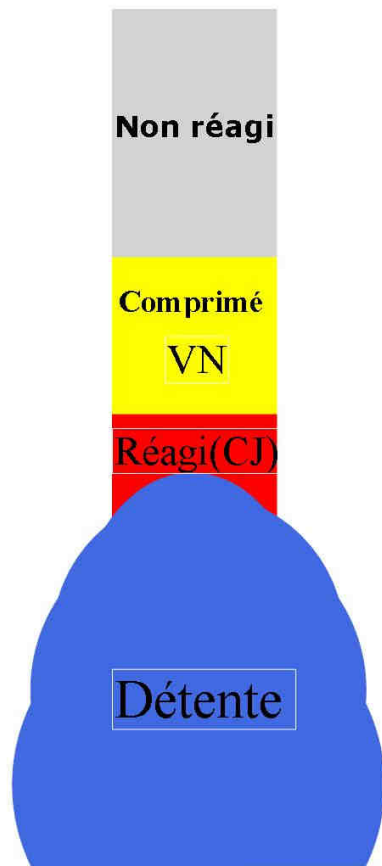


**L'énergie de détente,
une solution pour
adapter le type
d'explosif au massif**



Etat 1: densité initiale, pression atmosphérique

Etat 2 : explosif comprimé en cours de réaction

Etat3:explosif réagi(P_{CJ}, V_{CJ})

Etat4: détente des gaz depuis P_{CJ}

Les 4 états de la matière durant la détonation et son travail

Conservation de masse *Kgs par unité de surface et par unité de temps*

• $\rho_1 U_1 = \rho_3 U_3$ *4000 tonnes par m² et par seconde*

Conservation de quantité de mouvement

• $P_1 + \rho_1 U_1^2 = P_3 + \rho_3 U_3^2$
186.7kbars 44.26kbars en statique 142.5kbars en dynamique

Conservation d'énergie

$$U_1^2/2 + E_1 + P_1 V_1 + Q_v = U_3^2/2 + P_3 V_3 + E_3$$

$$U_1 = f(P, V)$$

$$U_1 = f(T, V)$$

Equations de conservation

$$\frac{PV}{nRT} = 1 + \frac{b}{V} + 0.625 \frac{b^2}{V^2} + 0.287 \frac{b^3}{V^3} + 0.193 \frac{b^4}{V^4}$$

$$b = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} \left[e^{-\frac{4\varepsilon}{KT} \left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^6 \right]} - 1 \right] 4\pi r^2 dr$$

	Covolume(B0(cm³))	Nmoles/kg	Covol total	PM	Poids
CO2	37	3.87	143.19	44	170.28
CO	28.1	0.01	0.281	28	0.28
H2O	7.9	27.69	218.751	18	498.42
N2	33.2	11.81	392.092	28	330.68
H2	14.8	0.18	2.664	2	0.36
TOTAL		43.56	0.756978		1000.02

Température	°Kelvin	4552
Volume	final(cm3/g)	0.9
Ecart idéalité	Sigma	2.550582842
Pression idéale	P=nRT/V	1.83E+09
Pression réelle	P=Sigma*nRT/V	4.67E+09
	Bars	46097.63314

X=Covol total/Volume

Sigma= 1+x+0.625*x²+0.287*x³+0.193*x4

Non idéalité

05/07/2012

Anfo

Densité	0.85g/cm ³	Qp(cal/g)	889.7		
		Qv(cal/g)	915.8		
		Température explosion: °C	2534		
		Bilan O2	-0.66mole O2/kg		
			-21.26gO2/kg		
			-2.13%O2/Kg		
			-26.59g NH4NO3/Kg		
		Volume des gaz	44.09 mole/kg		
		Volume des gaz(20°C)	1059.9l/kg		
		Volume des gaz(0°C)	987.6l/kg		
		Volume des gaz à t expl.	10245l/kg		moles/kg
		CO2	4.22		
		H2O	26.8		
		N2	11.74		
		H2	1.33		
Vitesse C-J	4717m/s	Temp.	Vitesse	H	5.80E-05
Température	4462K	4197	4776	O	3.20E-05
Pression C-J	44.26 kbar	4242	4753	N	6.10E-06
Volume C-J	0.89752	4287	4737	C	4.00E-10
ρ	1.114g/cm ³	4332	4726	CO2	3.7
V1/(V1-V2)	4.22292445	4422	4717	H2O	27
Gamma	3.22	4467	4717	O2	0.0017
		4512	4719	H2	0.019
				N2	12
				CO	0.096
				CH4	0.29
				CH2O	0.11
				NO	0.1
				NO2	0.0036
				OH	0.0098
				HO2	0.023

Vitesse de détonation de l'ANFO

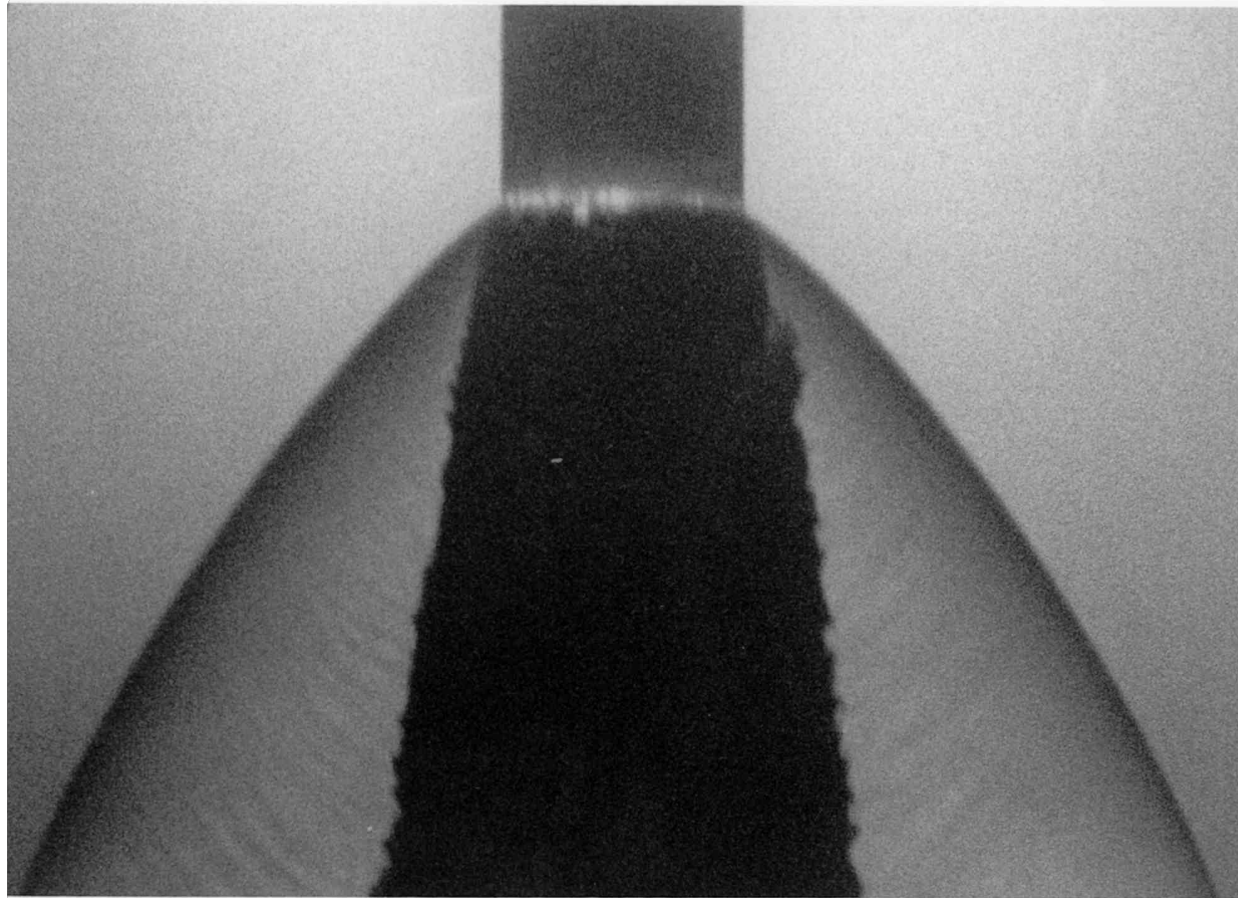
$$\Delta E = \frac{1}{2} P_2 (V_1 - V_2)$$

$$P = \frac{U_p U_s}{V_1}$$

$$V = (U_s - U_p) \frac{V_1}{U_s}$$

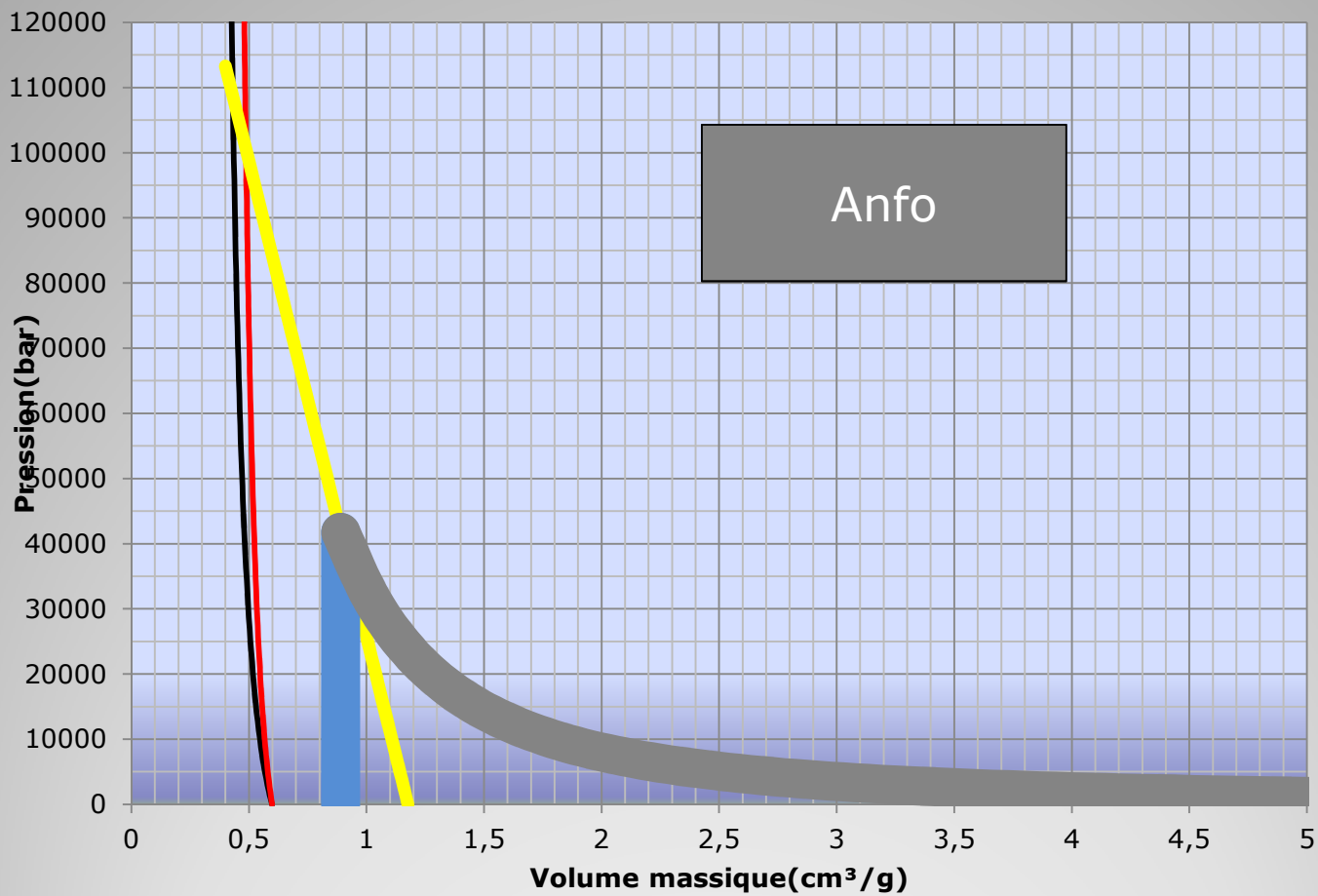
$$\Delta E = \frac{1 U_p U_s (U_s - U_p) V_1}{2 V_1 U_s} = \frac{1}{2} U_p^2 \rightarrow 17$$

Relation d'Hugoniot



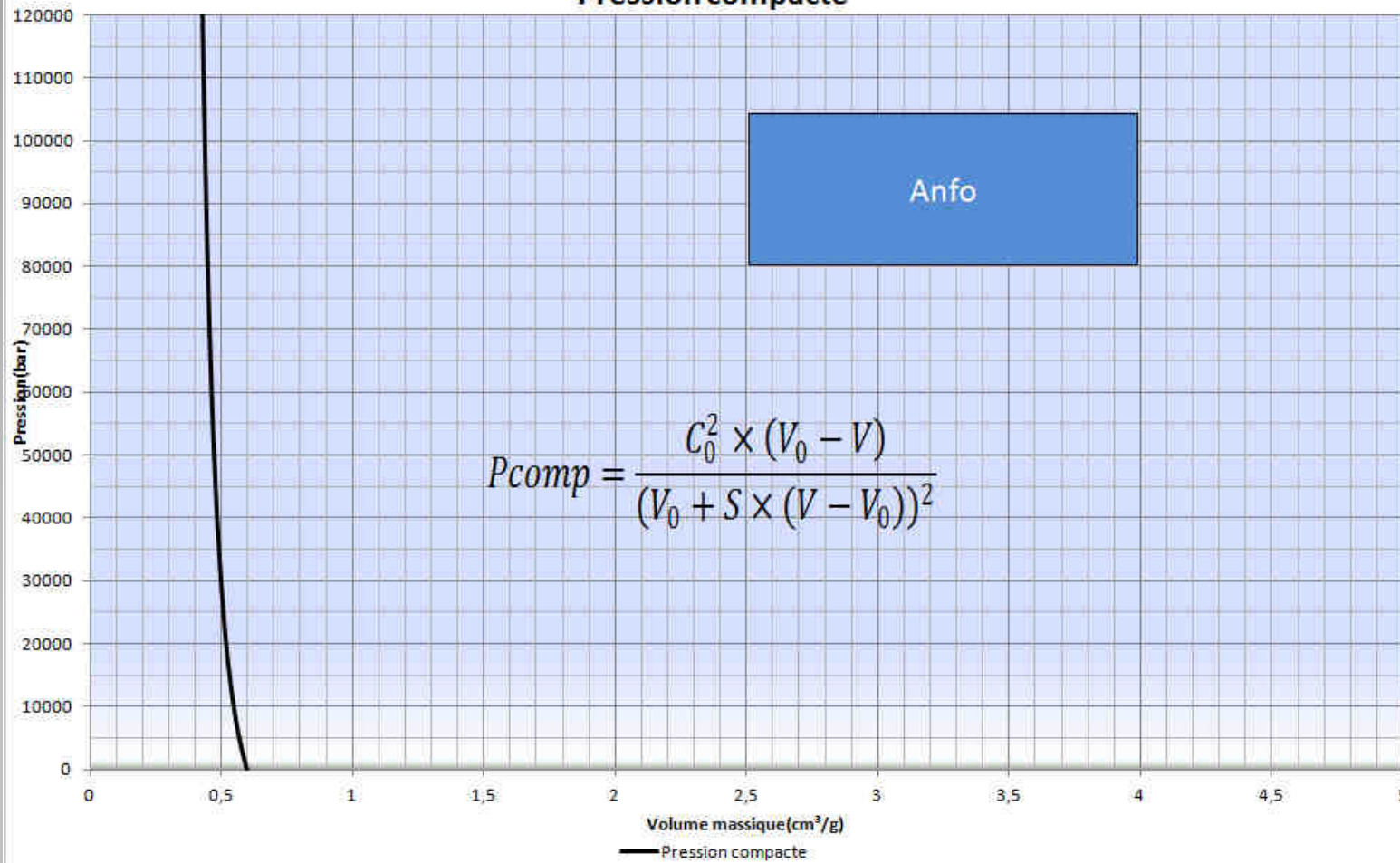
- La pente de l'onde de choc donne la pression dans l'eau
- La dilatation des gaz résultera dans l'énergie de bulle

Instantané du tir d'une émulsion sans aluminium en aquarium

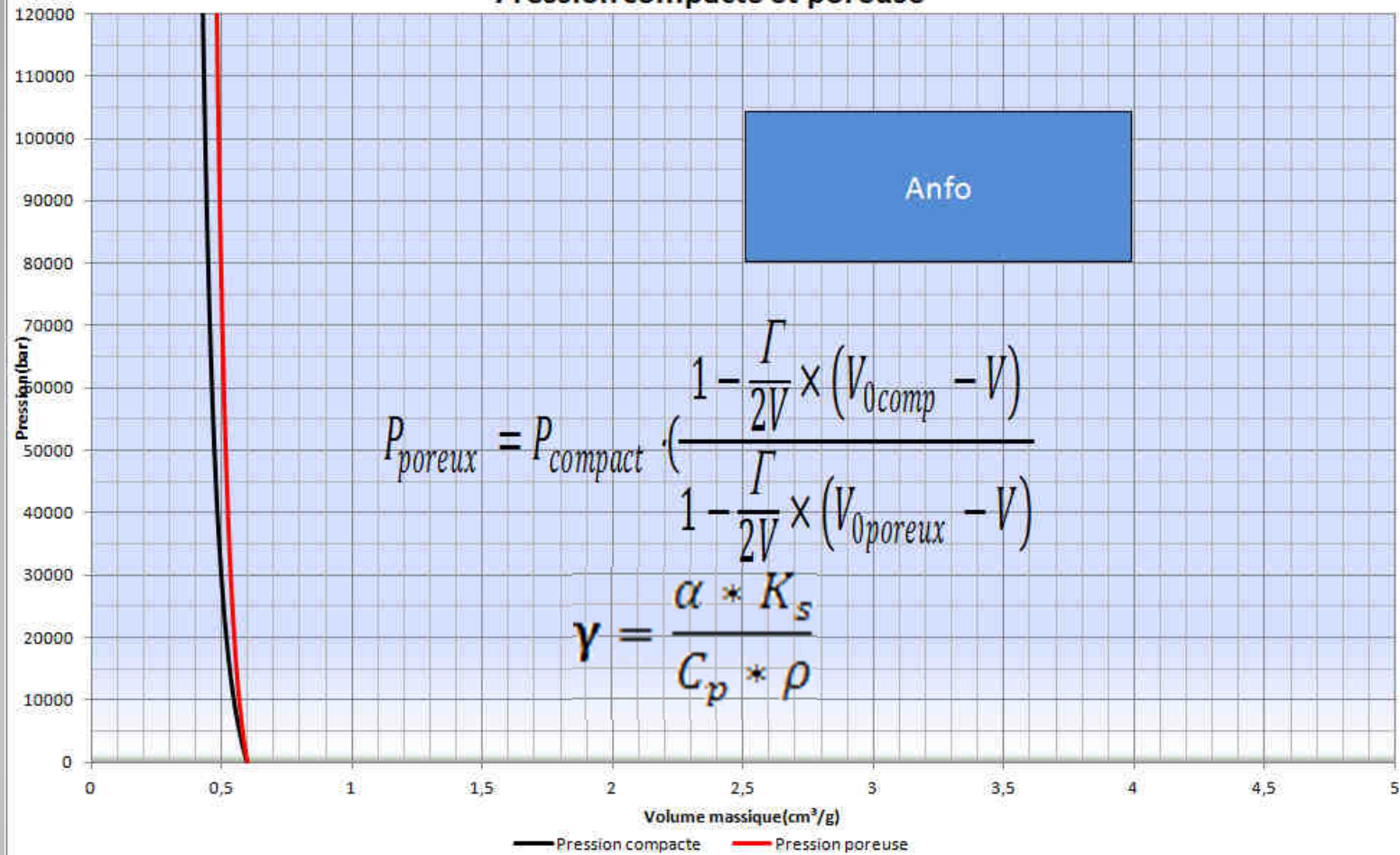


Vue globale des pressions générées

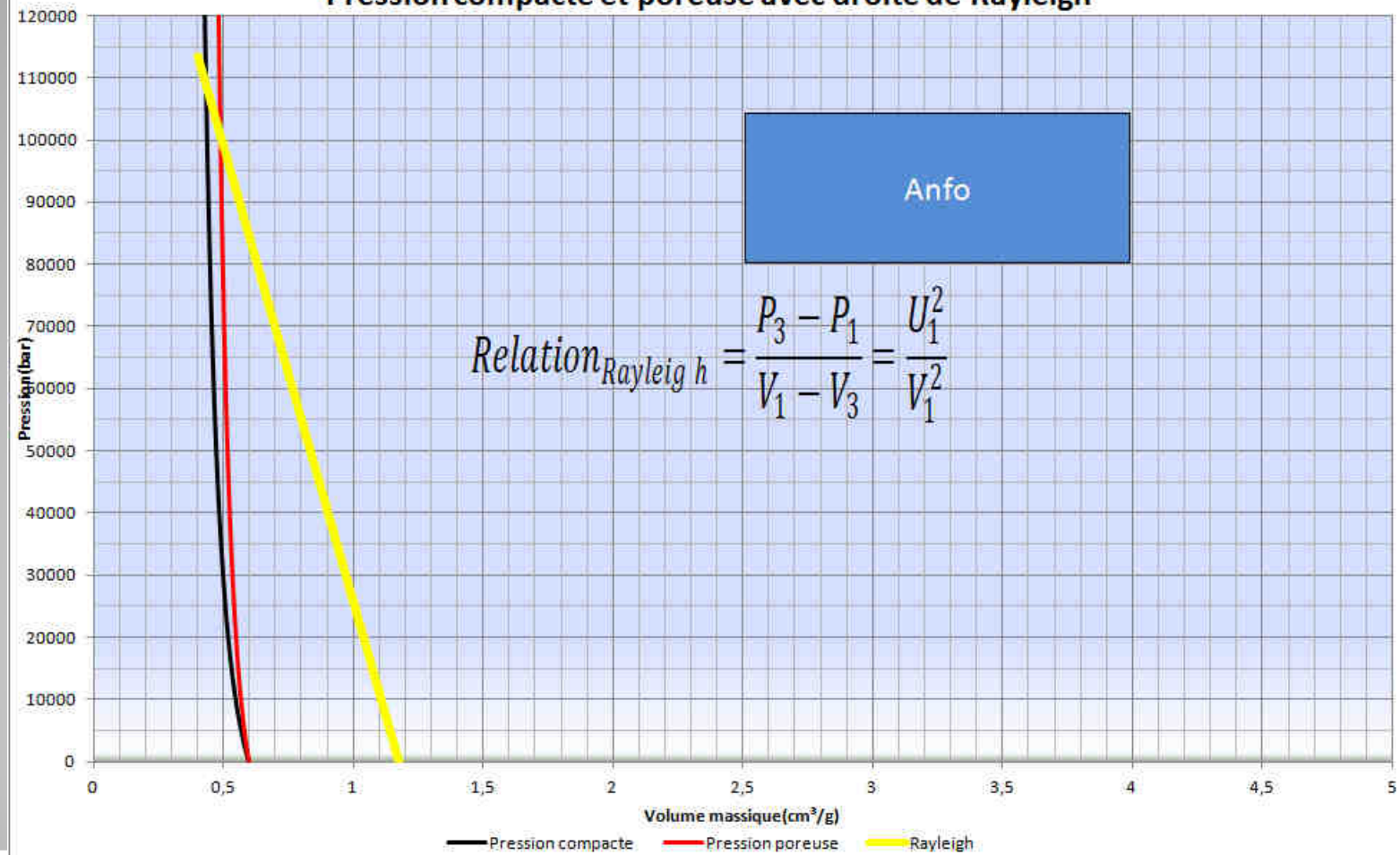
Pression compacte



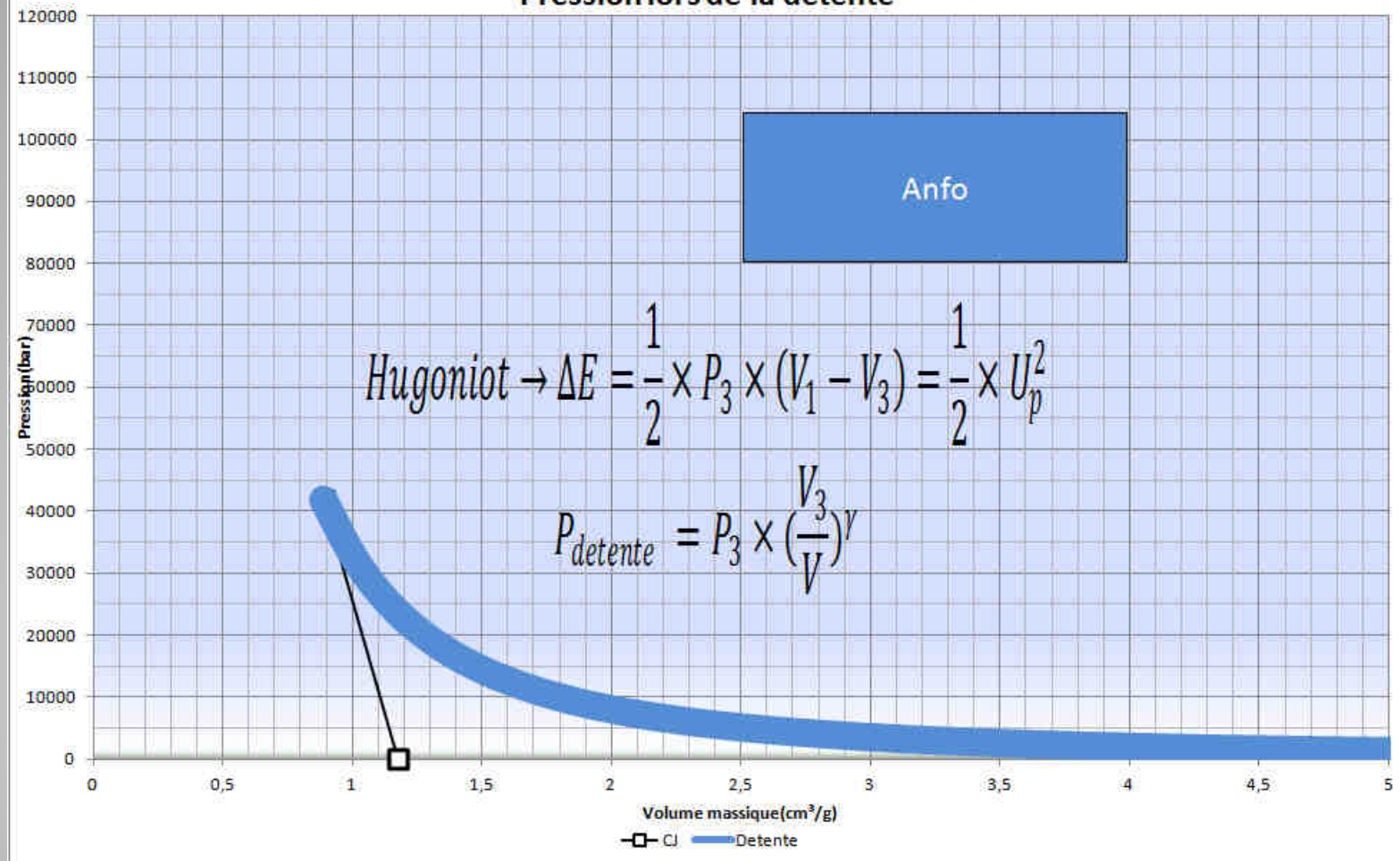
Pression compacte et poreuse

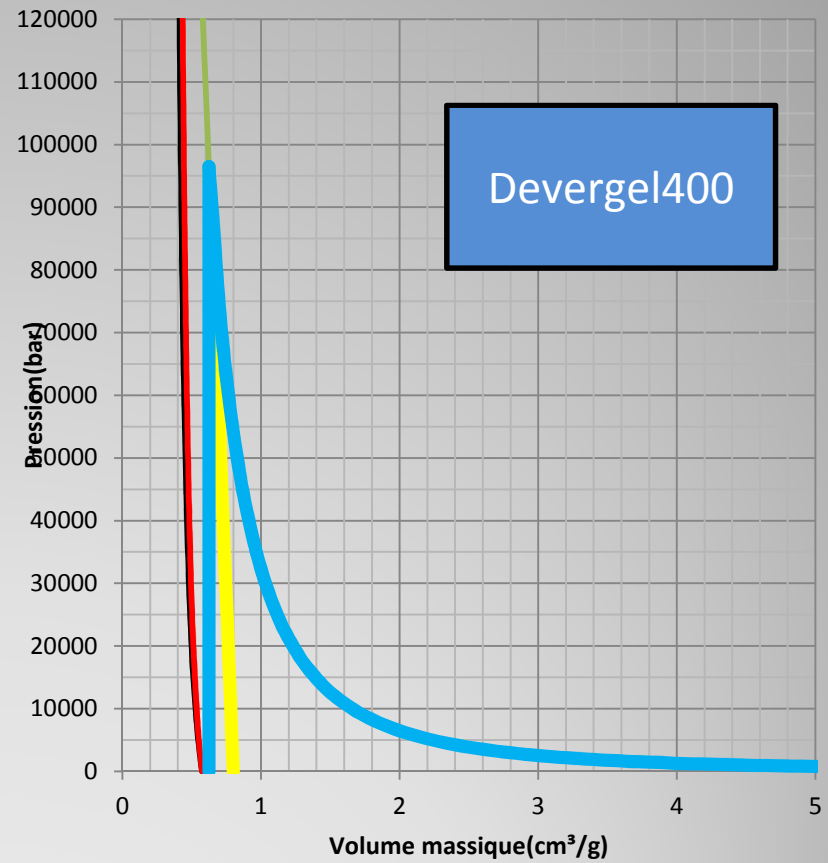
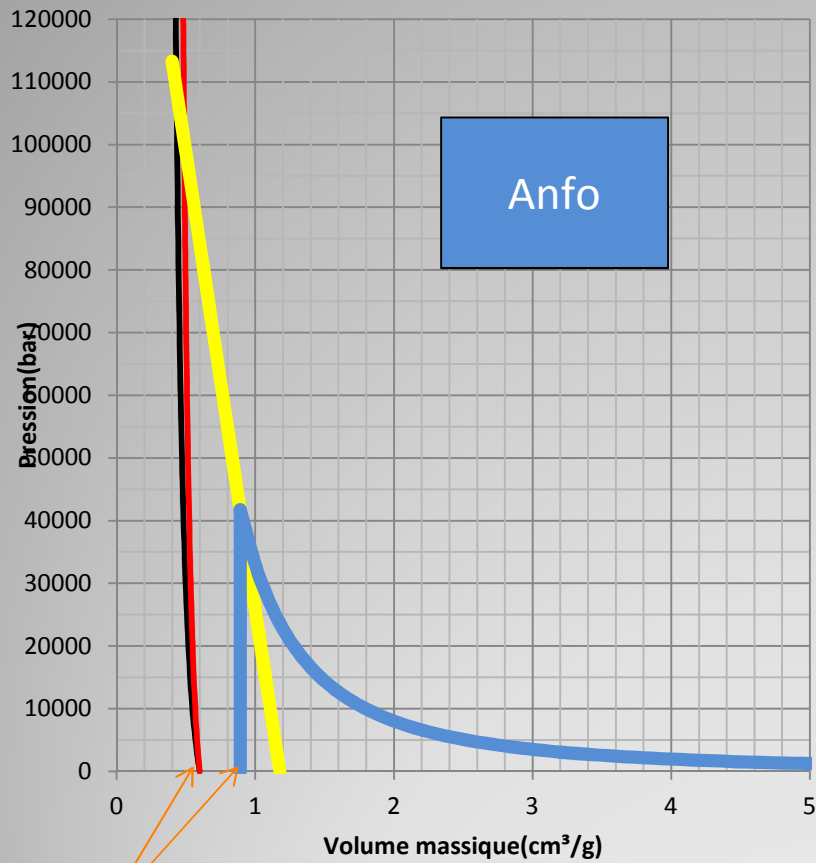


Pression compacte et poreuse avec droite de Rayleigh

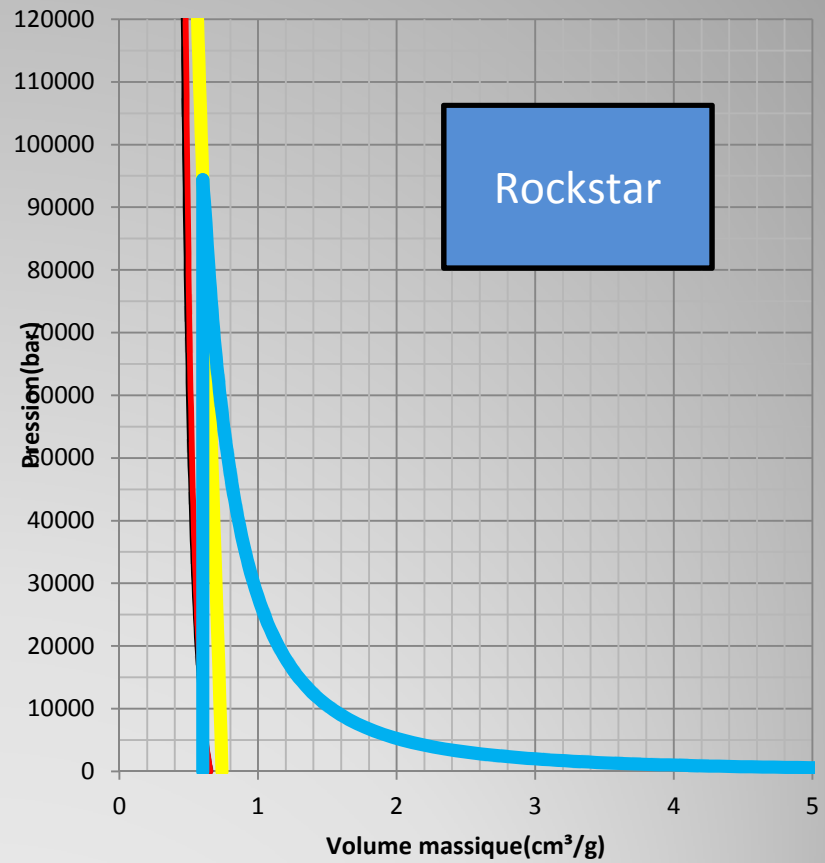
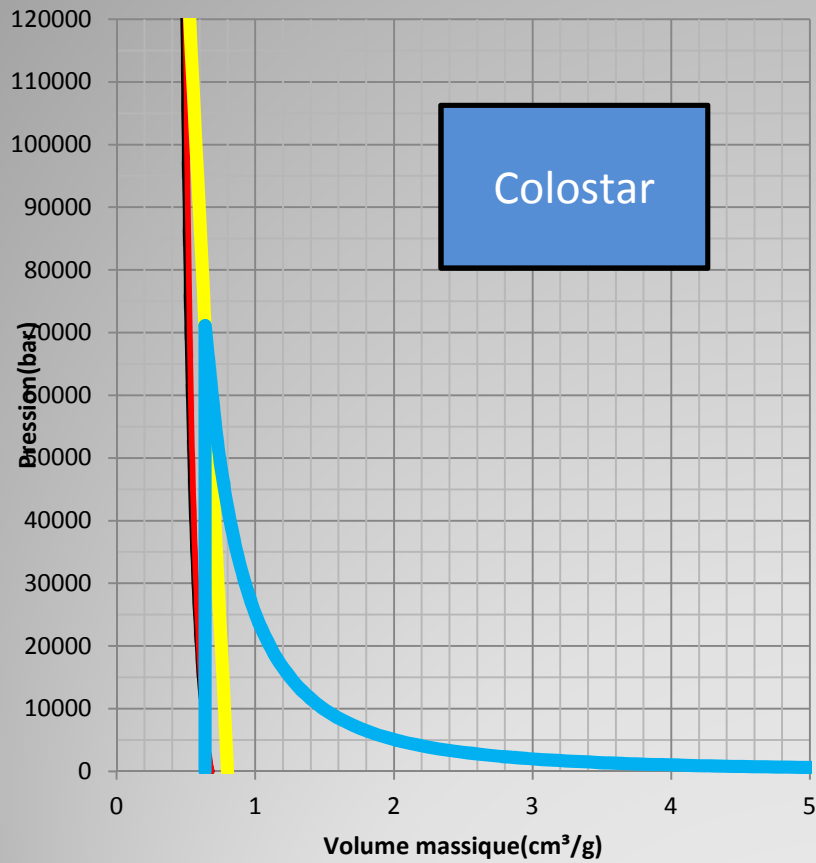


Pression lors de la détente

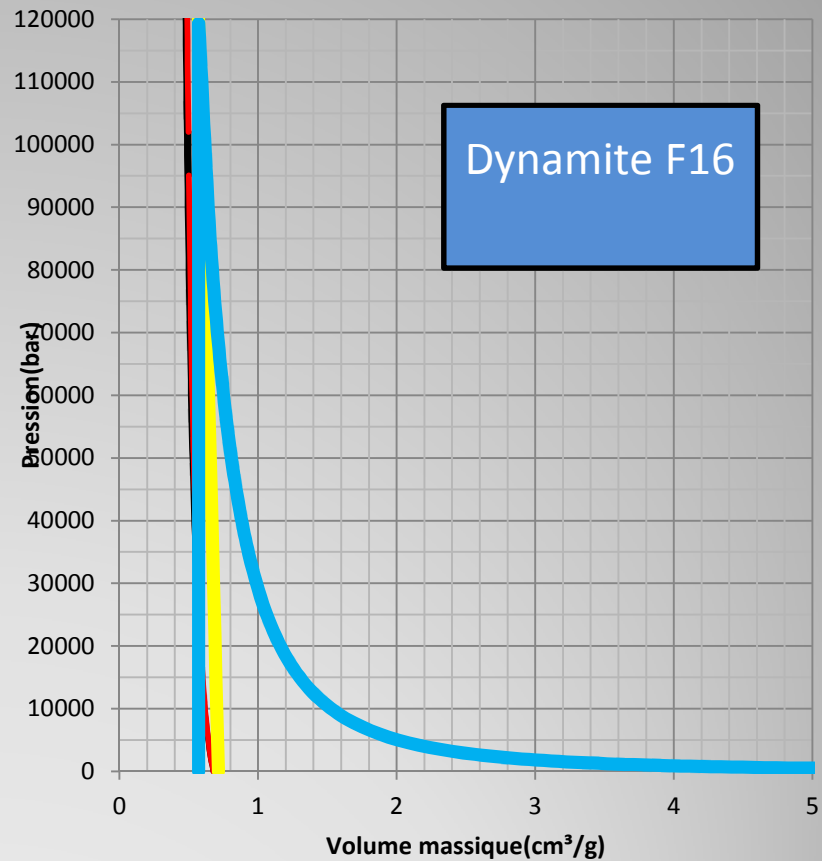
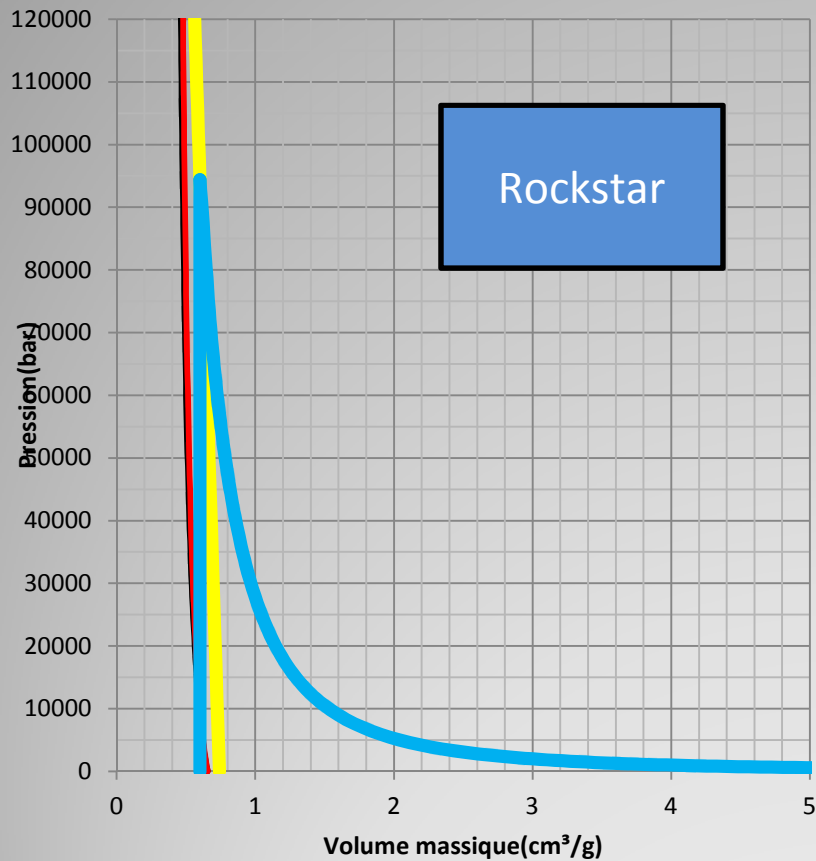




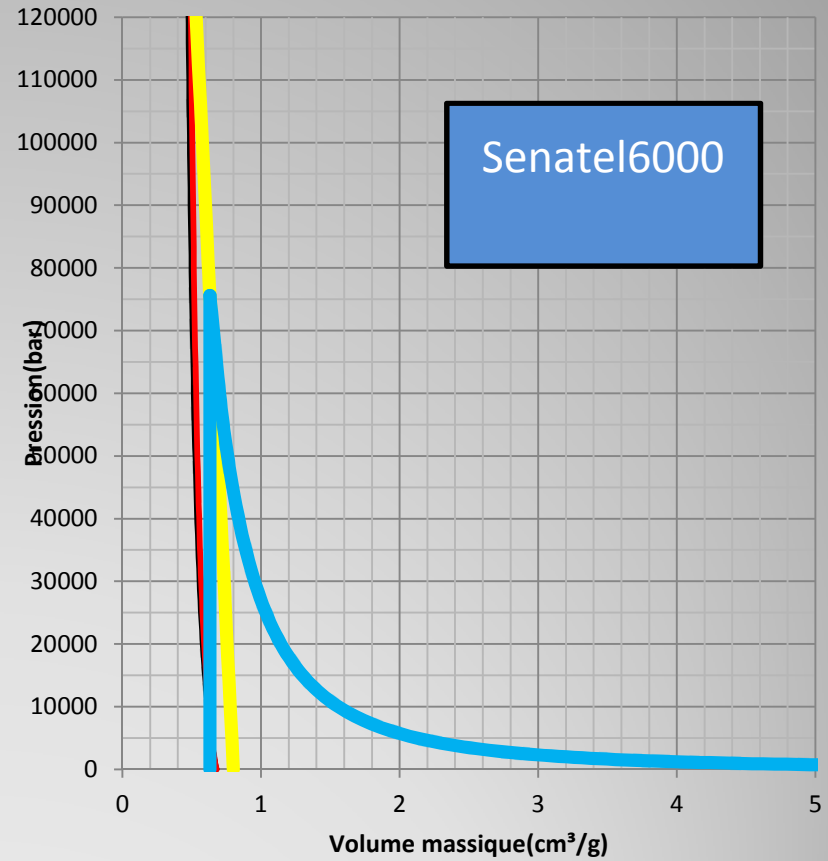
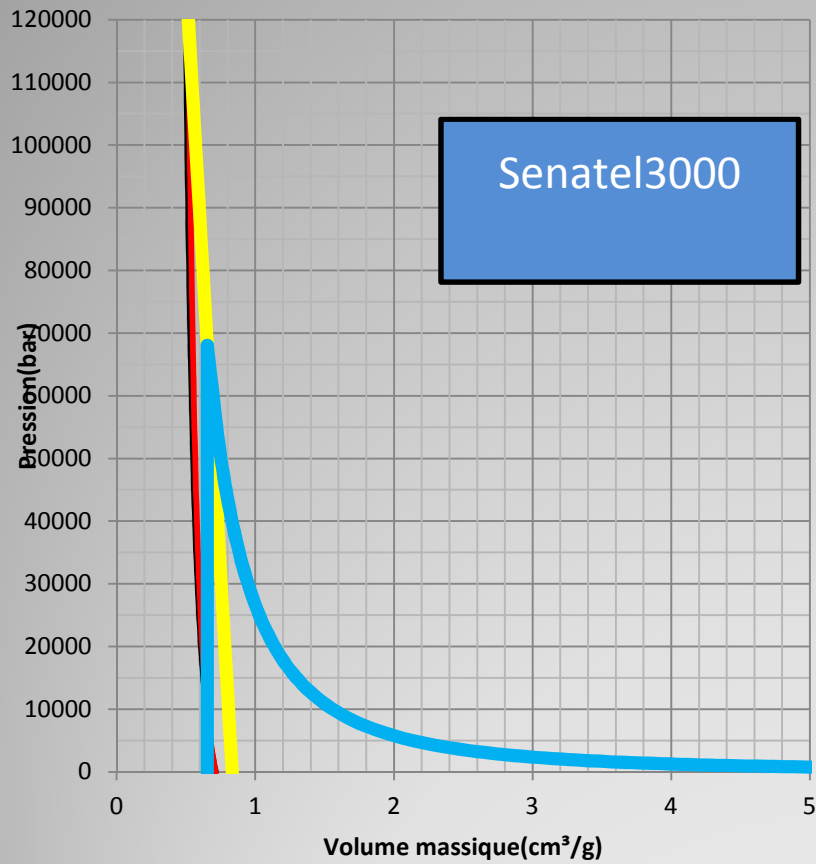
Effet de souffle



Effet brisant



Equivalence dynamite rockstar



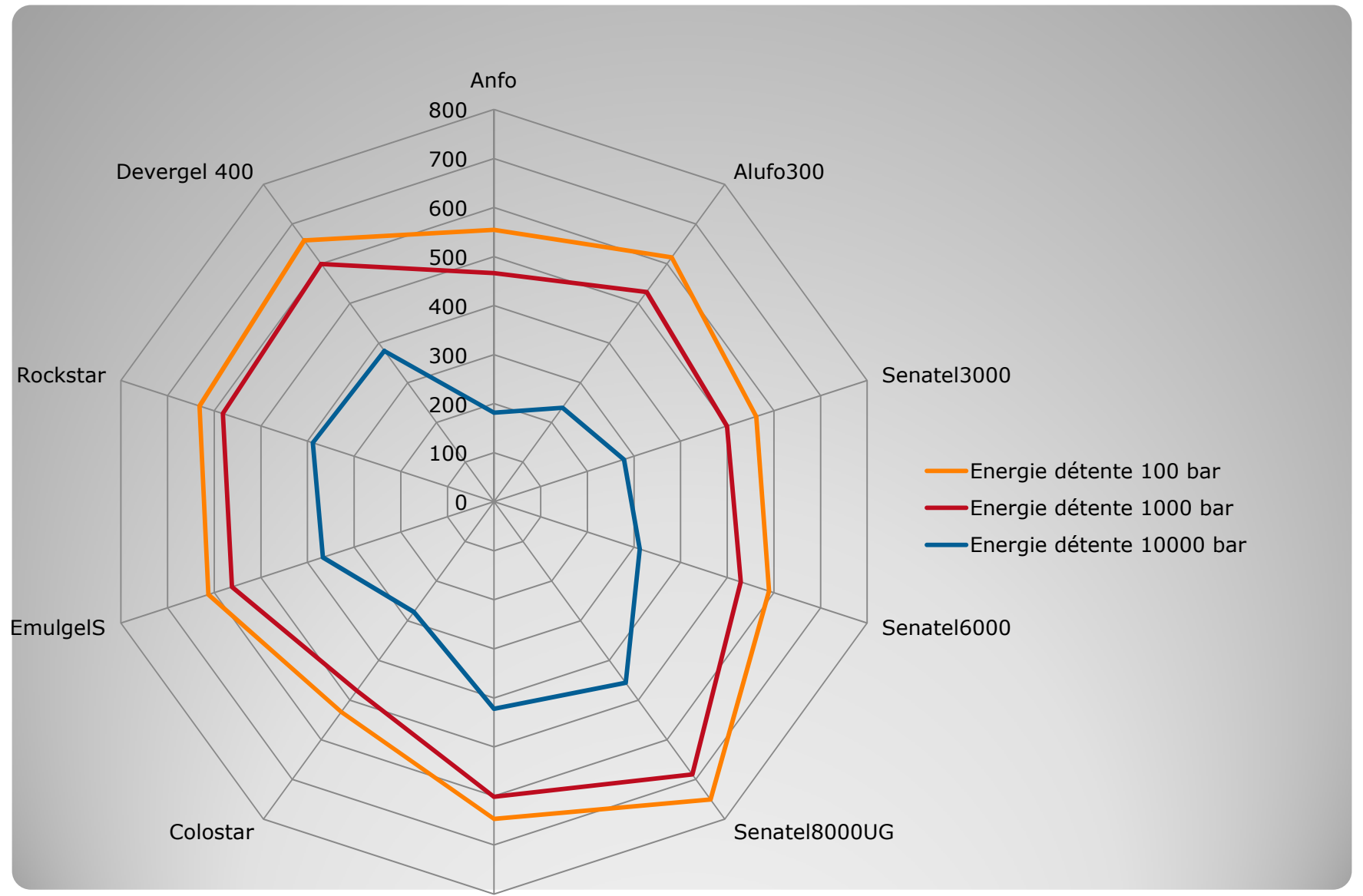
Influence de l'aluminium sur les encartouchés

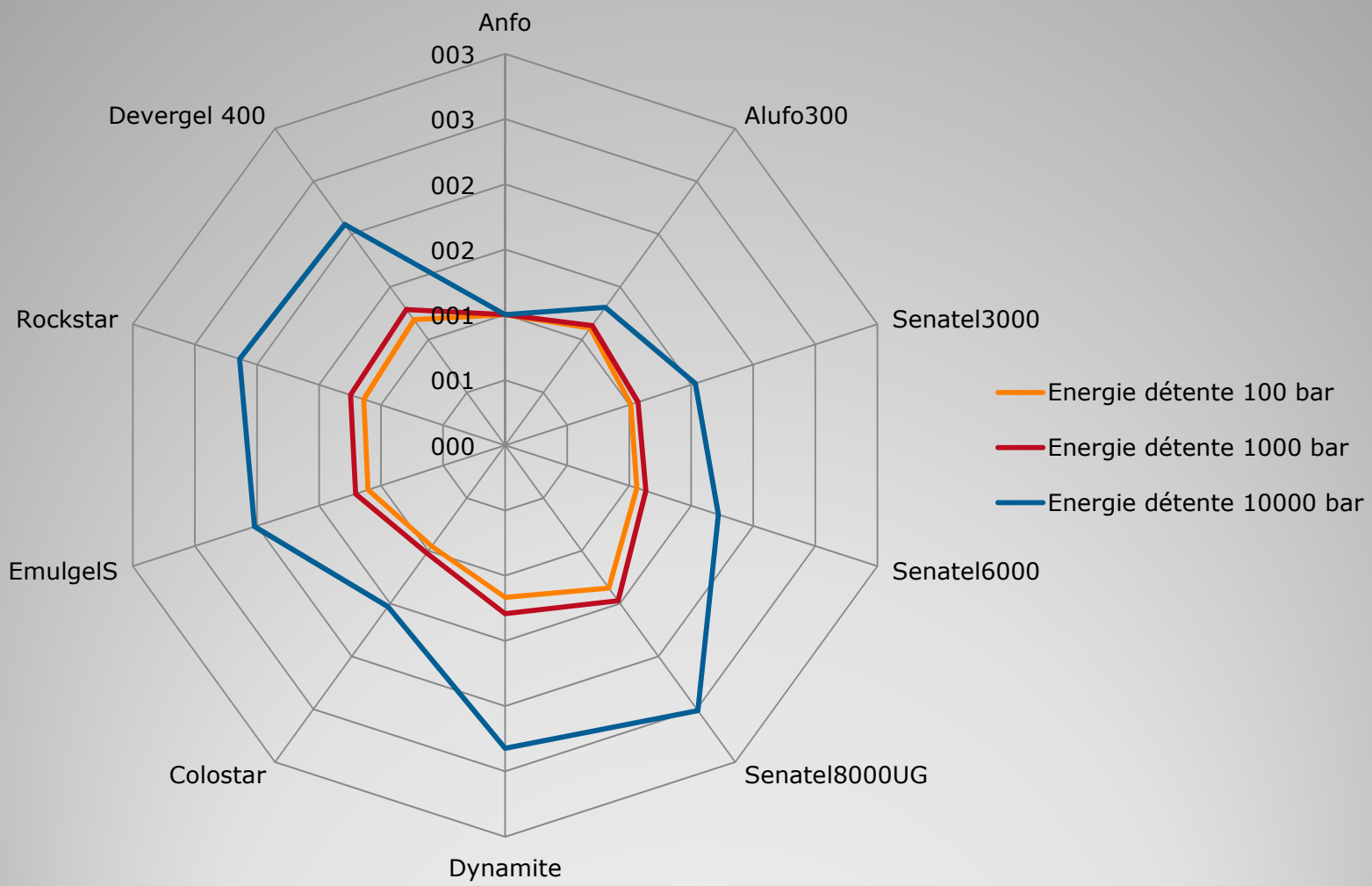
Nom commercial	Type	Densité	Vd(m/s)	VolumeCJ V3	Volume initial V1	Gamma	Pcj (Kbar)	Qv total(cal/g)	Qv équilibre (cal/g)	Energie bulle (cal/g)	Energie détente 1000 bar	Ratio
Anfo		0,87	4645	0,89	1,15	2,04	41,7	931	816	390	466	1,20
Alufo300	Anfo aluminisé	0,89	5123	0,84	1,12	2,11	58,2	1195	906	460	529	1,15
Senatel3000	Emulsion sans alu	1,2	5167	0,65	0,83	2,21	68,0	862	823	449	499	1,11
Senatel6000	Emulsion aluminisée	1,25	5640	0,63	0,80	2,24	75,6	1049	947	480	529	1,10
Senatel8000UG	Emulsion aluminisée	1,3	6127	0,59	0,77	2,30	117,5	1261	1047	622	688	1,11
Dynamite		1,4	6581	0,57	0,71	2,52	119,3	1089	963	540	602	1,11
Colostar	Emulsion vrac sans alu	1,25	5272	0,64	0,80	2,31	71,1	797	765	421	476	1,13
EmulgelS	Emulsion vrac avec alu et NA prills	1,3	6042	0,62	0,77	2,41	92,1	1060	908	505	562	1,11
Rockstar	Emulsion vrac avec alu	1,35	6005	0,60	0,74	2,40	94,4	1044	903	535	581	1,09
Devergel 400	Emulsion vrac déversable avec alu	1,25	5952	0,62	0,80	2,32	96,5	1118	967,4	520	600	1,15

Comparaison des paramètres et énergies

Nom commercial	Type	Densité	Energie détente 1 bar	Energie détente 10 bar	Energie détente 100 bar	Energie détente 1000 bar	Energie détente 10000 bar	Qv total(cal/g)	Detente/ anfo 100bar	Detente/ anfo 1000bar	Detente/ anfo 10000bar
Anfo		0,87	590	582	555	466	182	931	1,00	1,00	1,00
Alufo300	Anfo aluminisé	0,89	649	642	616	529	237	1195	1,11	1,13	1,31
Senatel3000	Emulsion sans alu	1,2	585	580	562	499	278	862	1,01	1,07	1,53
Senatel6000	Emulsion aluminisée	1,25	611	606	589	529	312	1049	1,06	1,13	1,72
Senatel8000UG	Emulsion aluminisée	1,3	772	768	751	688	457	1261	1,35	1,47	2,51
Dynamite		1,4	660	658	647	602	422	1089	1,17	1,29	2,32
Colostar	Emulsion vrac sans alu	1,25	548	544	530	476	278	797	0,96	1,02	1,53
EmulgelS	Emulsion vrac avec alu et NA prills	1,3	629	626	613	562	367	1060	1,10	1,20	2,02
Rockstar	Emulsion vrac avec alu	1,35	648	645	632	581	389	1044	1,14	1,25	2,14
Devergel 400	Emulsion vrac déversable avec alu	1,25	679	675	659	600	380	1118	1,19	1,29	2,09

Energie de détente en fonction de la pression et ratio de cette énergie par rapport à l'Anfo





Equivalence ANFO