0

d) * $\text{Al}(\text{OH})_3$ est le moins soluble aux alentours de pH = 5,25 comme l'indique le graphe. Pour obtenir une valeur précise, exprimons la solubilité S en fonction de $x = [\text{H}_3\text{O}^+]$ et dérivons par rapport à x:

$$S = [\text{Al}^{3+}] + [\text{Al}(\text{OH})_4^-] = 10^9 \cdot x^{-3} + 10^{-12} \cdot x$$

$$dS/dx = -3 \cdot 10^9 \cdot x^{-4} + 10^{-12} = 0 \text{ pour } x = 4,3 \cdot 10^{-6} \Leftrightarrow \text{pH} = 5,37$$

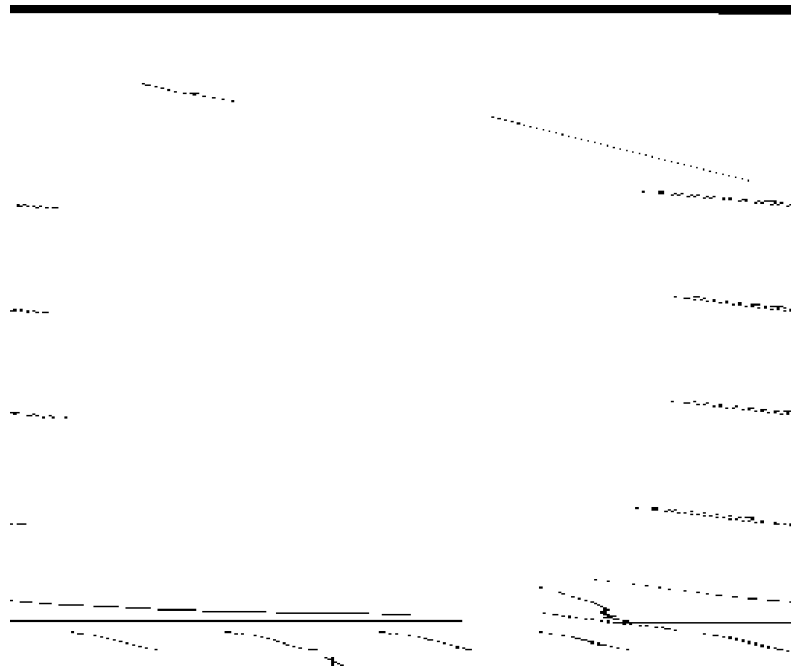
* $\text{Al}(\text{OH})_3$ est le plus soluble pour pH < 3,33 ou > 11 (points d'intersection de la droite $\lg c = -1$ avec les deux autres droites).

ELECTRONIQUE : REALISATION D'UN REJECTEUR DE GRANDE SELECTIVITE**I) Forme normalisée d'une fonction de transfert****1) Filtre passe-bande**

$$a) \quad \underline{H} = \frac{A_0}{1+jQ\left(\frac{f}{f_0}-\frac{f_0}{f}\right)} \Rightarrow G = \frac{|A_0|}{\left[1+Q^2\left(\frac{f}{f_0}-\frac{f_0}{f}\right)^2\right]^{1/2}}$$

* Etude asymptotique:

	$f \ll f_0$	$f = f_0$	$f \gg f_0$
$\underline{H}$	$j A_0 f / Q f_0$	A_0	$-j A_0 f_0 / Q f$
G	$ A_0 f / Q f_0$	$ A_0 $	$ A_0 f_0 / Q f$
ϕ	$\pi / 2$	0	$-\pi / 2$

* Allure de $G(f)$ pour $|A_0| = 1$ et $Q = 20$ 

b) Les fréquences de coupure sont obtenues pour $G = |A_0| / \sqrt{2}$

$$\hat{U}Q\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right) = eavece = \pm 1$$

$$\hat{U}Qf^2 - ef_0f - Qf_0^2 = 0$$

$$\hat{U}f = \frac{e \pm \sqrt{1+4Q^2}}{2Q} f_0 : f \text{ devant être } > 0, \text{ seul le signe } + \text{ convient}$$

$$\hat{U}\left\{f_1 = \frac{f_0}{2Q}\left(\sqrt{1+4Q^2} - 1\right) f_2 = \frac{f_0}{2Q}\left(\sqrt{1+4Q^2} + 1\right)\right\}$$

c) $Df = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$

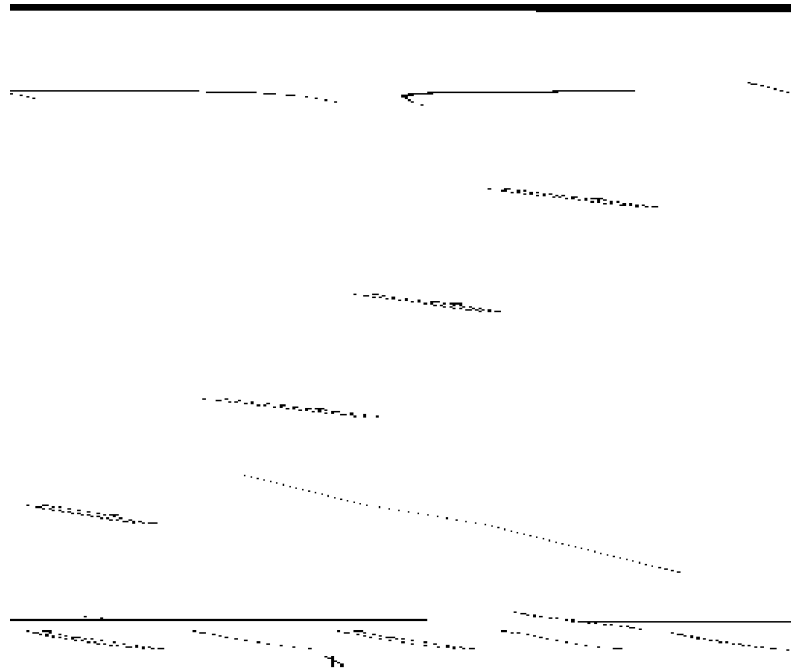
2) Filtre coupe-bande

a) $\underline{H} = \frac{A_0}{1 + \frac{1}{jQ\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)}} \Rightarrow G = \frac{|A_0|}{\left[1 + \frac{1}{Q^2\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}\right]^{1/2}}$

* Etude asymptotique:

	$f \ll f_0$	$f = f_0$	$f \gg f_0$
$\underline{H}$	A_0	$j Q A_0 (f/f_0 - f_0/f)$	A_0
G	$ A_0 $	0	$ A_0 $
ϕ	0	$- \pi / 2 \quad + \pi / 2$	0

* Allure de $G(f)$ pour $|A_0| = 1$ et $Q = 20$



b) Les fréquences de coupure sont obtenues pour $G = |A_0| / \sqrt{2}$

$$\hat{U}Q\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right) = eavece = \pm 1$$

$$\hat{U}Qf^2 - ef_0f - Qf_0^2 = 0$$

$$\hat{U}f = \frac{e \pm \sqrt{1 + 4Q^2}}{2Q} f_0 : f \text{ devant être } > 0, \text{ seul le signe } + \text{ convient}$$

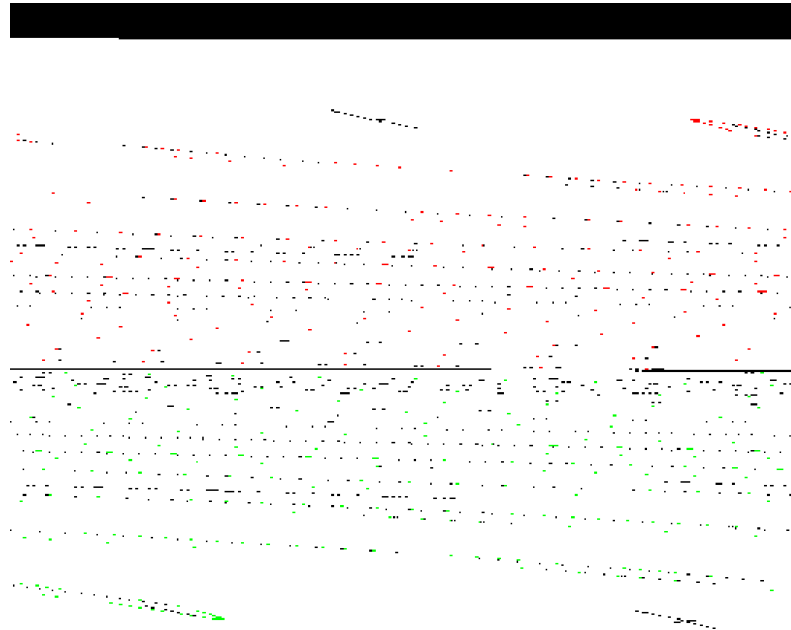
$$\hat{U}\left\{f_1 = \frac{f_0}{2Q}\left(\sqrt{1 + 4Q^2} - 1\right) f_2 = \frac{f_0}{2Q}\left(\sqrt{1 + 4Q^2} + 1\right)\right\}$$

c) $Df = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$

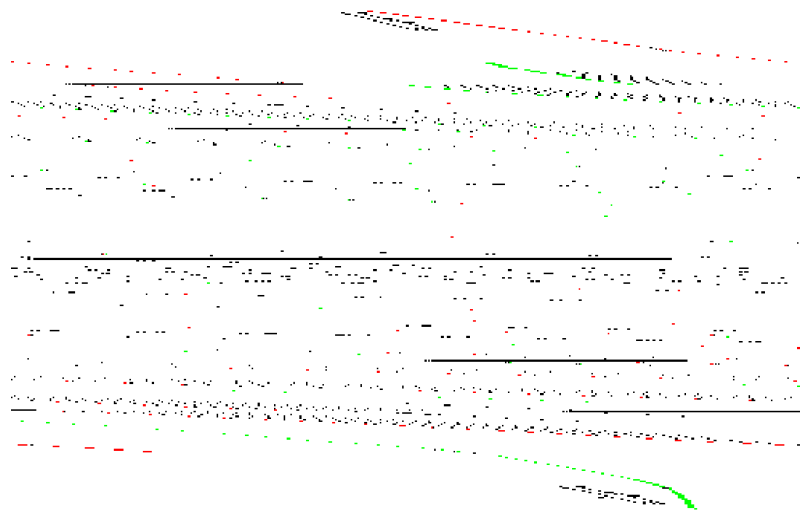
3) Etude expérimentale d'un filtre en régime sinusoïdal

Le BF est branché à l'entrée du montage; l'oscillomètre est branché à la sortie du montage; on prend soin de respecter les masses.

On sort la base de temps de l'oscillomètre et on l'injecte sur l'entrée « balayage » du BF. Ceci a pour effet de faire varier la fréquence du signal délivré par le BF linéairement en fonction du temps. On obtient une courbe dont l'enveloppe est $G(f)$. Ci-après représentation pour le filtre passe-bande.



On procède comme précédemment, mais en intercalant entre la sortie du filtre et l'oscillomètre un convertisseur phase-tension. On obtient une courbe dont l'enveloppe est $\varphi(f)$. Ci-après représentation pour le filtre passe-bande.



II) Réalisation d'un passe-bande

1) Appliquons le théorème de Millmann:

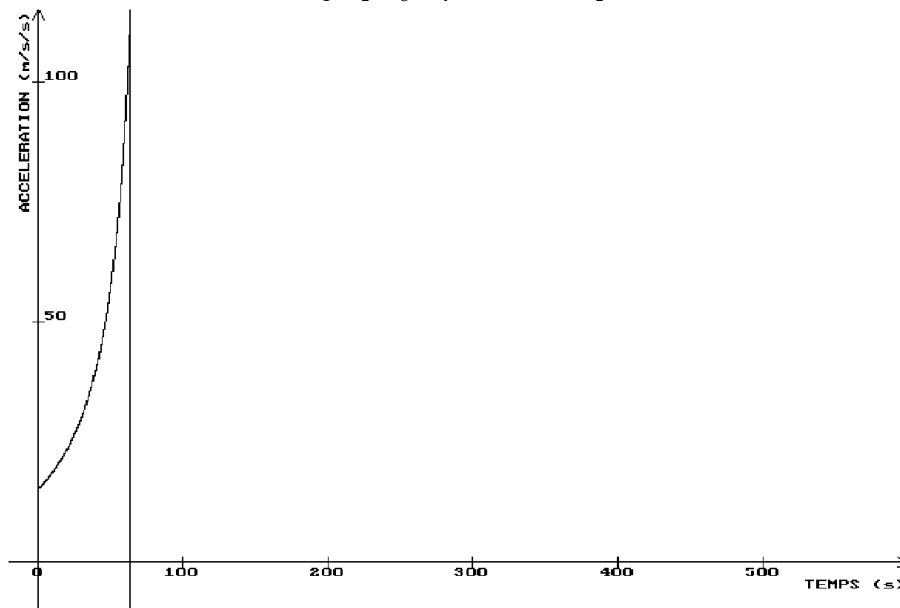
* Au point P, centre de la « croix »:

$$\frac{Y}{-1}u_e + \frac{Y}{-4}u_s = u_p \left(\frac{Y}{-1} + \frac{Y}{-2} + \frac{Y}{-3} + \frac{Y}{-4} \right)$$

* A l'entrée E_e :

$$\frac{Y}{-2}u_p + \frac{Y}{-5}u_s = 0$$

$$\Rightarrow u_p = \frac{\left(\frac{Y}{-1} + \frac{Y}{-2} + \frac{Y}{-3} + \frac{Y}{-4} \right) u_e + \frac{Y}{-4} u_s}{\frac{Y}{-1} + \frac{Y}{-2} + \frac{Y}{-3} + \frac{Y}{-4}} = - \frac{Y}{Y} \frac{u_s}{-2} = \frac{Y}{-2} u_s$$



$$\Rightarrow H_{-1} = \frac{u_s}{u_e} = - \frac{\frac{Y}{-1}}{\frac{Y}{-4} + \frac{Y}{-2} \left(\frac{Y}{-1} + \frac{Y}{-2} + \frac{Y}{-3} + \frac{Y}{-4} \right)}$$

$$\hat{u}H_{-1} = \frac{u_s}{u_e} = - \frac{\frac{Y}{-1} \frac{Y}{-2}}{\frac{Y}{-4} \frac{Y}{-2} + \frac{Y}{-5} \left(\frac{Y}{-1} + \frac{Y}{-2} + \frac{Y}{-3} + \frac{Y}{-4} \right)}$$

$$2) a) \frac{Y}{-1} = \frac{1}{R}; \frac{Y}{-2} = jCw; \frac{Y}{-3} = \frac{\alpha}{R}; \frac{Y}{-4} = jCw; \frac{Y}{-5} = \frac{1}{2R}$$

$$\Rightarrow H_{-1} = \frac{-\frac{jCw}{R}}{\frac{1}{2R} \left(\frac{\alpha+1}{R} + 2jCw \right) - C^2 w^2} = \frac{1}{-\frac{1}{2} \left(\frac{\alpha+1}{jRCw} + 2 \right) - jRCw} = \frac{-1}{1 + j \left(RCw - \frac{\alpha+1}{2RCw} \right)}$$

En identifiant, on obtient:

$$A_0 = -1; Q = \sqrt{\frac{\alpha+1}{2}}; f_0 = \frac{1}{2p} \frac{Q}{RC}$$

b) D'après la question (I,1), il s'agit d'un filtre passe-bande du premier ordre.

$$\alpha = 2Q^2 - 1 = 799; R = \frac{Q}{2pCf_0} = 200k\Omega$$

III) Réalisation d'un réjecteur

$$1) \text{ D'après la question II, } u_{-1} = \frac{-1}{1+j\sqrt{\frac{\alpha+1}{2}}\left(\frac{f}{\frac{Q}{2pRC}} - \frac{\frac{Q}{2pRC}}{f}\right)} u_E$$

2) Appliquons le théorème de Millmann à l'entrée E. de AO2:

$$\frac{u_{-E}}{r} + \frac{u_{-1}}{r} + \frac{u_{-S}}{r} = 0 \quad \hat{U}u_{-S} = - \left(u_{-E} + u_{-1} \right)$$

Il s'agit d'un montage sommeur inverseur.

3) a) D'après la question (III,2), $H_{-2} = - H_{-1} - 1$

b) Posons $X = Q \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$.

$$\frac{H}{-2} = - \left(\frac{-1}{1+jX} + 1 \right) = - \frac{jX}{1+jX} = - \frac{1}{1+\frac{1}{jX}}$$

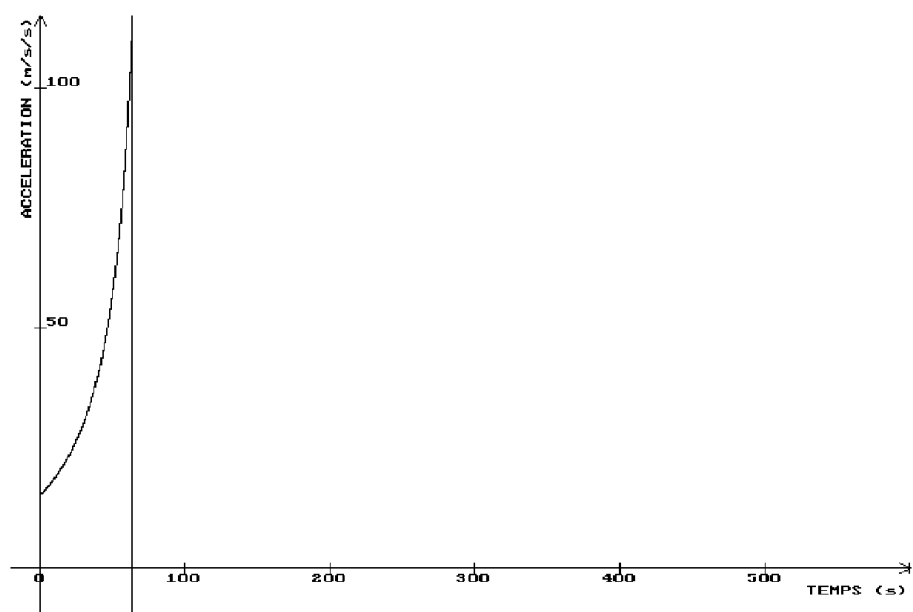
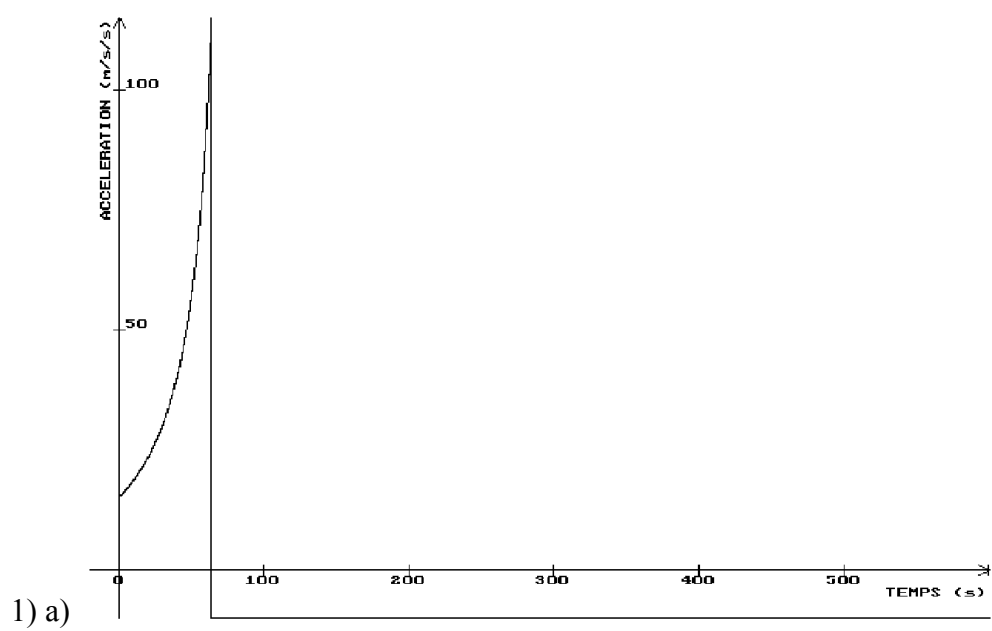
$$\frac{H}{-2} = \frac{-1}{1+\frac{1}{jQ\left(\frac{f}{f_0}-\frac{f_0}{f}\right)}}$$

D'après la question (I,2), il s'agit d'un réjecteur de bande.

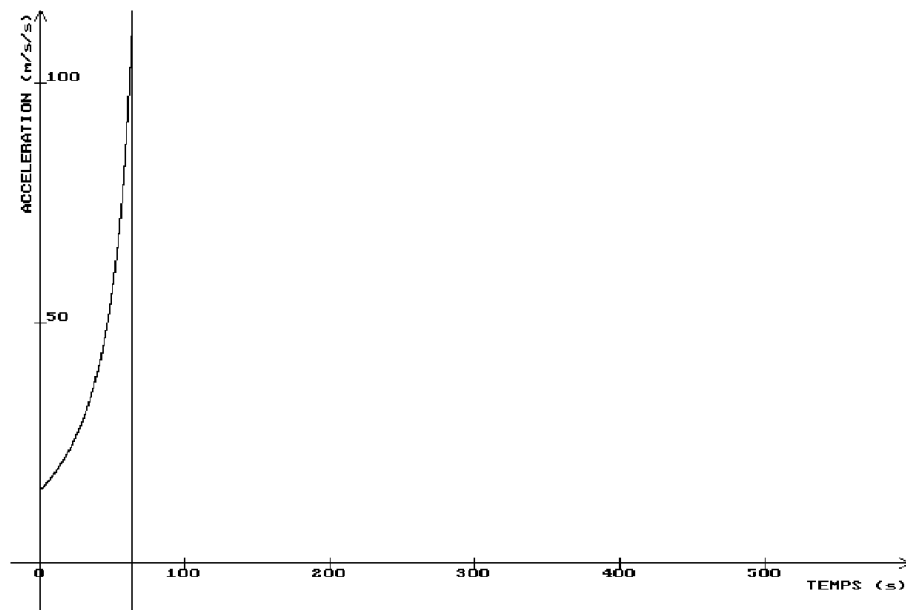
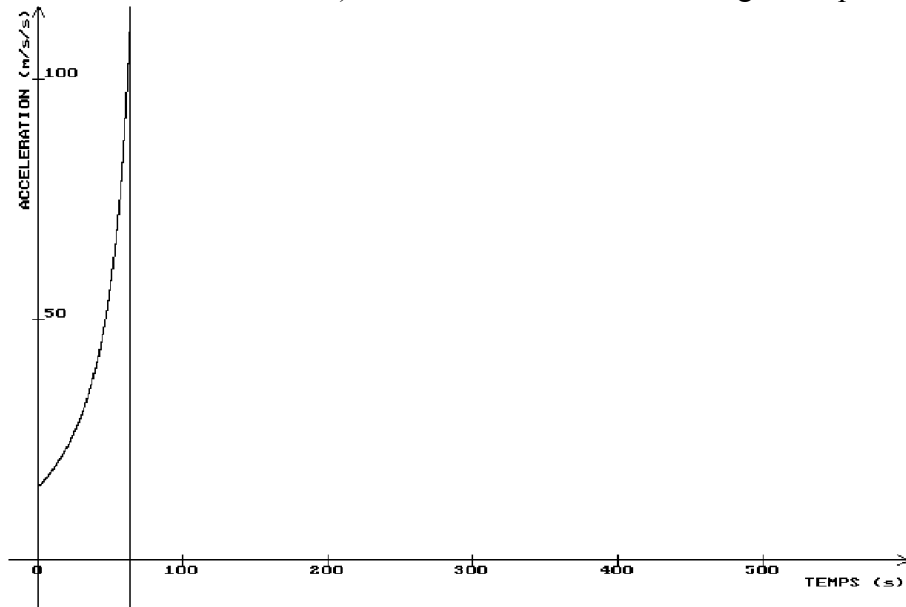
$$c) \quad f_0 = 50Hz; Df = \frac{f_0}{Q} = 2,5Hz$$

Le réjecteur est donc de qualité moyenne.

I) Etude du mouvement d'une fusée

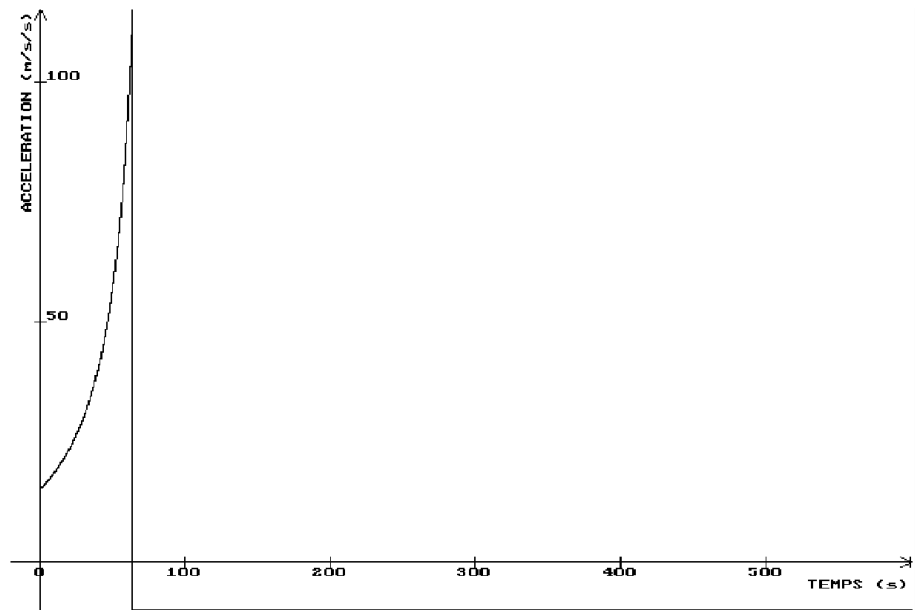


b) La vitesse des gaz par rapport au sol est :

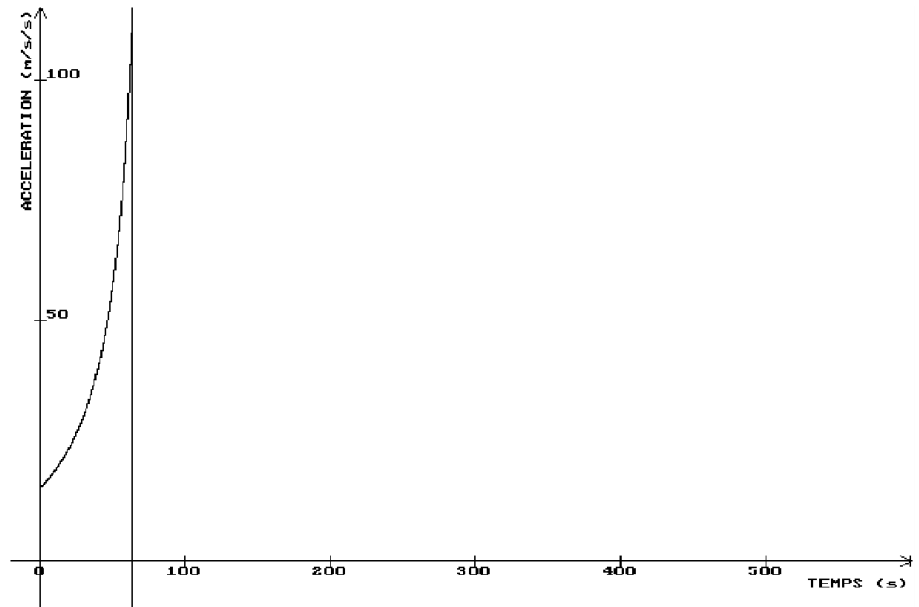


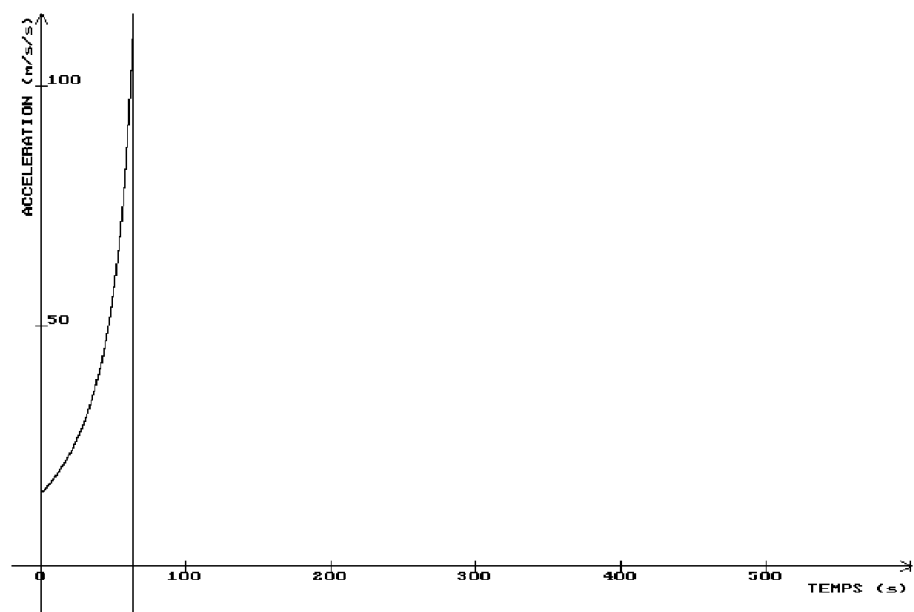
c)

2) a) * La quantité de mouvement à l'instant t vaut:

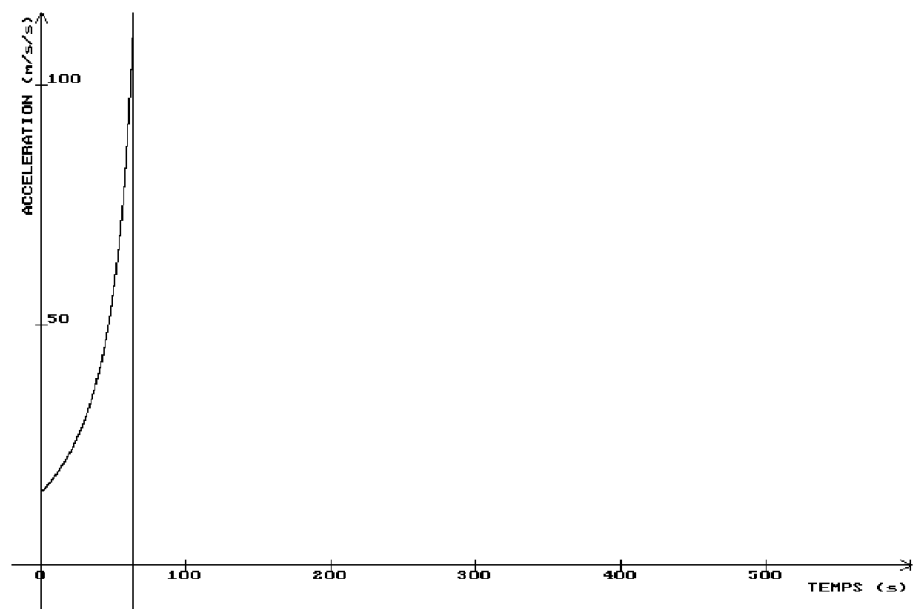
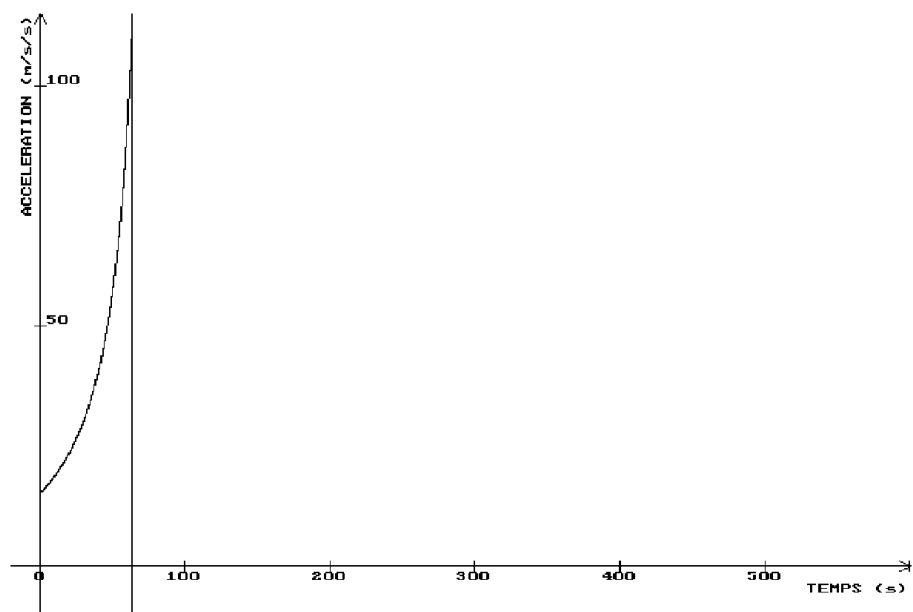


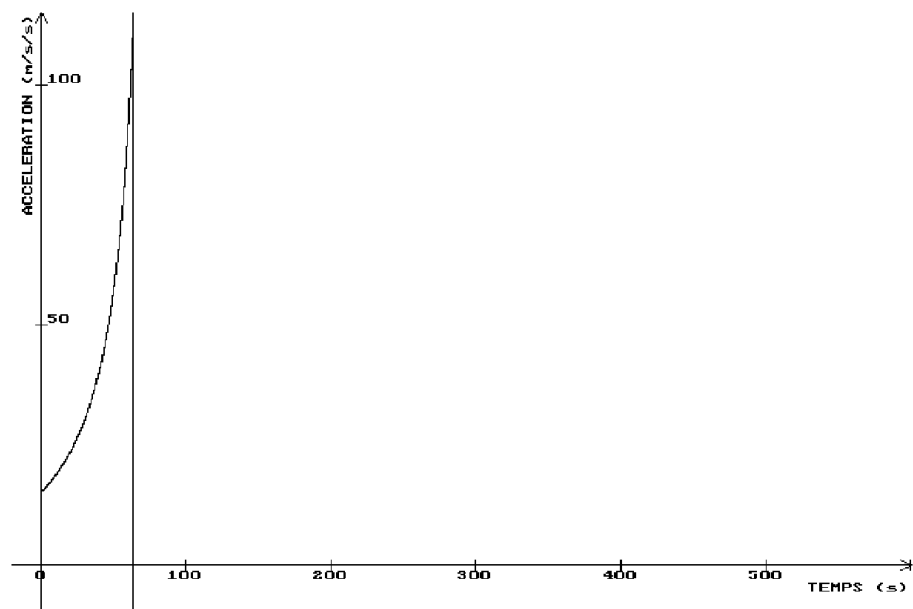
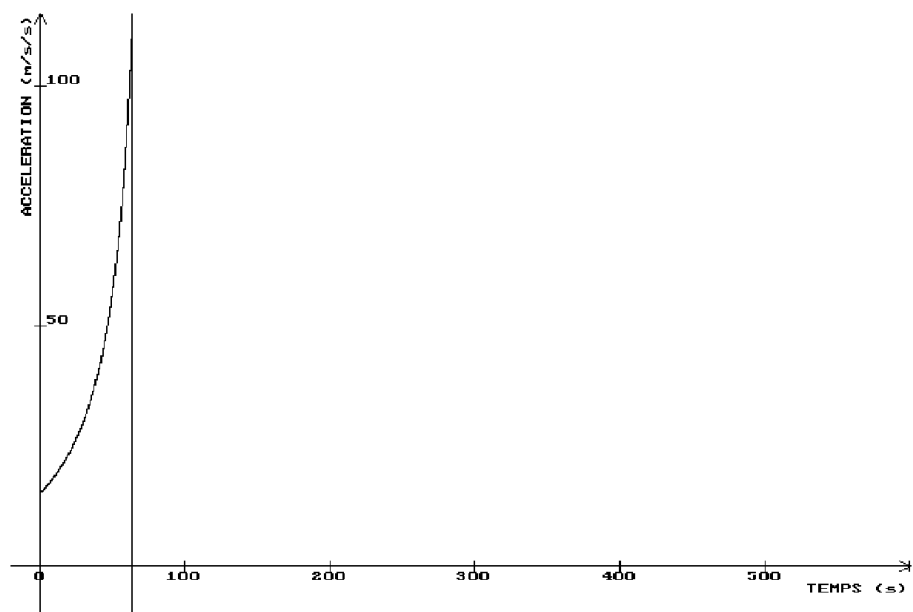
* La quantité de mouvement à l'instant $t + dt$ vaut:



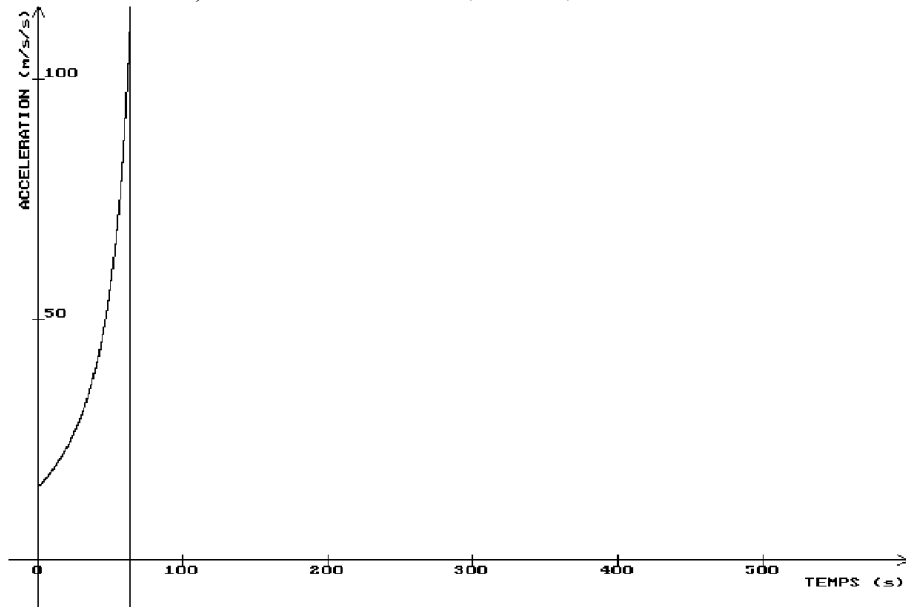


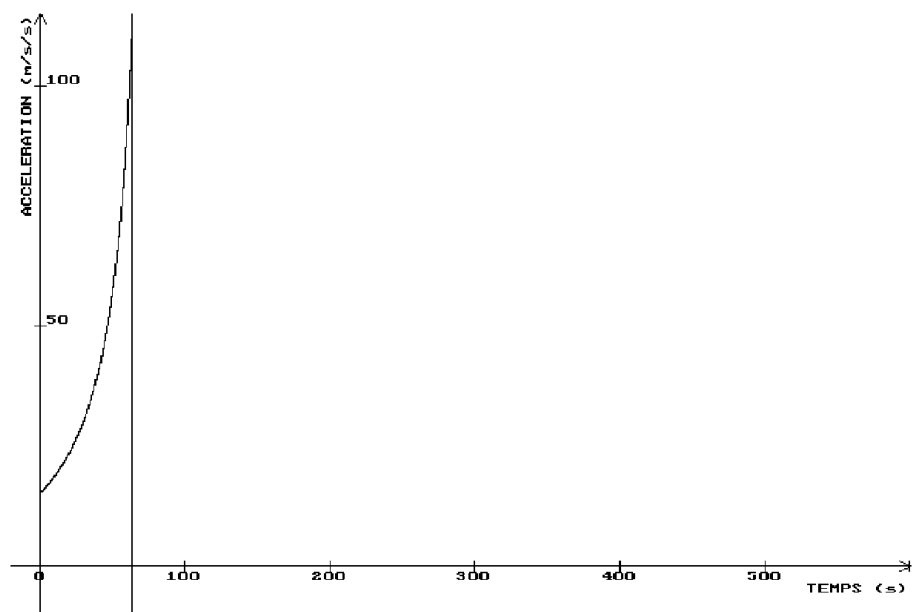
d'après le principe fondamental de la dynamique



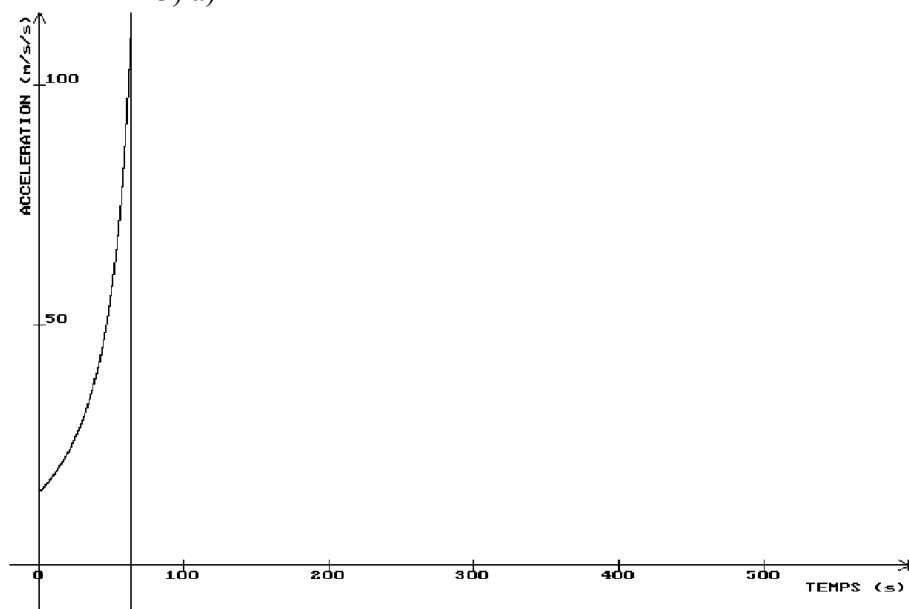


b) La fusée décolle si, à $t = 0$,

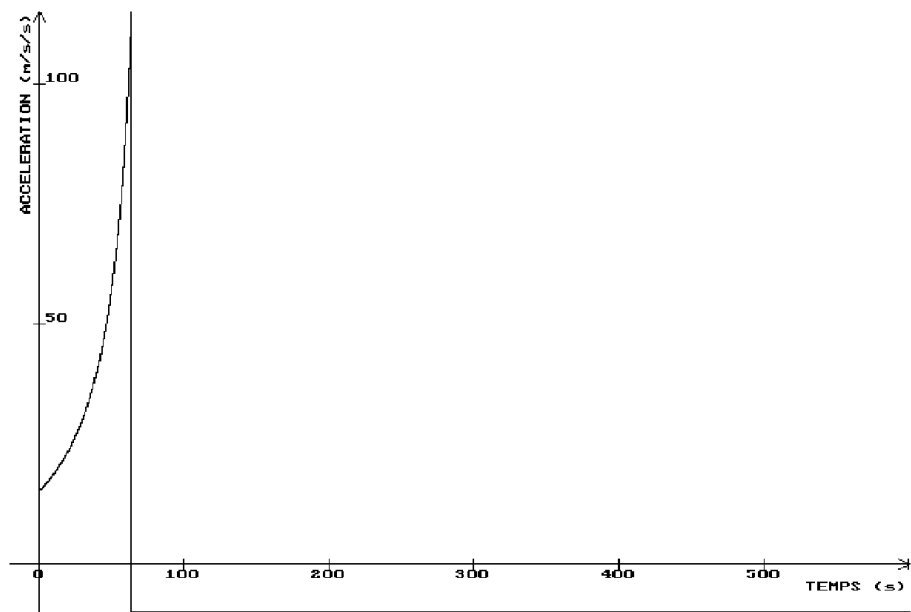


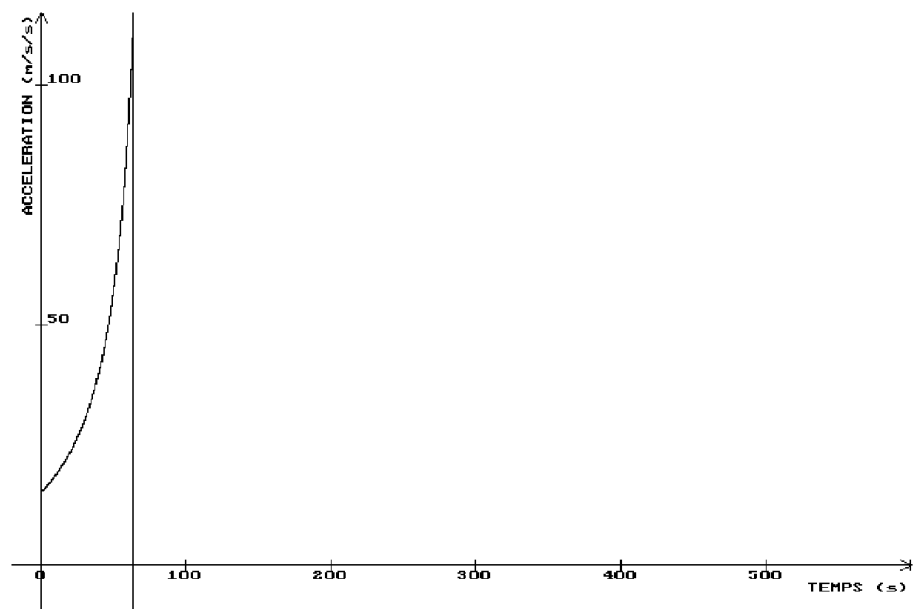
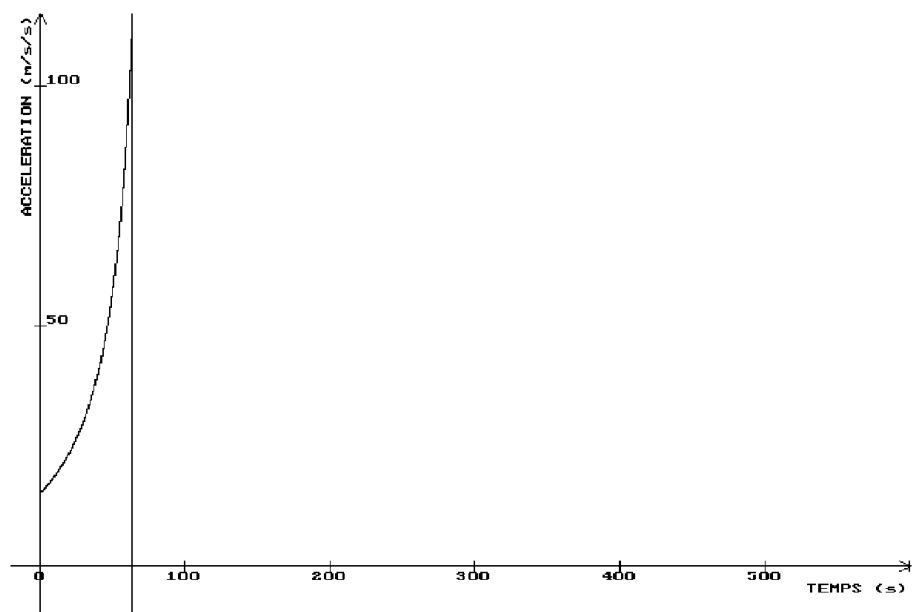


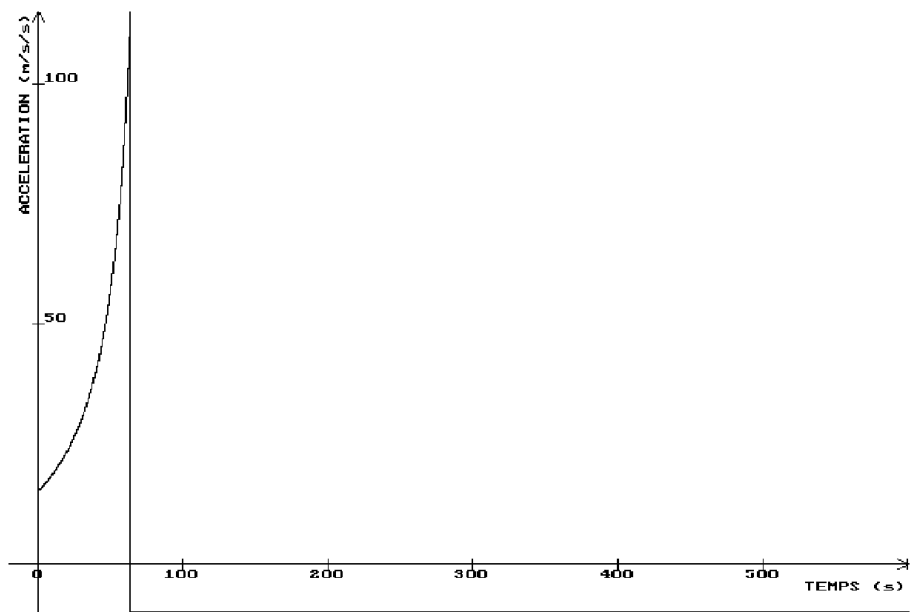
3) a)



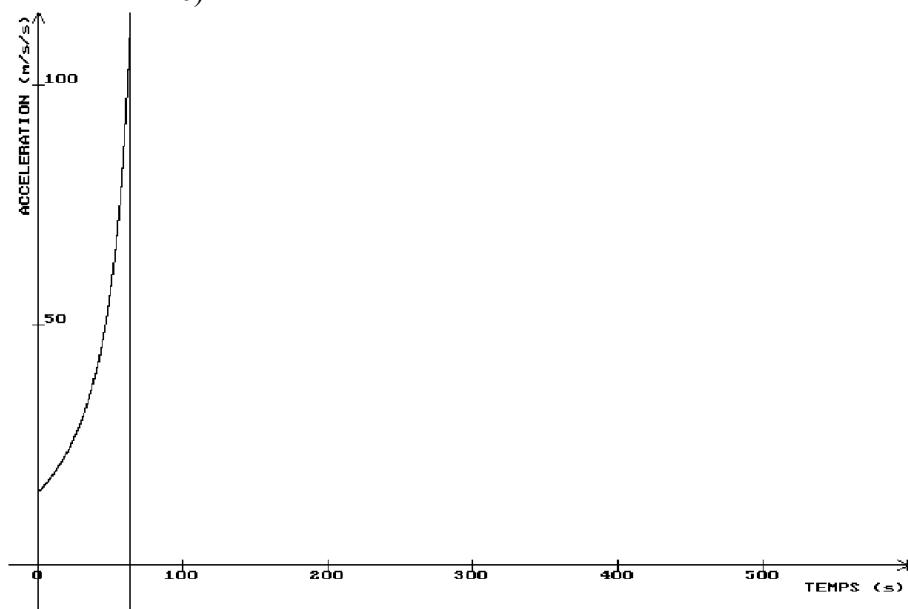
b)

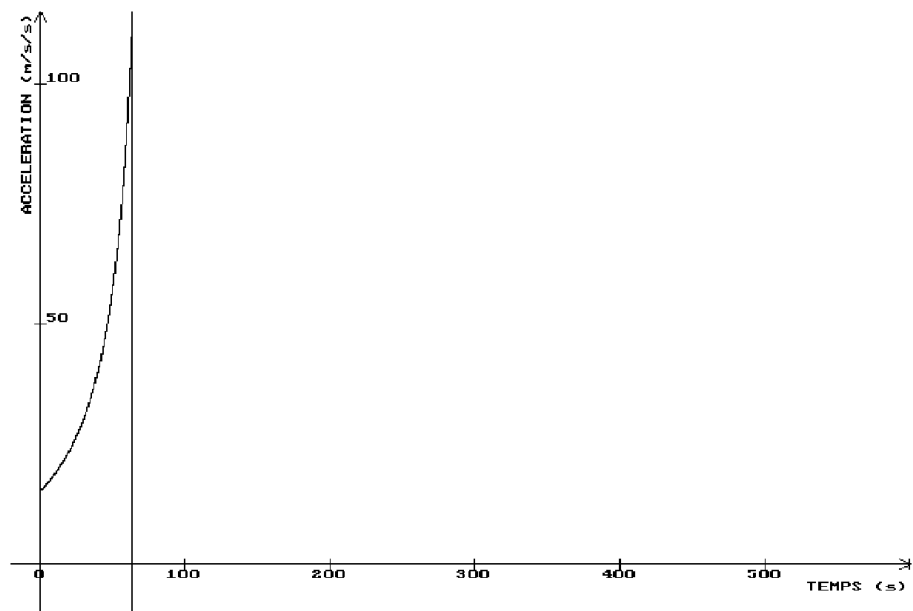
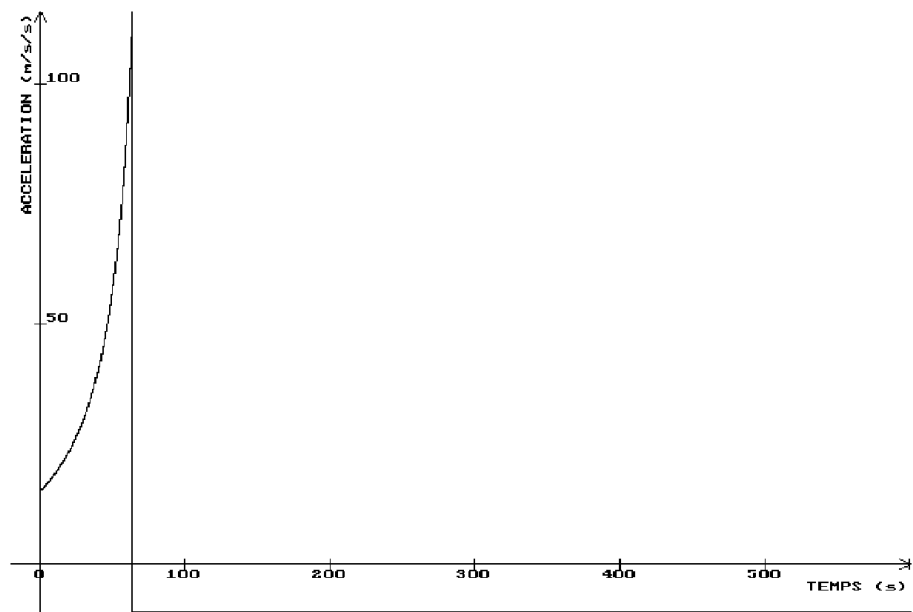


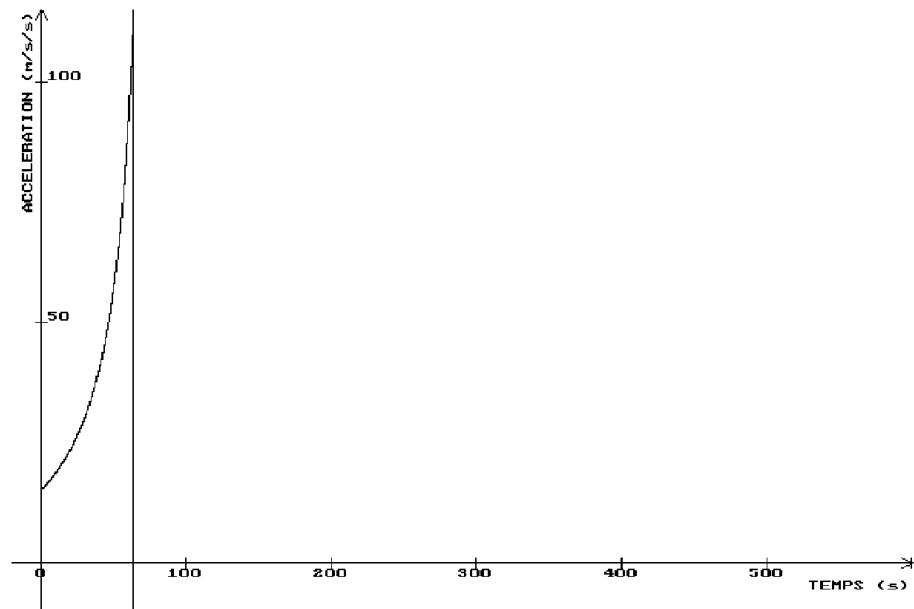
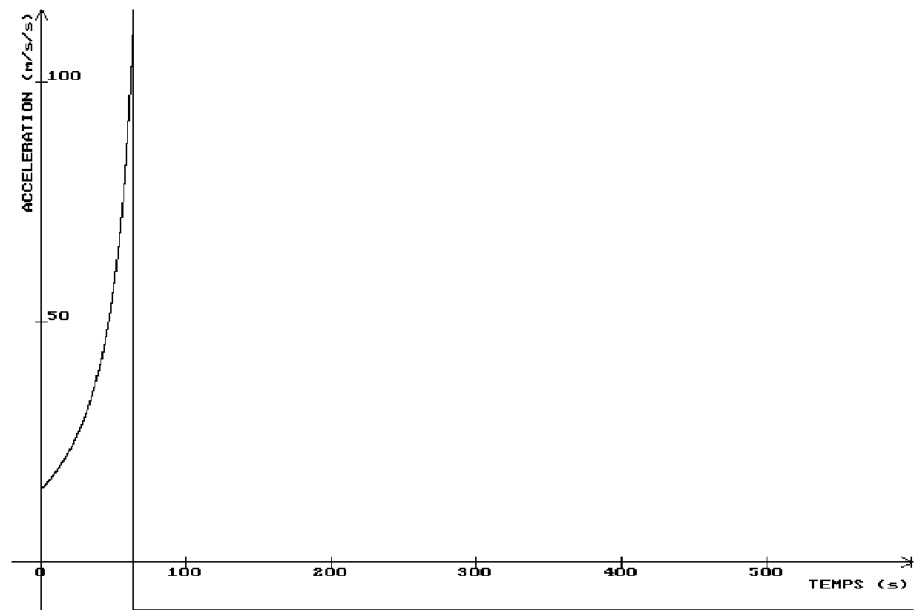




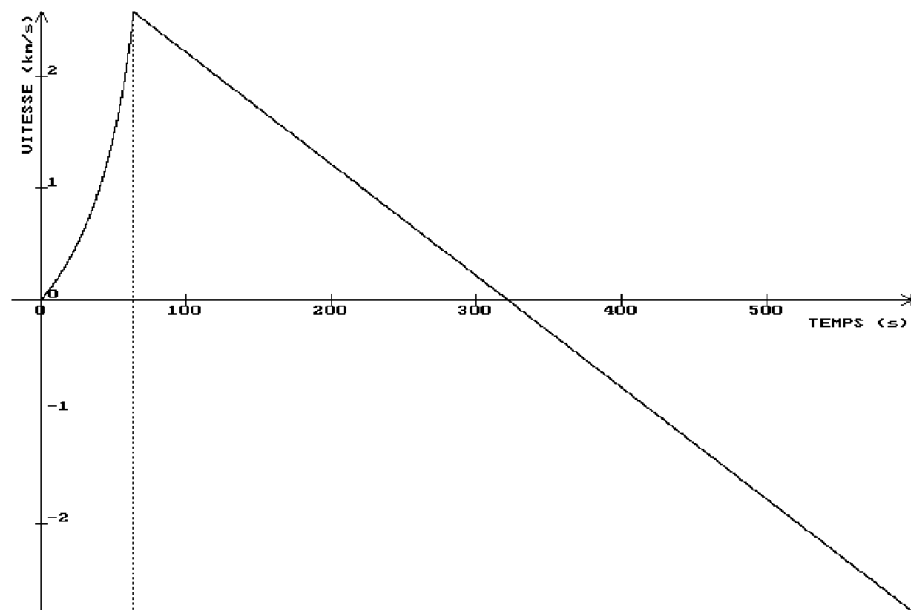
c)



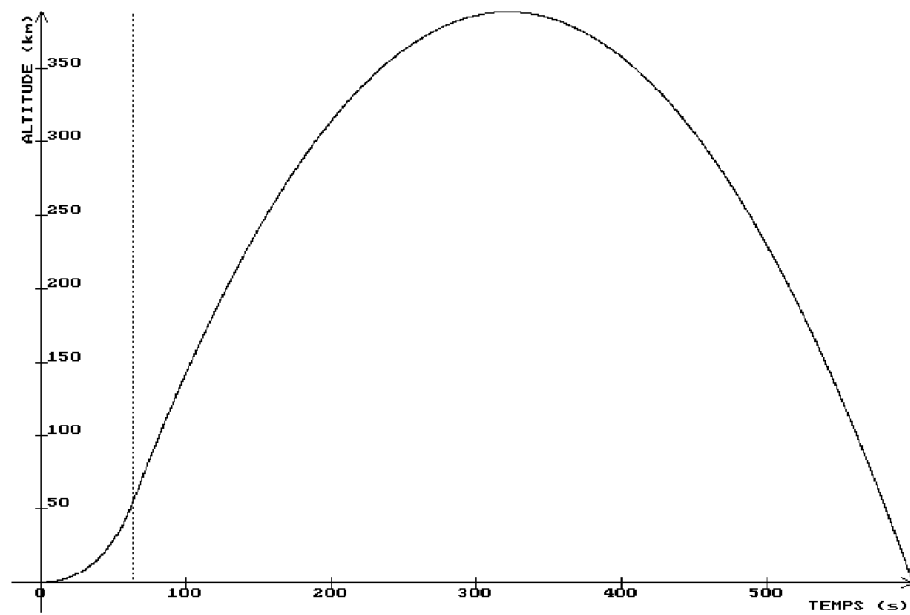




ACCELERATION DE LA FUSEE EN FONCTION DU TEMPS



VITESSE DE LA FUSEE EN FONCTION DU TEMPS



ALTITUDE DE LA FUSEE EN FONCTION DU TEMPS

d) Application numérique:

4) a)

b) Posons $x = t_2 - t_1$. t_2 est donné par:

c) $v(t) = 0$ pour

II) Ecoulement des gaz dans la tuyère

1) a)

b) *

* Pour une transformation adiabatique réversible, $dS = 0$

2) a) D'une manière générale, appliquons le Premier Principe de la Thermodynamique à un système en écoulement franchissant une machine. Dans le cas général, en régime permanent, on a:

Pour calculer le travail W des forces de pression amont et aval, agissant sur la tranche AA' se transformant en BB' , il suffit de remarquer qu'en régime permanent:

$$U_{BB'}(t_2) - U_{AA'}(t_1) = U_{BB'}(t_2) + U_{A'B}(t_2) - U_{A'B}(t_1) + U_{AA'}(t_1) = U_{A'B'} - U_{AB}$$

(car $U_{A'B}(t_2) = \text{cte}/t$ en régime permanent)

Appliquons au cas présent:

$\Rightarrow$

2) b)

c) On obtient de la vapeur d'eau