La combustion stœchiométrique

Pour être en présence d'une combustion neutre ou stœchiométrique il faut juste apporter la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion complète du combustible, dans les Conditions Normales de Température et de Pression (CNTP : 273,15K et 101325Pa),

La combustion est une réaction chimique d'oxydation accompagnée d'un dégagement de chaleur, on parle de phénomène exothermique (endothermique si elle provoque une absorption de chaleur).

On trouvera la quantité d'oxygène à apporter à partir des équations chimiques de combustion, appelées équations bilans, par exemple : $C + O_2 \Rightarrow CO_2$ + chaleur

La résolution des équations bilans des combustibles dans les conditions stœchiométriques nous permettra de déterminer les grandeurs caractéristiques nécessaires aux analyses de combustion, à savoir :

- Le pouvoir comburivore (Va) représente le volume d'air exact à apporter pour assurer la combustion complète du combustible.
- Le pouvoir fumigène sec (Vf_o) représente le volume des fumées sèches.
- Le pouvoir fumigène humide (Vf_o') représente le volume des fumées humides.
- La masse d'eau (m_{H2O}), qui permet de connaître la chaleur latente récupérable en présence d'un condenseur sur les fumées (avec Lv_{CNTP}=2,5Mj/kg_{H2O}).
- Le taux de CO_2 maximal (CO_{2Max} ou γCO_{2Max}) représente le pourcentage de CO_2 dans les fumées sèches stœchiométriques. Il est physiquement impossible de dépasser sa valeur.

Les combustibles existant ayant des caractéristiques parfaitement définies ces valeurs sont constantes, et sont obtenues dans des tableaux récapitulatifs.

Nature du gaz			Hydrogène	Oxyde de carbone	Hydrocarbures									Oxygène	Inertes	
			H_2 %	CO %	CH_4 %	C_2H_4 %	C_2H_6 %	C_3H_6 %	C_3H_8 %	C_4H_8 %	C_4H_{10} %	C_5H_{12} %	C_nH_m %	O_2 %	N_2 %	CO_2 %
Gaz naturels	Skikda		–	–	89,3	–	6,2	–	0,6	–	0,1	–	–	–	3,8	–
	Arzew		–	–	87,0	–	9,4	–	2,6	–	0,6	–	–	–	0,4	–
	Gasunie		–	–	85,9	–	4,6	–	1,1	–	0,4	0,1	–	–	6,5	1,4
	Lacq		–	–	97,3	–	2,1	–	0,2	–	0,1	–	–	–	0,3	–
	Ekofisk		–	–	87,3	–	8,4	–	2,9	–	0,9	0,2	–	–	0,5	1,8
	Groningue		–	–	81,3	–	2,9	–	0,4	–	0,2	–	–	–	14,2	1,0
Gaz de pétrole et leurs mélanges avec l'air	Propane commercial		–	–	–	0,5	2,0	30,0	65,5	–	2,0	–	–	–	–	–
	Butane commercial		–	–	–	3,2	–	–	6,1	21,8	68,6	0,3	–	–	–	–
	Air propané	7,5	–	–	–	0,15	0,55	8,25	18,0	–	0,55	–	–	15,2	57,3	–
	Air propané	15,6	–	–	–	0,3	1,1	17,1	37,4	–	1,1	–	–	9,0	34,0	–
	Air butané	7,3	–	–	–	0,6	–	0,80	2,80	3,20	14,20	–	–	16,7	62,4	–
Gaz manufacturés	Gaz de cokerie	5,6	50,2	9,0	24,9	2,0	0,8	–	–	–	–	–	0,4	–	9,5	3,2
	Gaz de craquage (type Paris)	5,2	38,5	4,0	31,8	–	1,0	–	–	–	–	–	0,1	–	15,7	8,9

H_2 = hydrogène
CO = monoxyde de carbone
CH_4 = méthane
C_2H_4 = éthylène
C_2H_6 = éthane
C_3H_6 = propylène
C_3H_8 = propane
C_4H_8 = buthylène
C_4H_{10} = butane
C_5H_{12} = pentane
C_nH_m = hydrocarbures divers
O_2 = oxygène
N_2 = azote
CO_2 =dioxyde de carbone

lycee-pmf.fr

Nature du gaz	Pouvoir calorifique par unité de volume				Masse volumique normale	Densité (par rapport à l'air)	Pouvoir calorifique par unité de masse				Rapport $\frac{I_p}{P_p}$
	Supérieur P_p ou PCS		Inférieur I_p ou PCI				Supérieur P_p ou PCS		Inférieur I_p ou PCI		
	MJ/m³	kWh/m³	MJ/m³	kWh/m³	kg/m³	–	MJ/kg	kWh/kg	MJ/kg	kWh/kg	–
Skikda	40,7	11,3	36,8	10,2	0,79	0,61	51,8	14,4	46,7	13,0	0,90
Arzew	44,8	12,4	40,5	11,2	0,82	0,64	54,3	15,1	49,1	13,6	0,90
Gasunie	39,3	10,9	35,5	9,9	0,82	0,64	47,8	13,3	43,1	12,0	0,90
Lacq	40,6	11,3	36,5	10,1	0,74	0,57	55,2	15,3	49,7	13,8	0,90
Ekofisk	44,4	12,3	40,1	11,1	0,86	0,66	51,8	14,4	46,8	13,0	0,90
Groningue	35,2	9,8	31,7	8,8	0,83	0,64	42,2	11,7	38,0	10,6	0,89
Propane commercial	99,19	27,53	91,58	25,42	1,99	1,54	49,74	13,8	45,98	12,76	0,925
Butane commercial	132,59	36,80	119,76	33,23	2,59	2,00	49,32	13,69	45,56	12,64	0,924
Air propané 7,5	27,27	7,57	25,18	6,99	1,49	1,15	–	–	–	–	0,925
Air propané 15,6	56,53	15,69	52,21	14,49	1,68	1,30	–	–	–	–	0,925
Air butané 7,3	26,33	7,31	23,83	6,61	1,55	1,20	–	–	–	–	0,905
Gaz de cokerie 5,6	19,71	5,47	17,54	4,87	0,56	0,43	35,20	9,77	31,35	8,70	0,89
Gaz de craquage (type Paris) 5,2	18,81	5,22	16,76	4,65	0,70	0,54	26,96	7,48	24,04	6,67	0,89

Nature du gaz		Air théorique	Pouvoir fumigène		$(CO_2 + SO_2)$ total	H_2O total		$(CO_2 + SO_2)$ max.	Composition volumétrique des produits de combustion humides		
			Humide	Sec							
		V_a	V'_{fo}	V_{fo}	V_{CO_2}	V_{H_2O}	V_{H_2O}	$(CO_2 + SO_2)$ %	$(CO_2 + SO_2)$ %	H_2O %	N_2 %
		m³ N / m³ gaz	m³ N / m³ gaz	m³ N / m³ gaz	m³ N / m³ gaz	m³ N / m³ gaz	kg / m³ gaz	% V_{fo}	% V'_{fo}	% V'_{fo}	% V'_{fo}
Gaz naturels	Skikda	9,7	10,7	8,7	1,04	2,00	1,61	11,9	9,7	18,6	71,7
	Arzew	10,7	11,7	9,6	1,16	2,16	1,73	12,1	9,9	18,4	71,7
	Gasunie	9,4	10,4	8,5	1,02	1,93	1,55	12,0	9,8	18,5	71,7
	Lacq	9,7	10,7	8,7	1,02	2,02	1,62	11,8	9,6	18,9	71,5
	Ekofisk	10,6	11,6	9,5	1,17	2,13	1,71	12,3	10,0	18,3	71,7
	Groningue	8,4	9,4	7,7	0,90	1,74	1,40	11,7	9,6	18,5	71,9
Gaz de pétrole et leurs mélanges avec l'air	Propane commercial	23,25	25,09	21,40	2,99	3,69	2,965	14,0	12,0	14,7	73,3
	Butane commercial	29,35	31,75	27,13	3,88	4,63	3,72	14,3	12,2	14,6	73,2
	Air propané 7,5	5,66	6,90	5,89	0,82	1,01	0,812	14,0	12,0	14,7	73,3
	Air propané 15,6	12,81	14,30	12,20	1,71	2,10	1,69	14,0	12,0	14,7	73,3
	Air butané 7,3	5,00	6,32	5,40	0,77	0,92	0,74	14,3	12,2	14,6	73,2
Gaz manufacturés	de cokerie 5,6	4,34	5,03	3,96	0,44	1,07	0,86	11,1	8,7	21,6	69,5
	de craquage 5,2	4,265	5,05	3,995	0,47	1,055	0,848	11,7	9,3	20,9	69,8

V_a = pouvoir comburivore en volume
V'_{fo} = pouvoir fumigène humide en volume
V_{fo} = pouvoir fumigène sec en volume
$V_{(CO_2 + SO_2)}$ = volume de $CO_2 + SO_2$ dans les fumées sèches
V_{H_2O} = volume de vapeur d'eau
$(CO_2 + SO_2)$ % = pourcentage de $(CO_2 + SO_2)$ dans les fumées sèches
H_2O % = pourcentage de vapeur d'eau
N_2 % = pourcentage d'azote
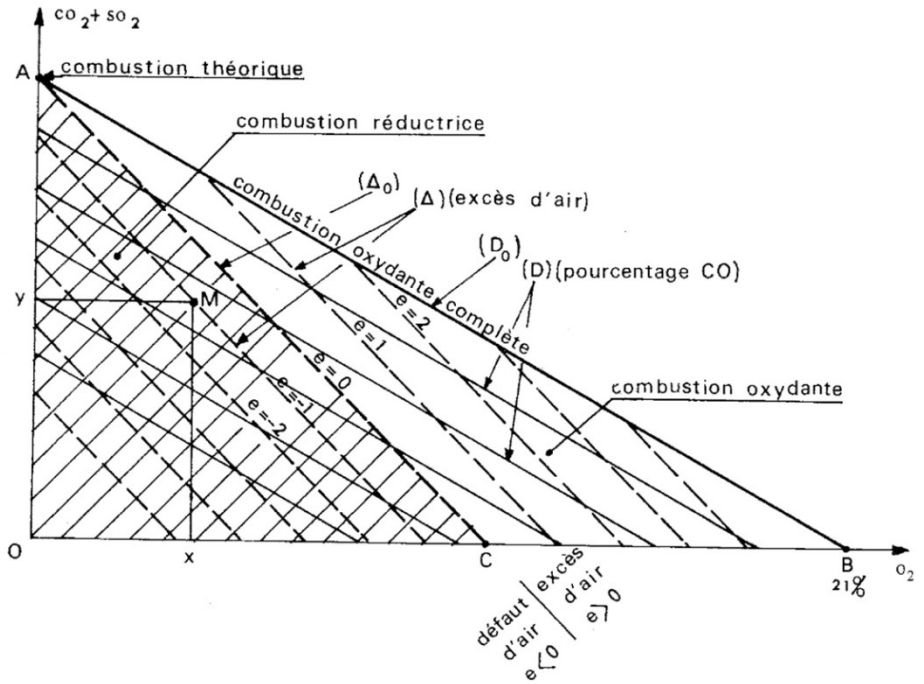
Diagramme d'Ostwald