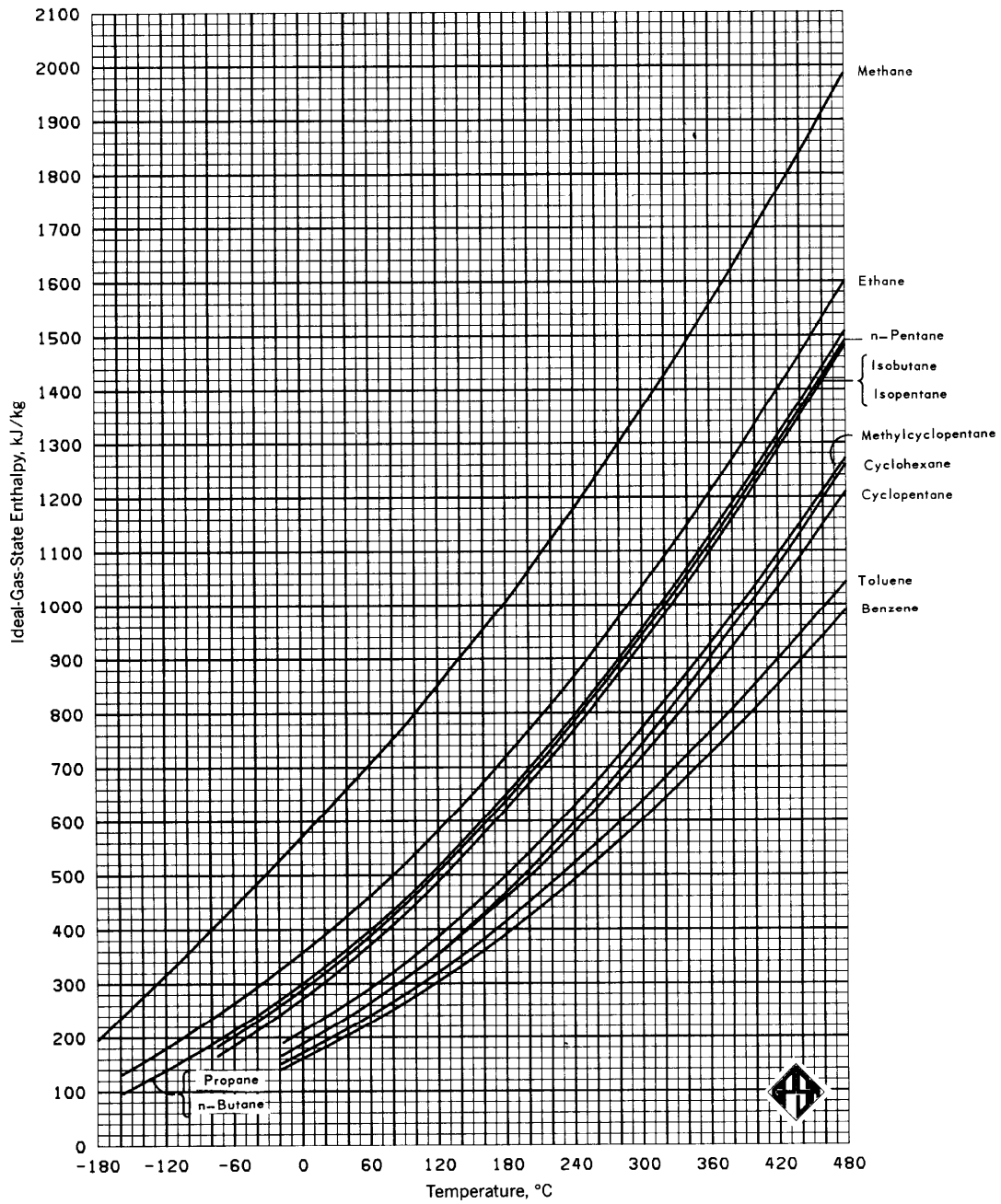


# *Chapitre I*

Présentation du Champ d'OHANET  
Présentation du Champ d'OHANET



**Fig III.1** : l'enthalpie idéale pour l'état des gaz des composants.

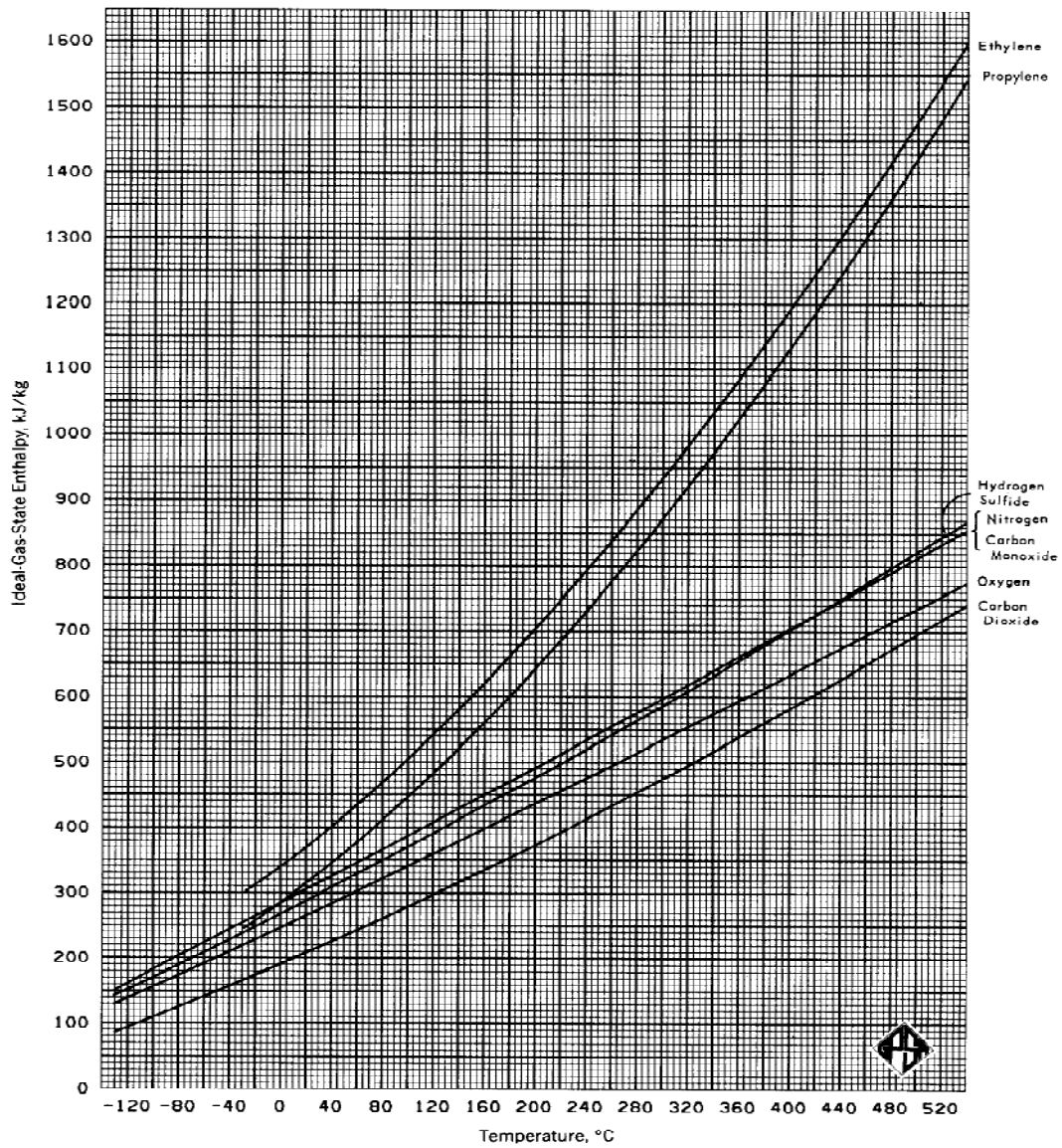


Fig III.2 : l'enthalpie idéale pour l'état des gazeux de l'adjoind pur.

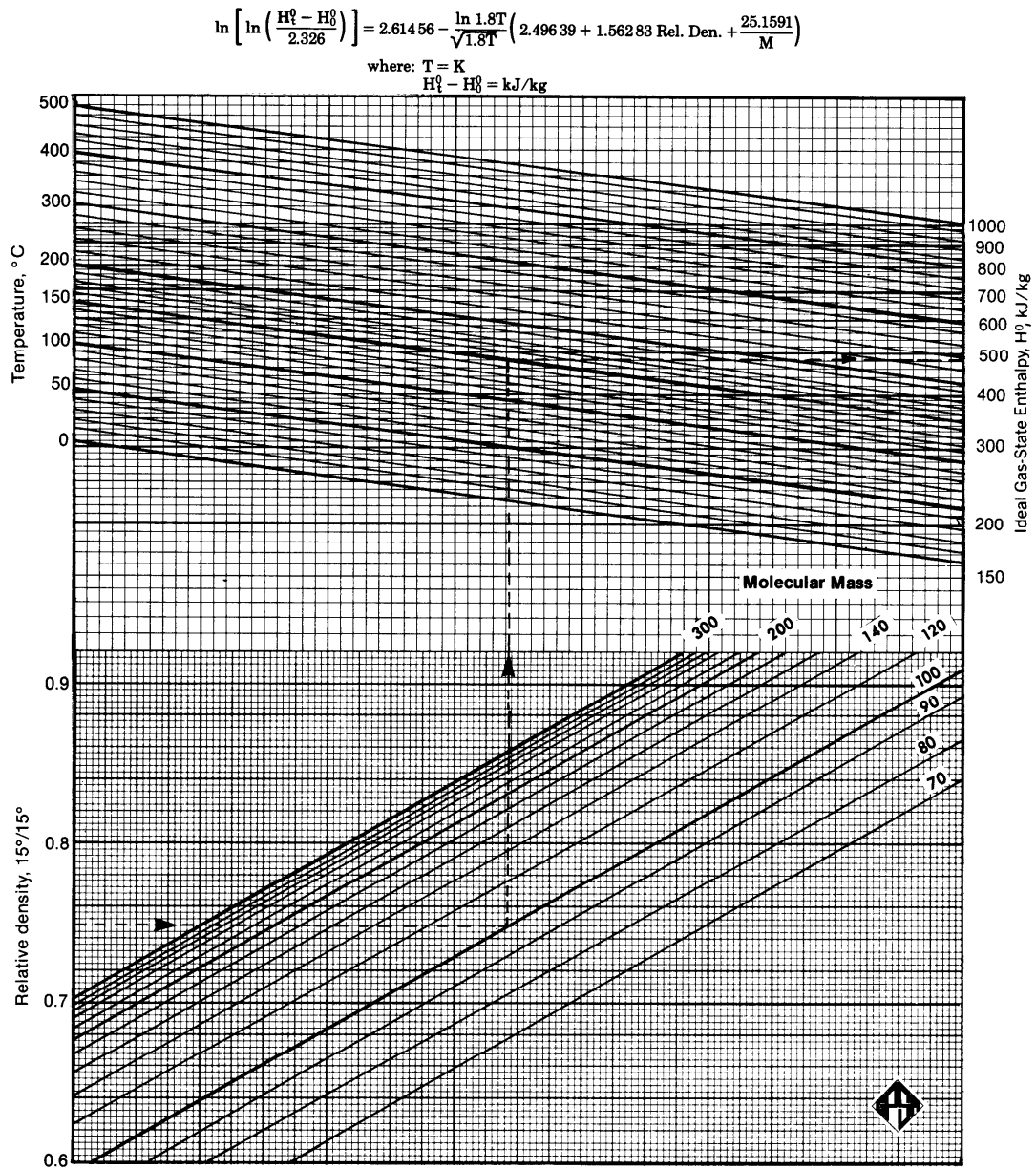


Fig III.3 : l'enthalpie idéale pour l'état des gaz de fraction pétrolière.

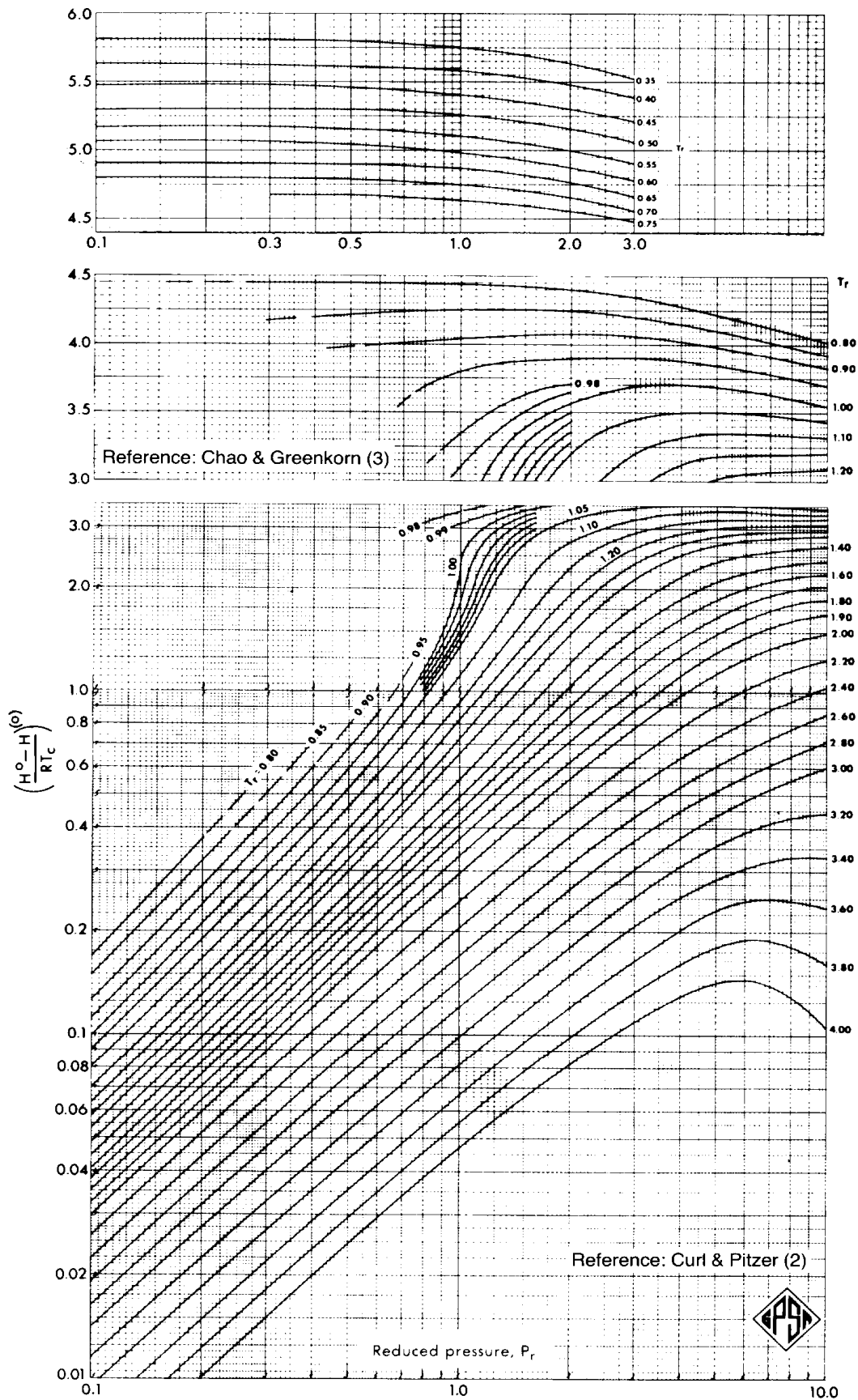


Fig III.4 : Effet de la pression sur l'enthalpie.

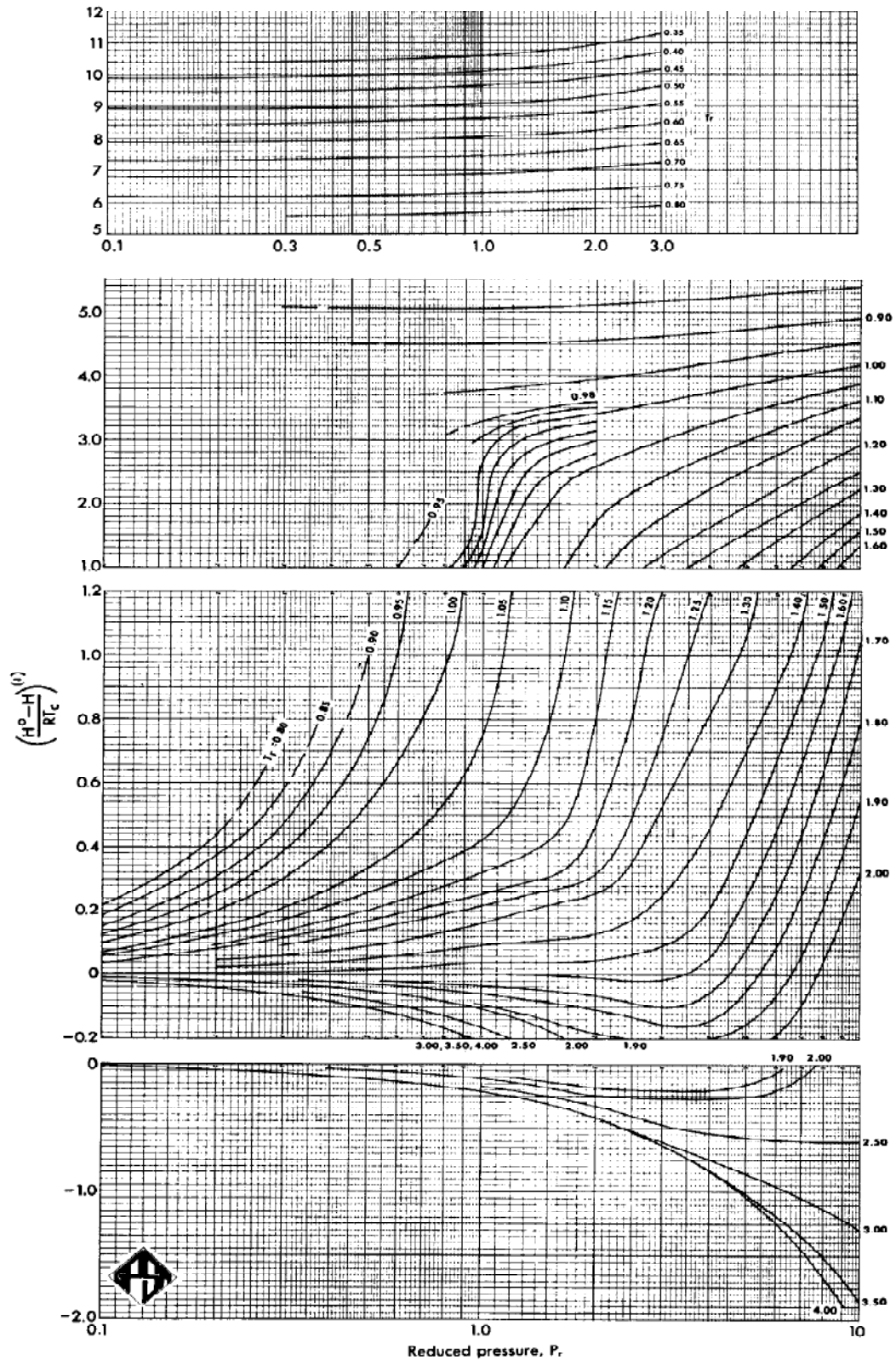
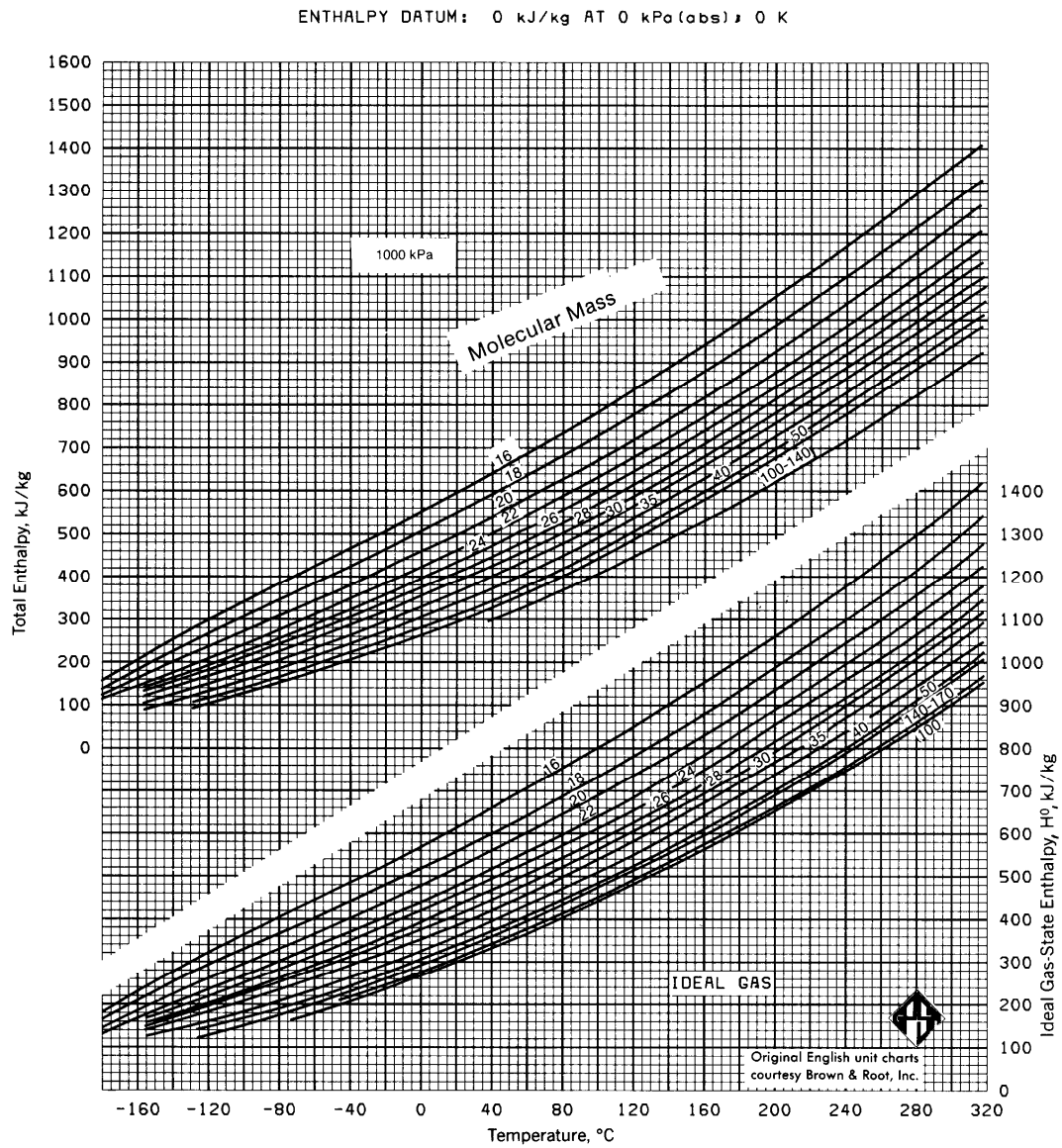


Fig III.5 : Effet de la pression sur l'enthalpie.



**Fig III.6 :** l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.

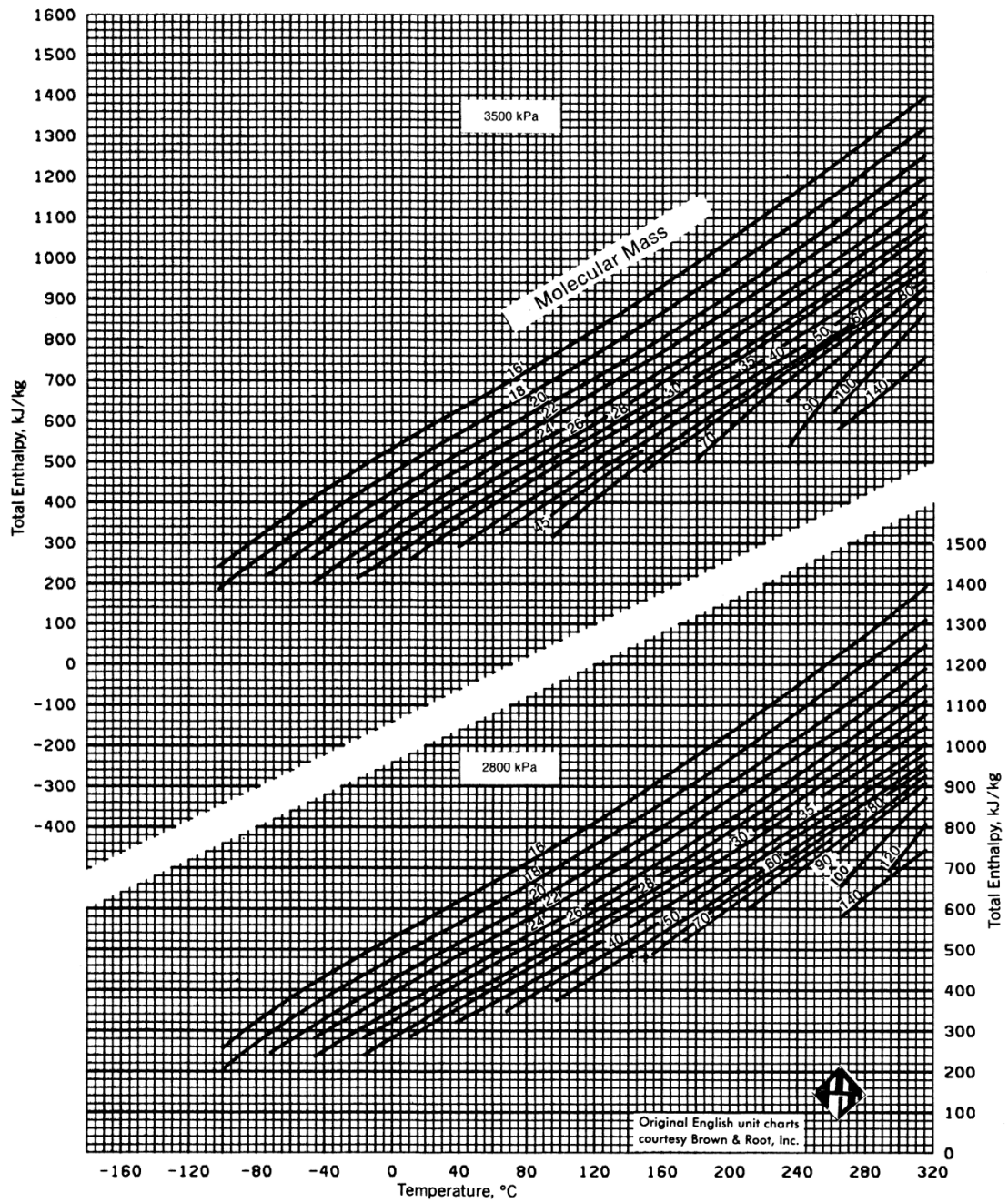
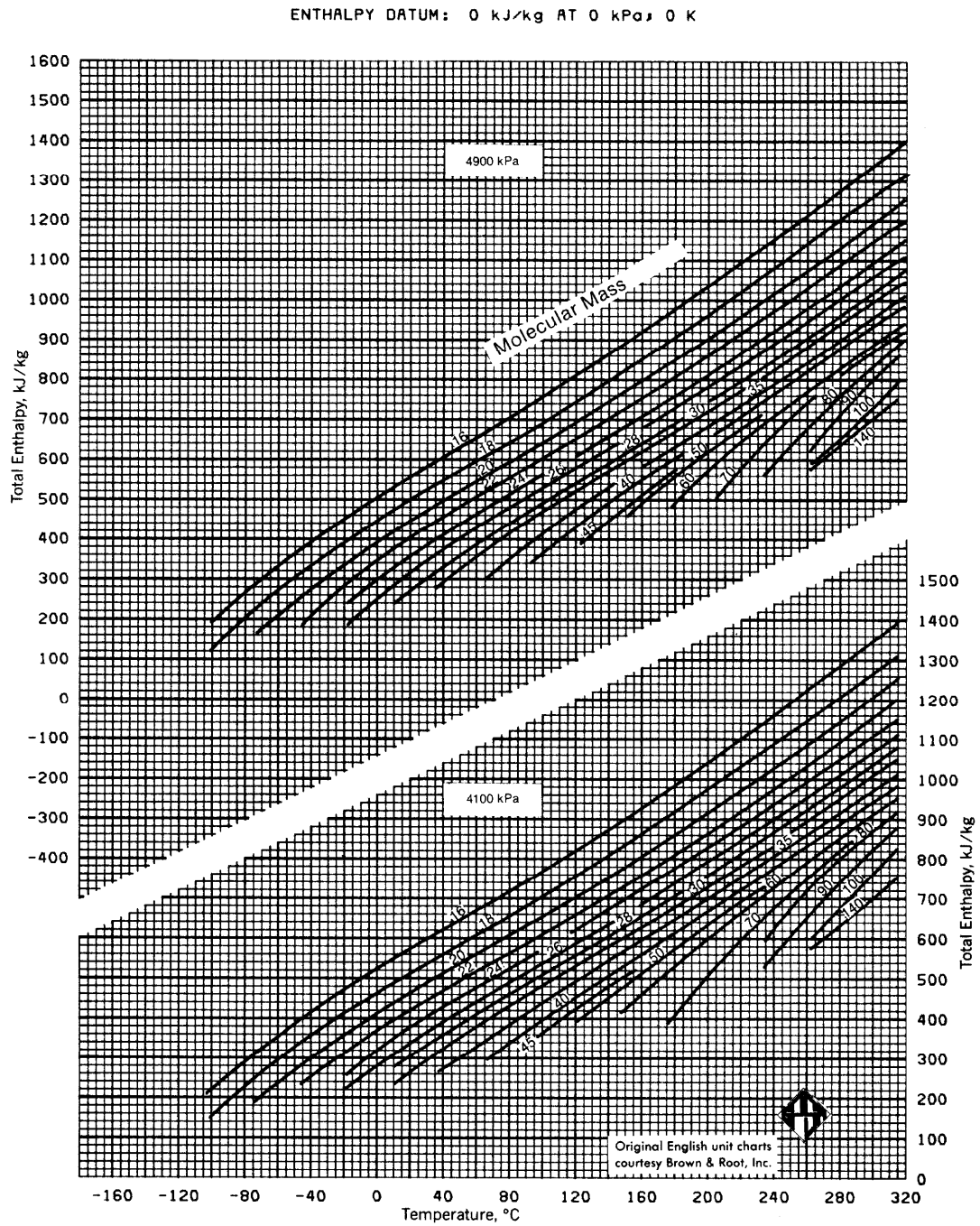


Fig III.7 : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.





**Fig III.8 :** l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.

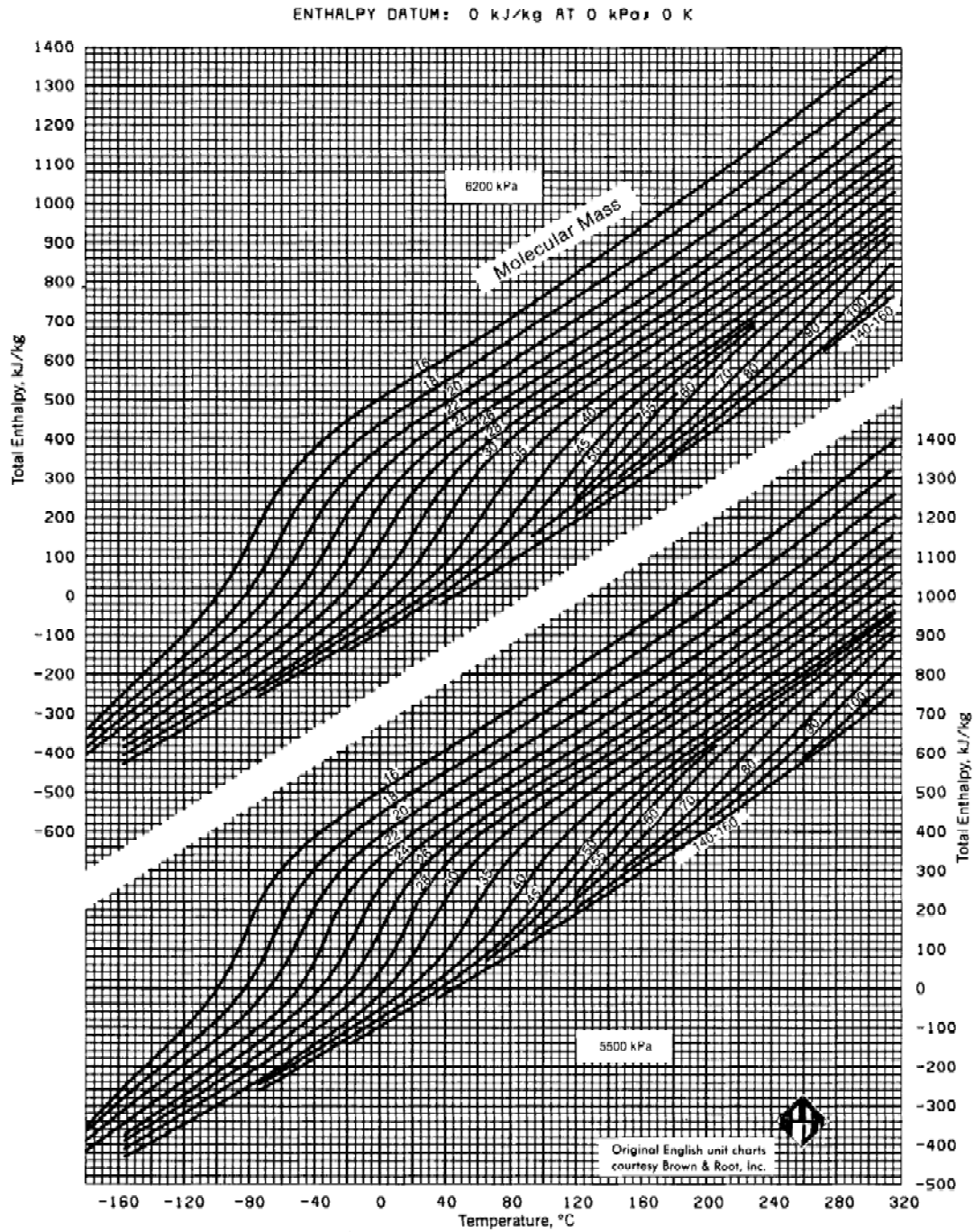


Fig III.9 : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.

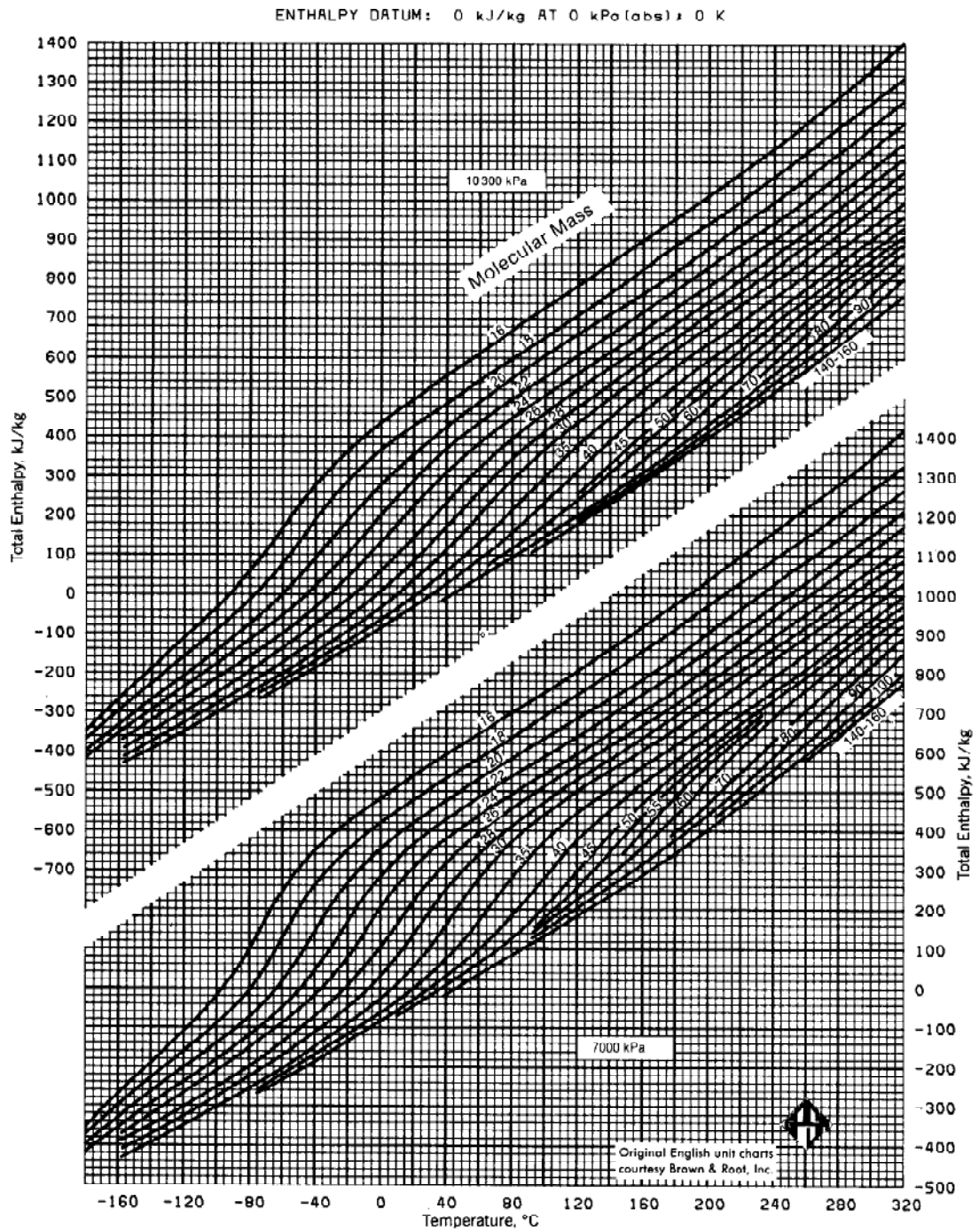


Fig III.10 : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.

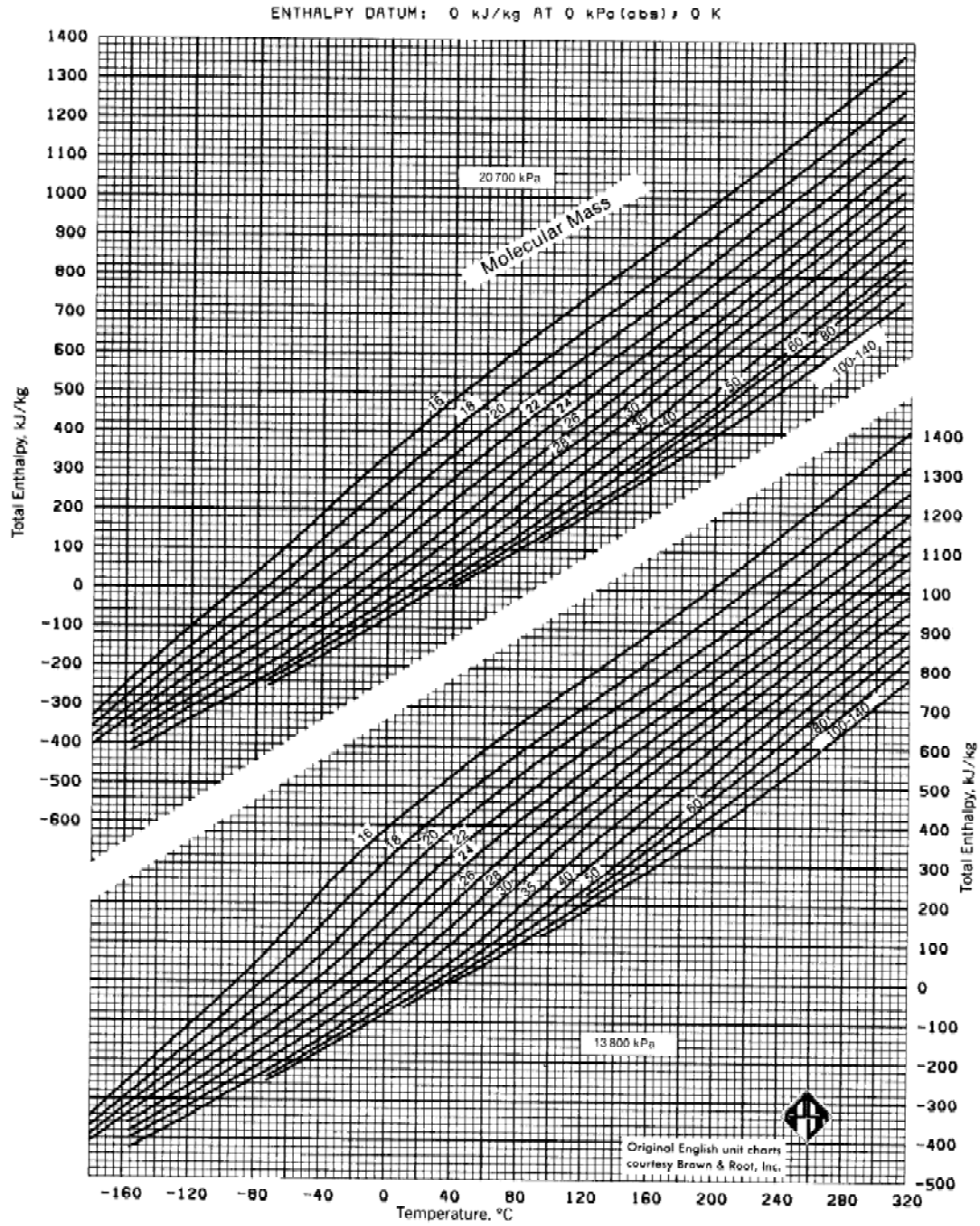
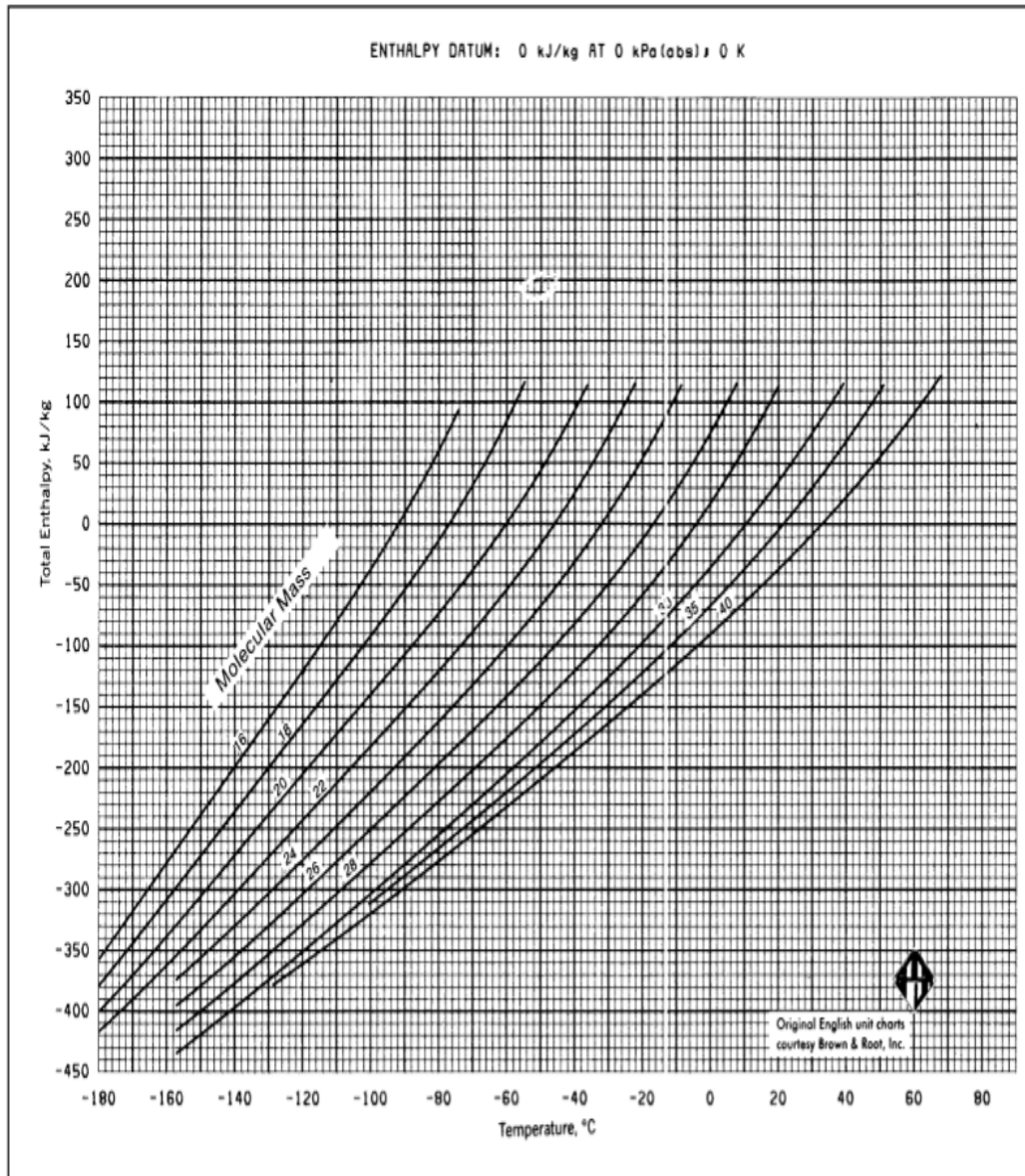
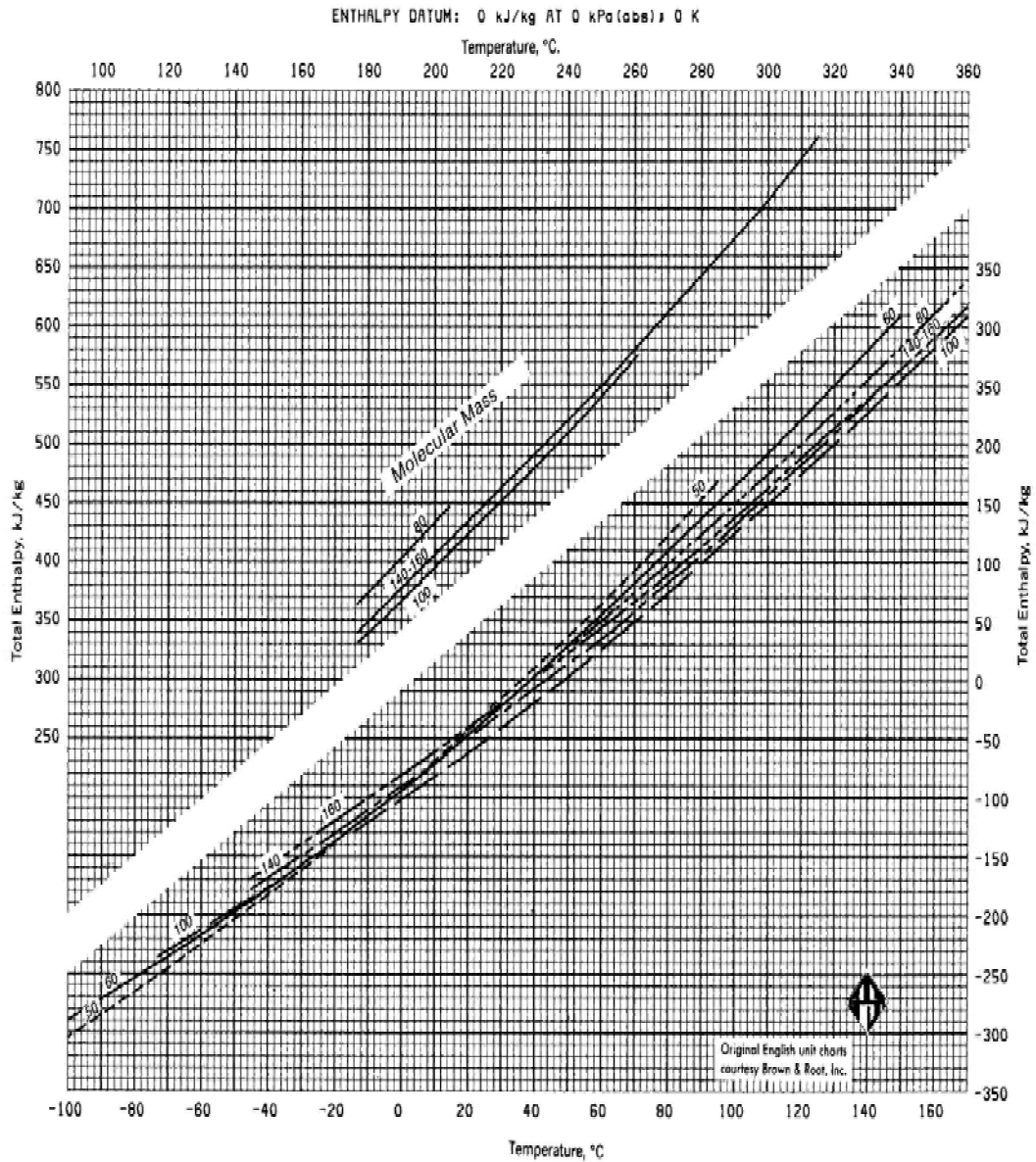


Fig III.11 : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.



**Fig III.12** : l'enthalpie totale de liquide d'hydrocarbure de paraffine.



**Fig III.13** : l'enthalpie totale de liquide d'hydrocarbure de paraffine.

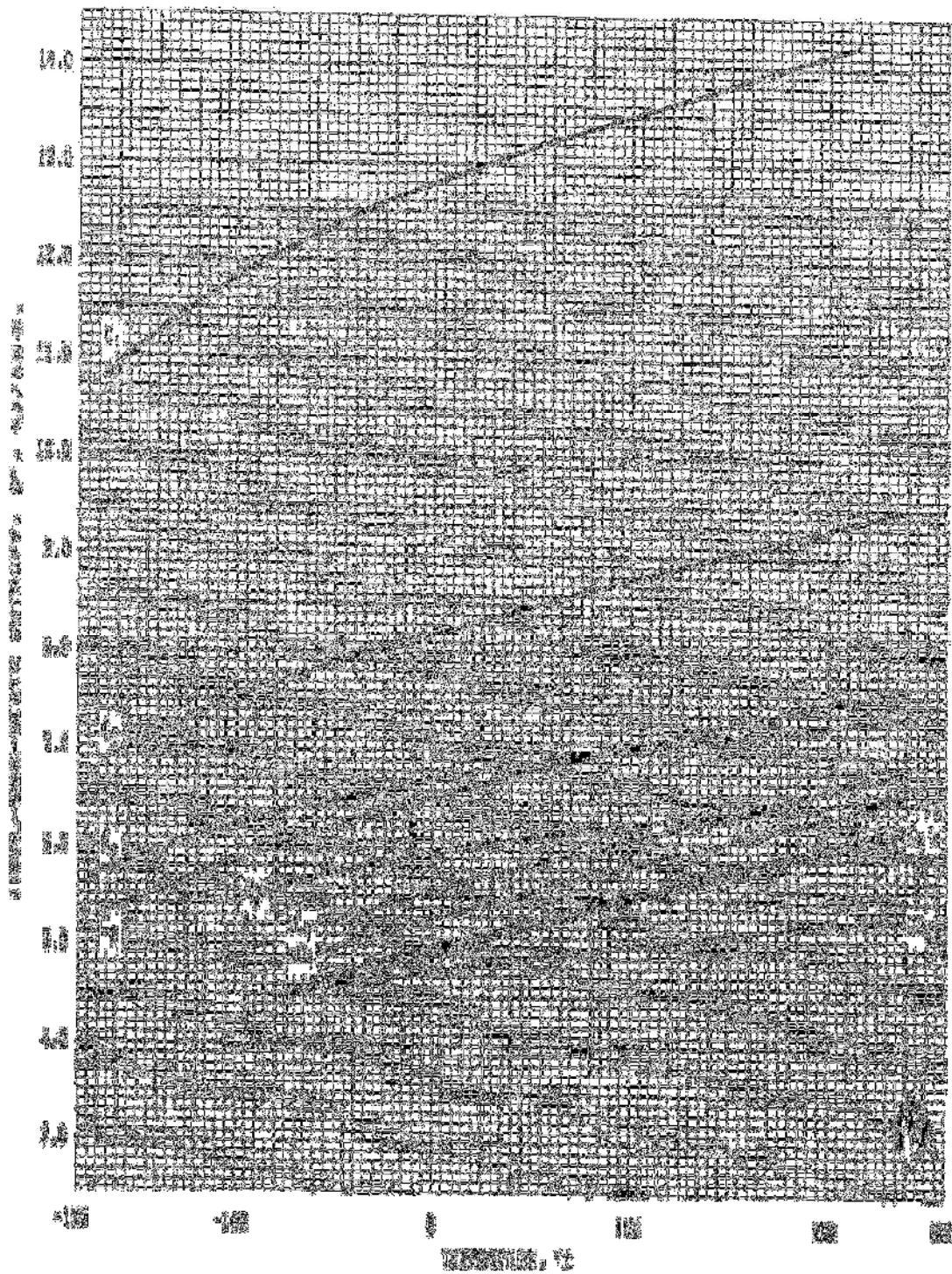


Fig III.14 : Entropie idéale pour l'état des gazeux de l'adjoint pur.

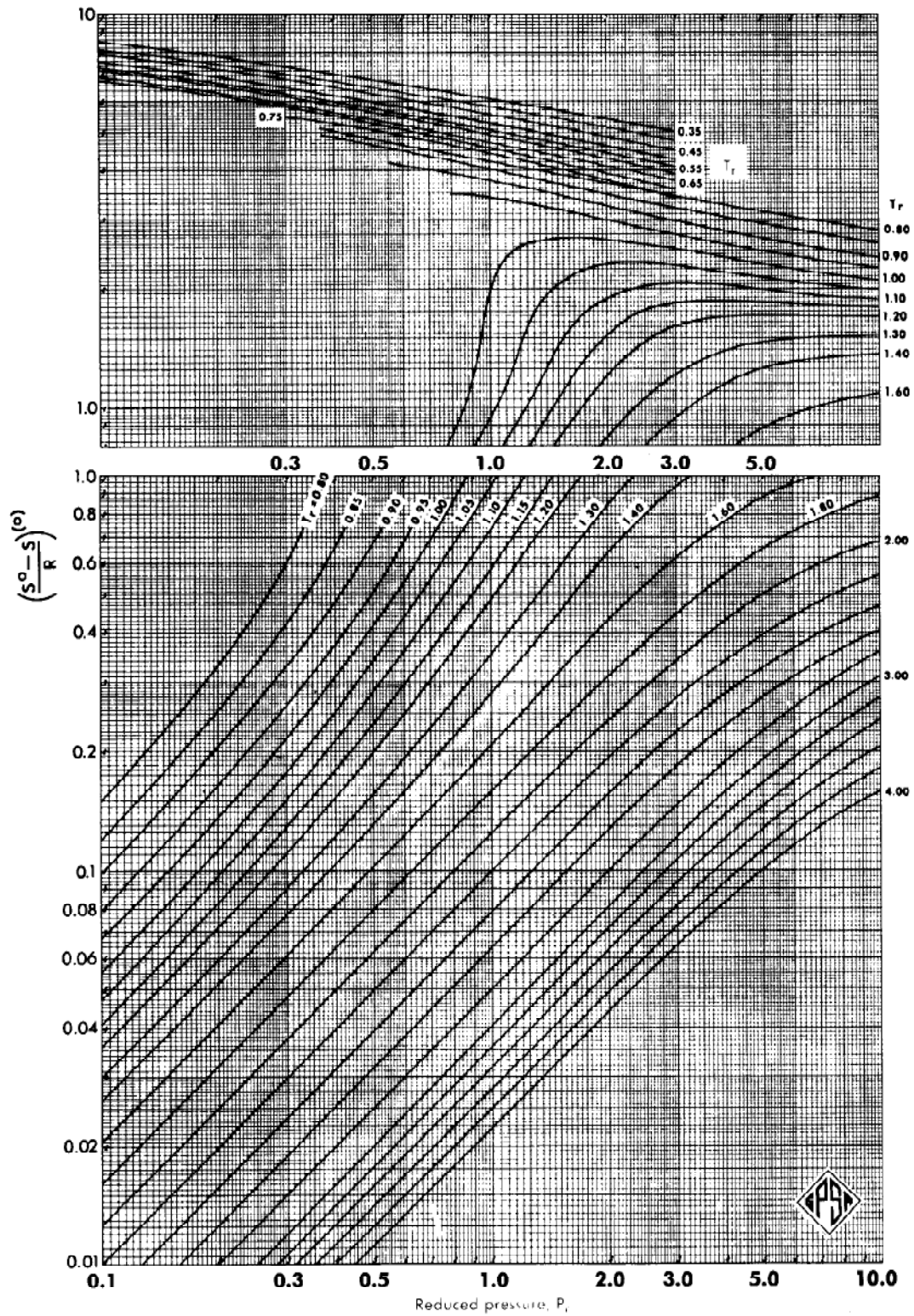


Fig III.15 : Effet de la pression sur l'entropie.



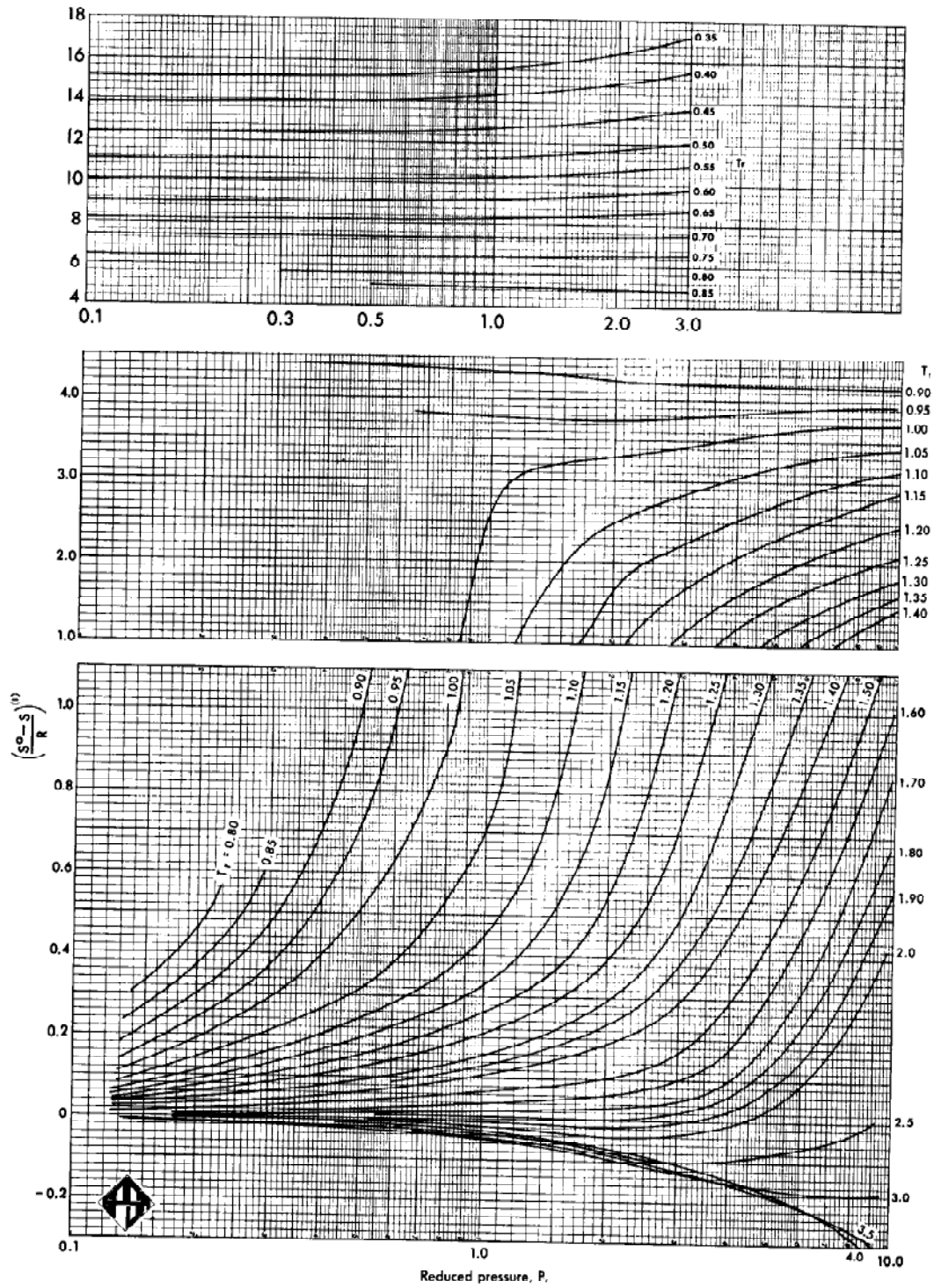


Fig III.16 : Effet de la pression sur l'entropie.

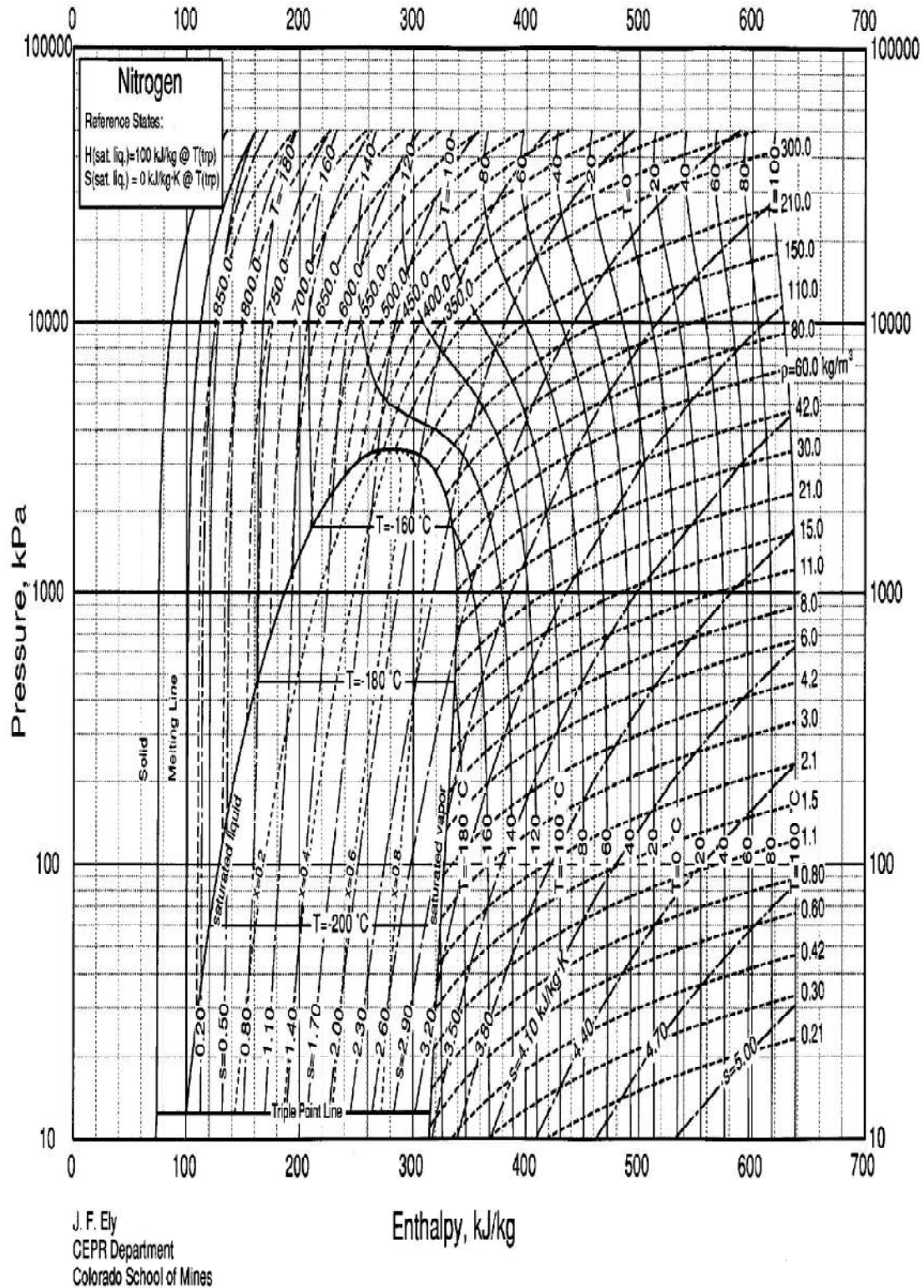


Fig III.17 : Nitrogène P-H Diagramme.

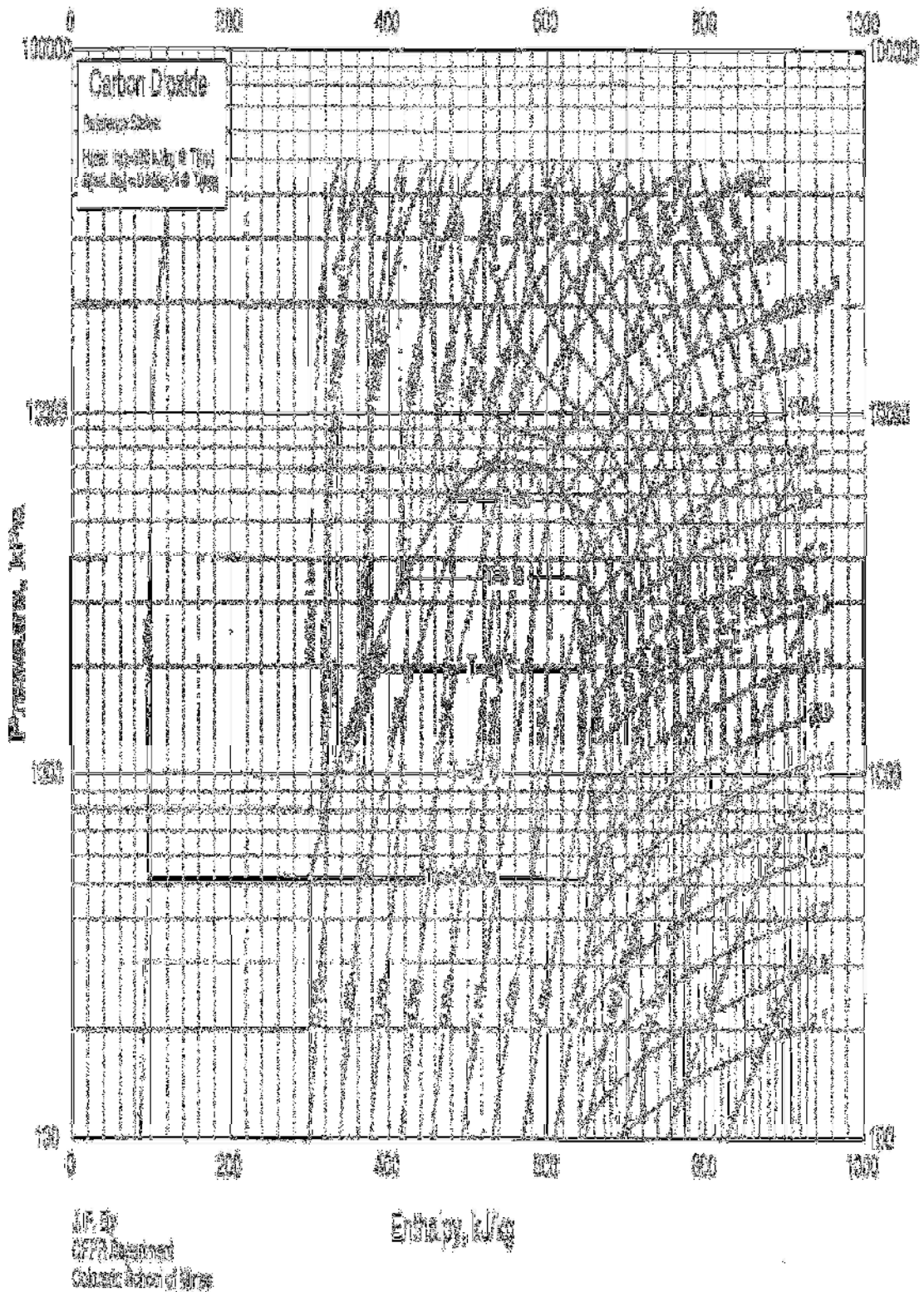
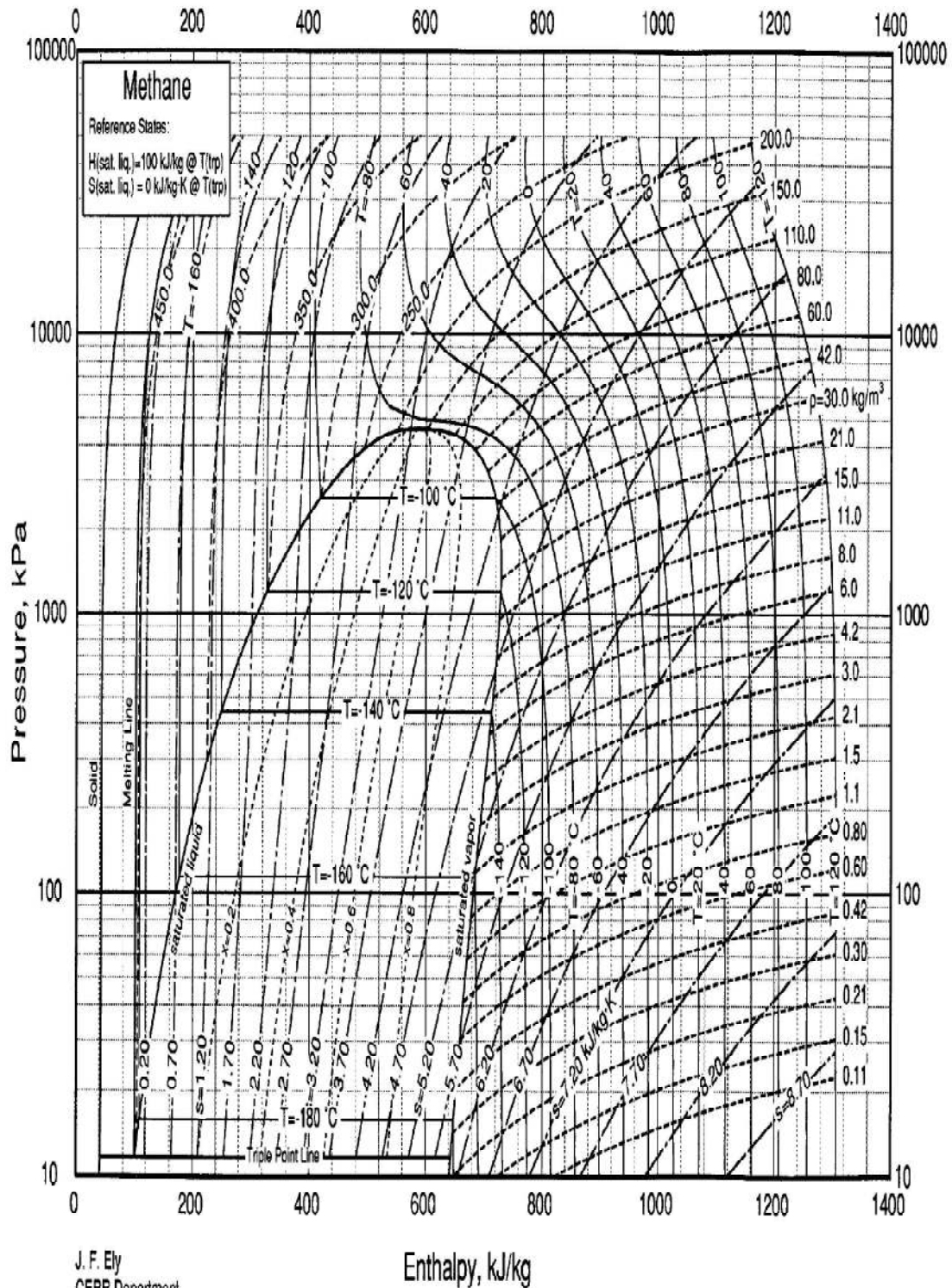


Fig III.18 : Carbone P-H Diagramme.



J. F. Ely  
 CEPR Department  
 Colorado School of Mines

Fig III.19 : Méthane-H Diagramme.

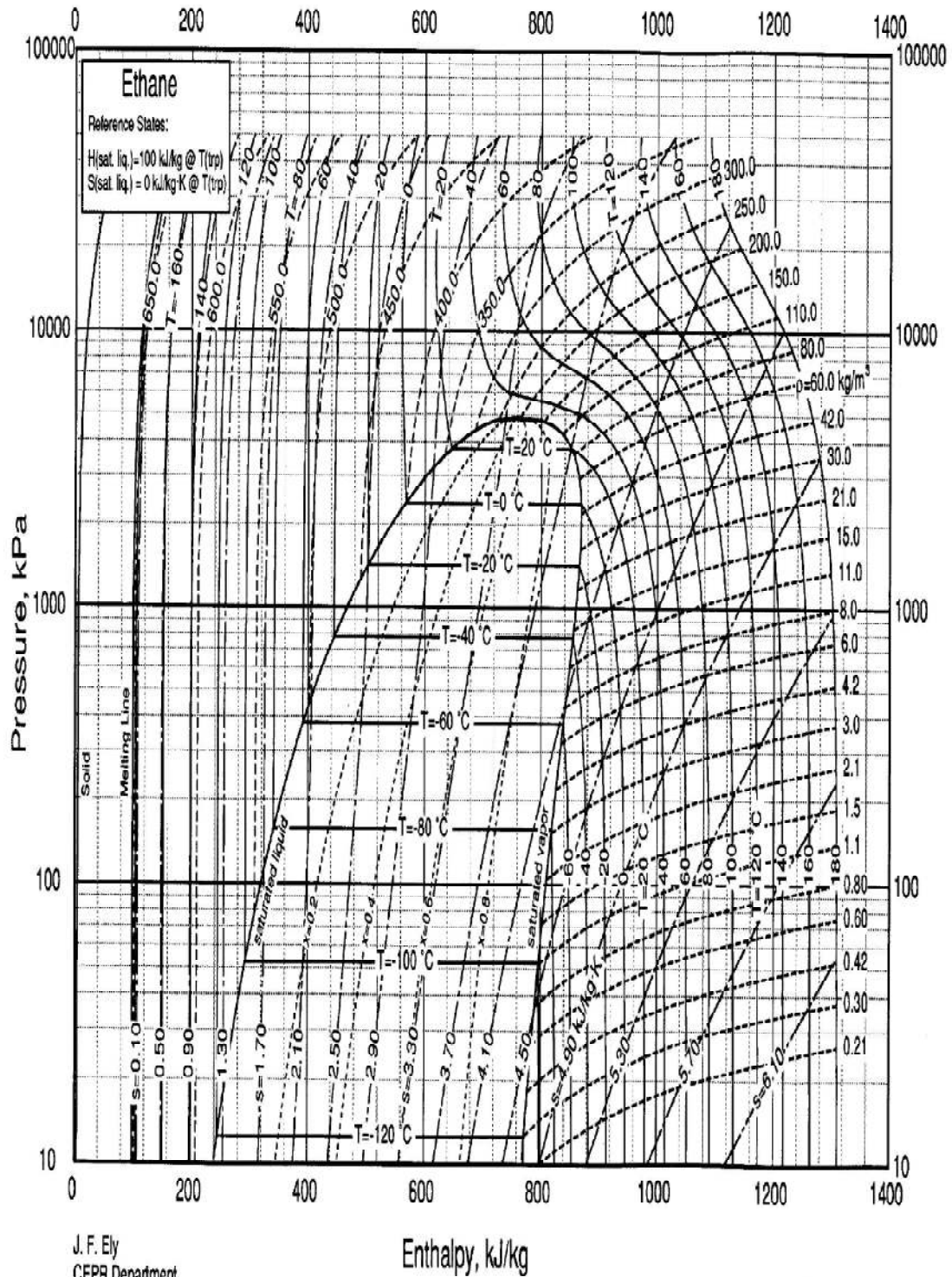


Fig III.20 : Ethane P-H Diagramme.

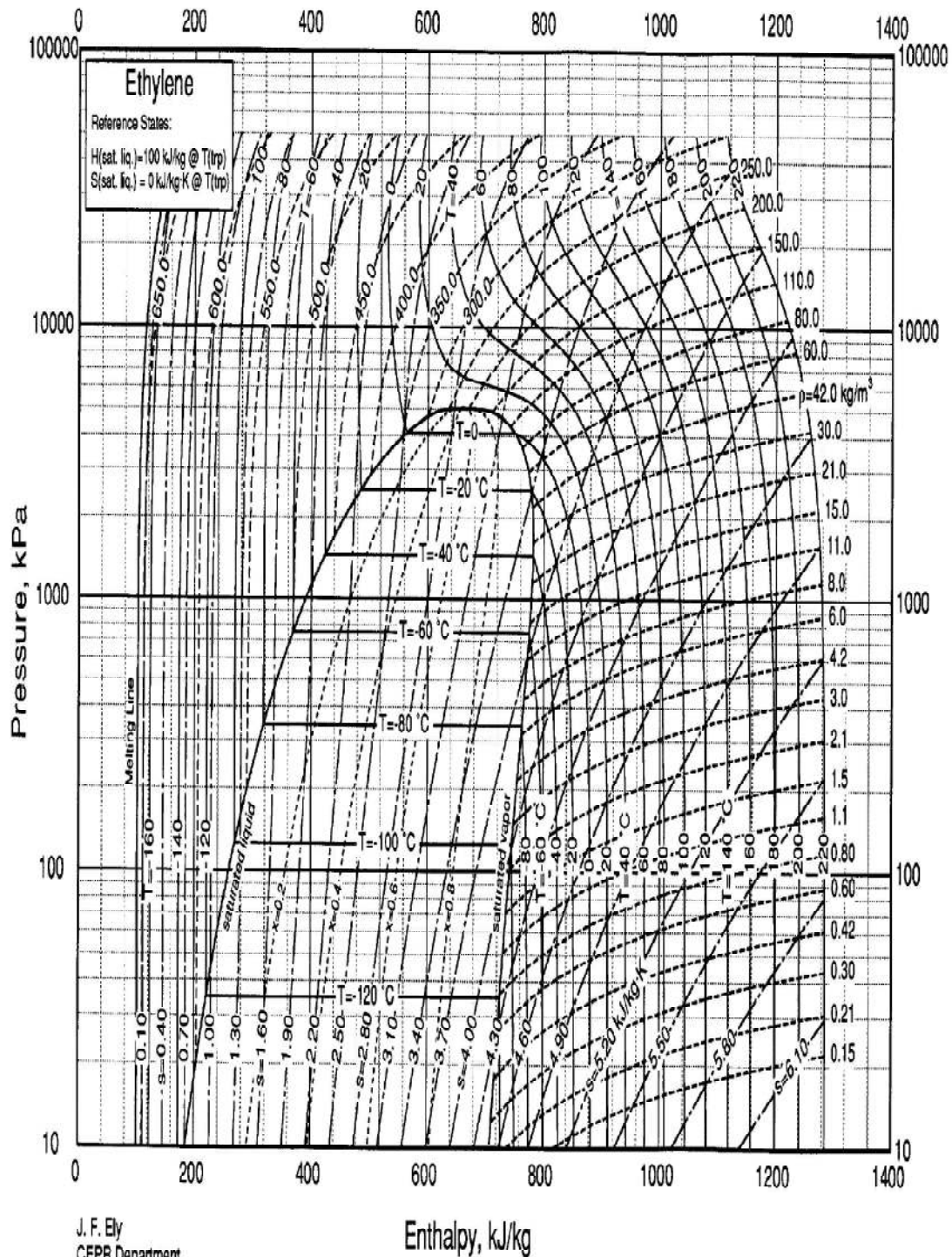


Fig III.21 : Ethylène P-H Diagramme.

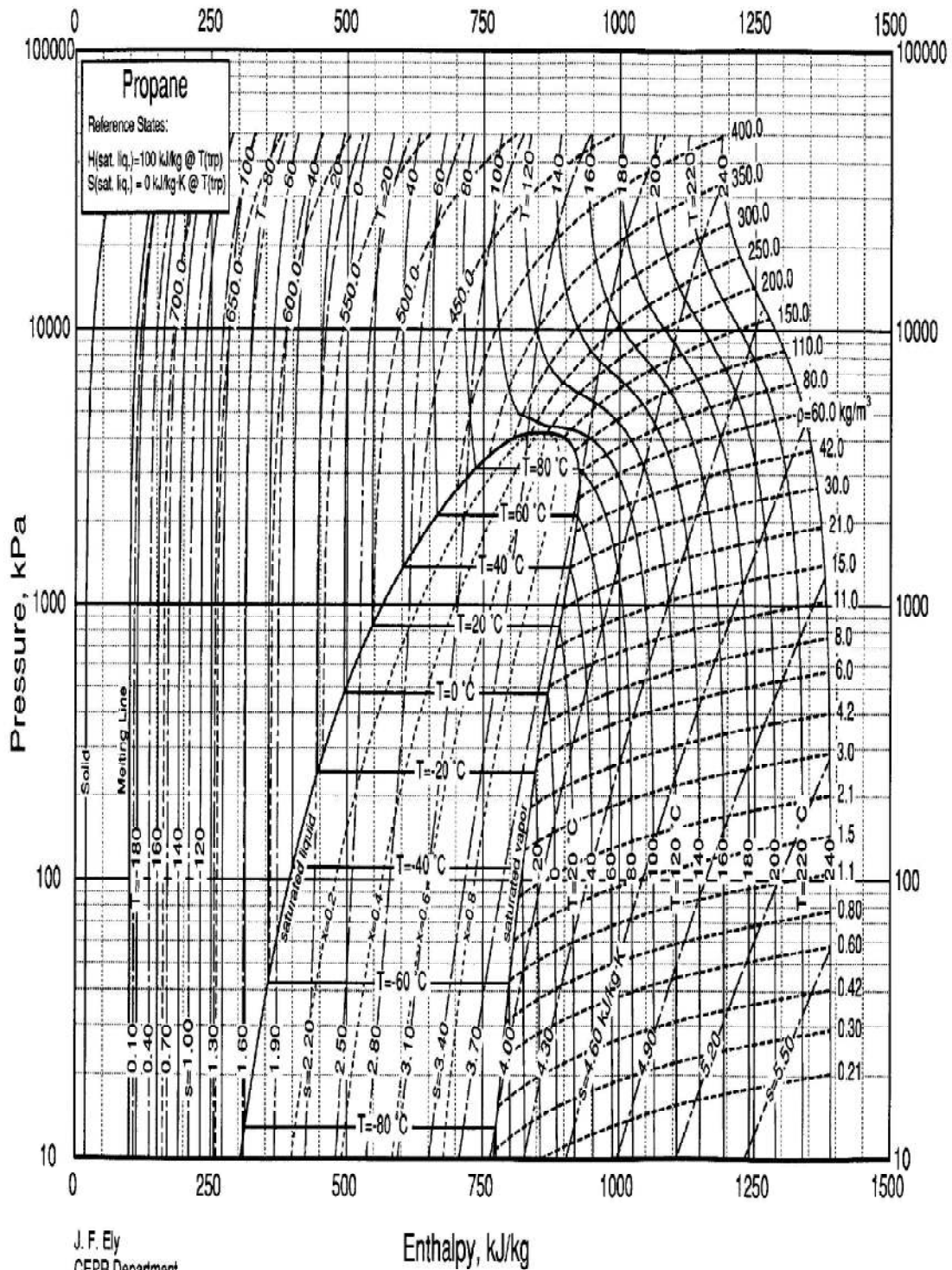


Fig III.22 : Propane P-H Diagramme.

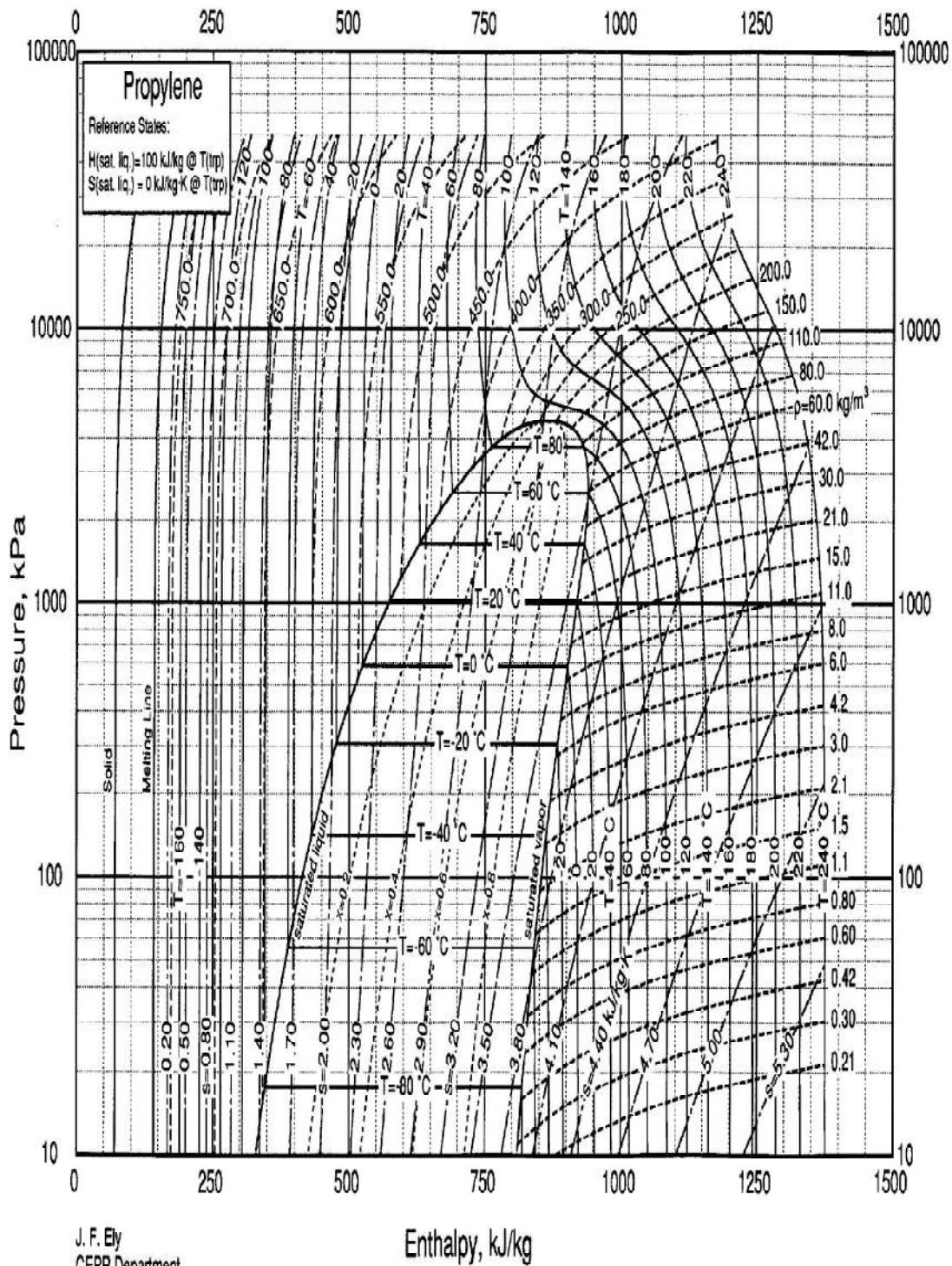


Fig III.23 : Propylène P-H Diagramme.



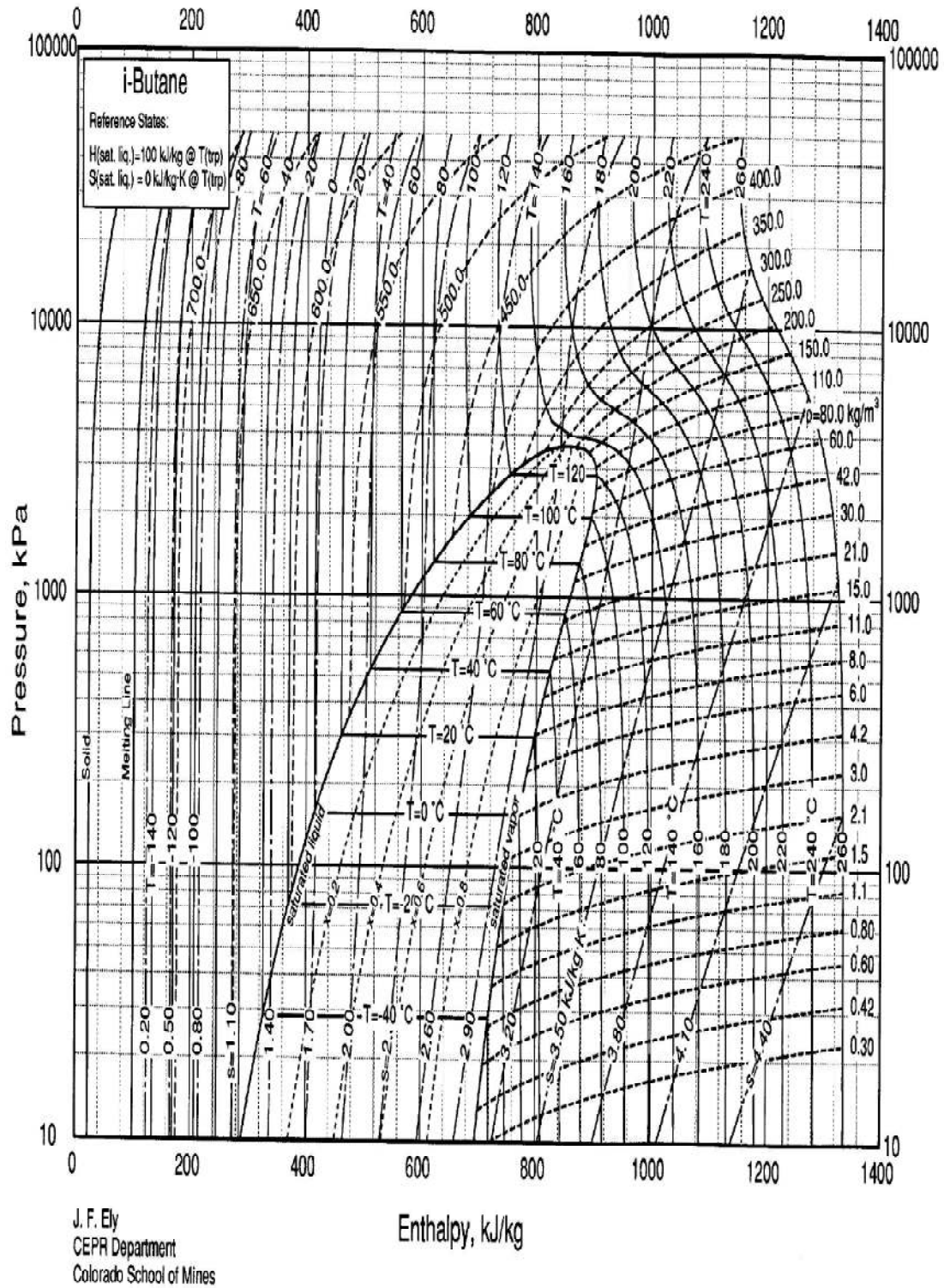


Fig III.24 : i Butane P-H Diagramme.

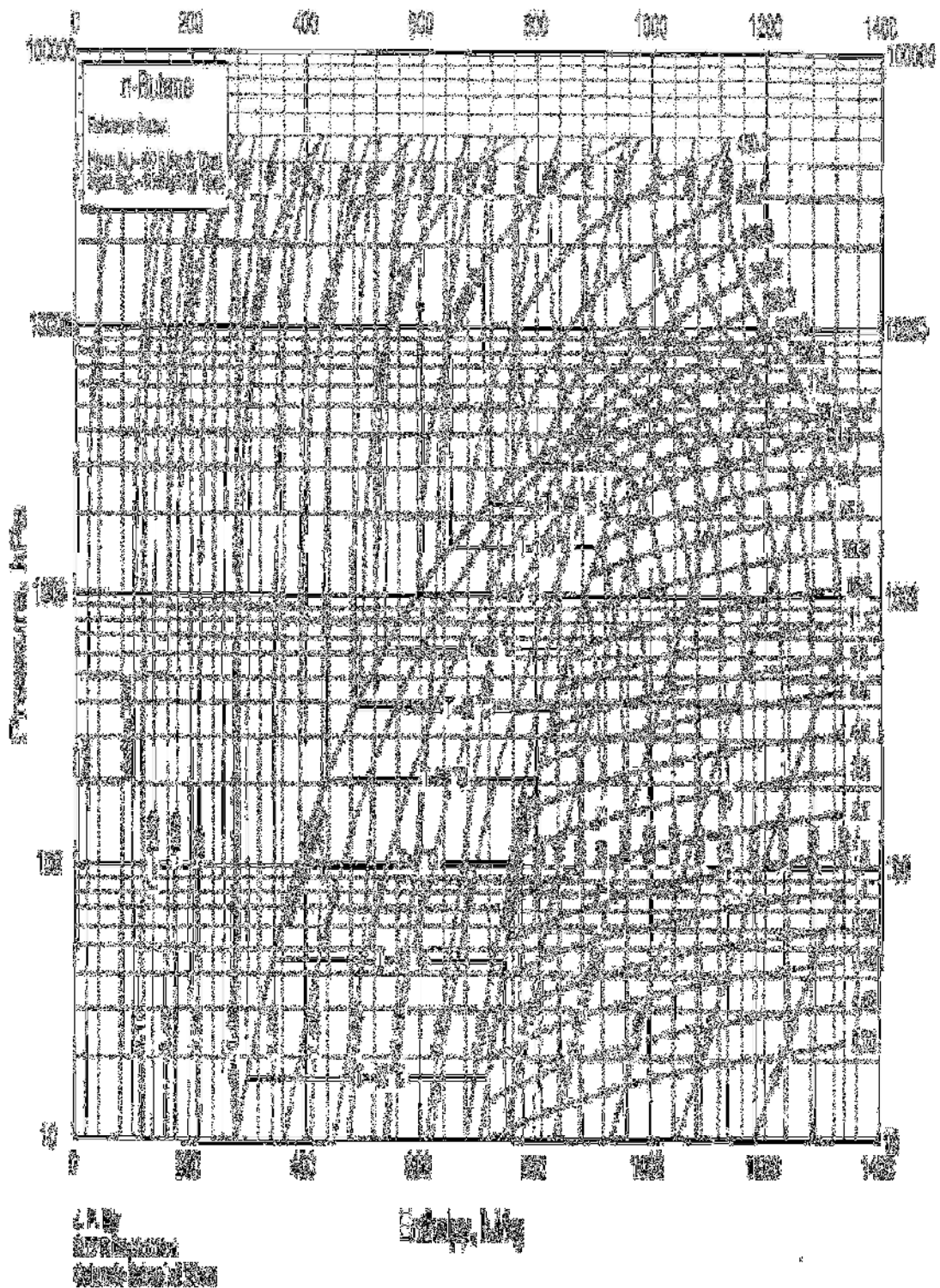
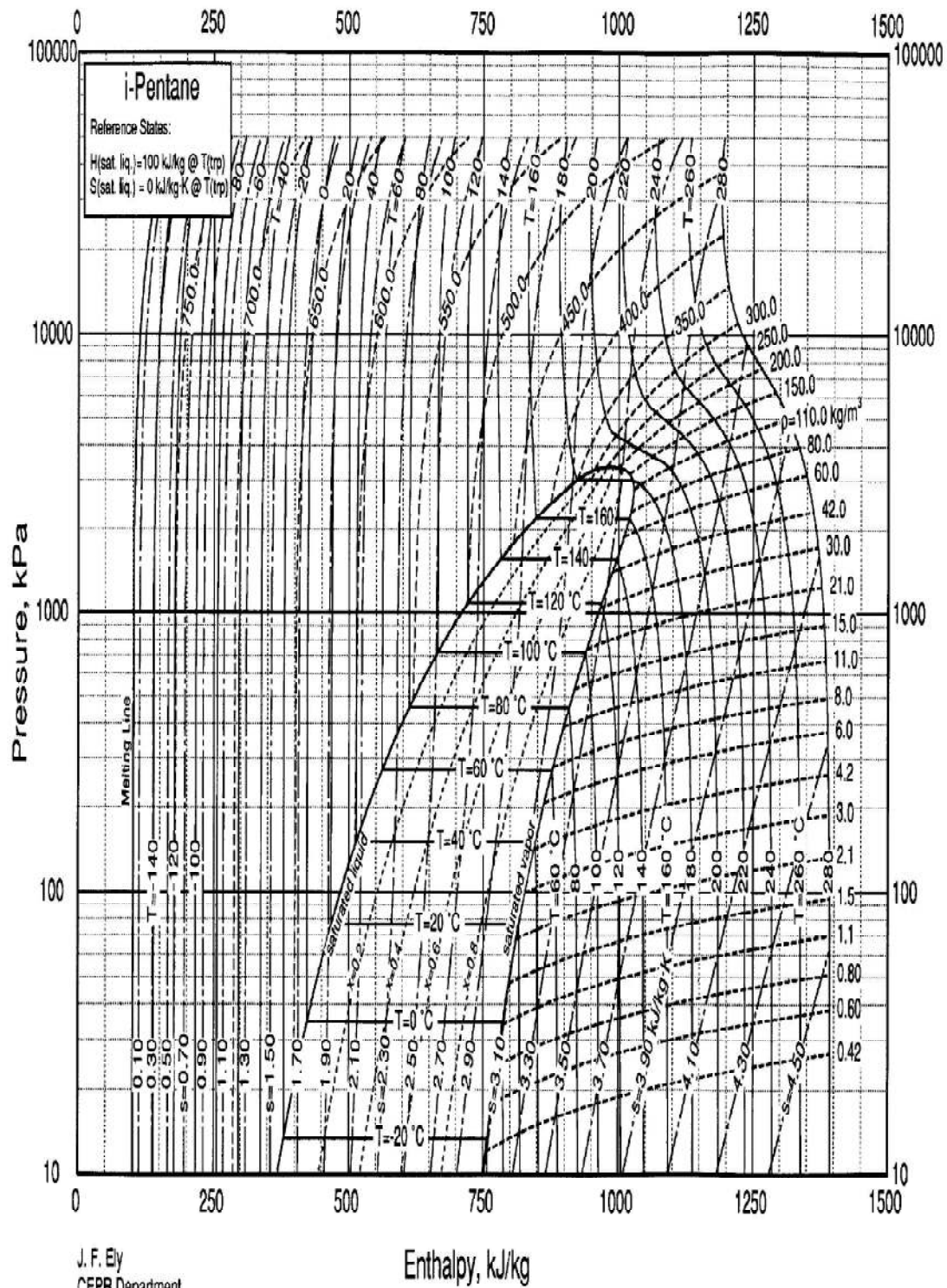


Fig III.25 : n Butane P-H Diagramme.



J. F. Ely  
 CEPR Department  
 Colorado School of Mines

**Fig III.26 : i Pentane P-H Diagramme.**

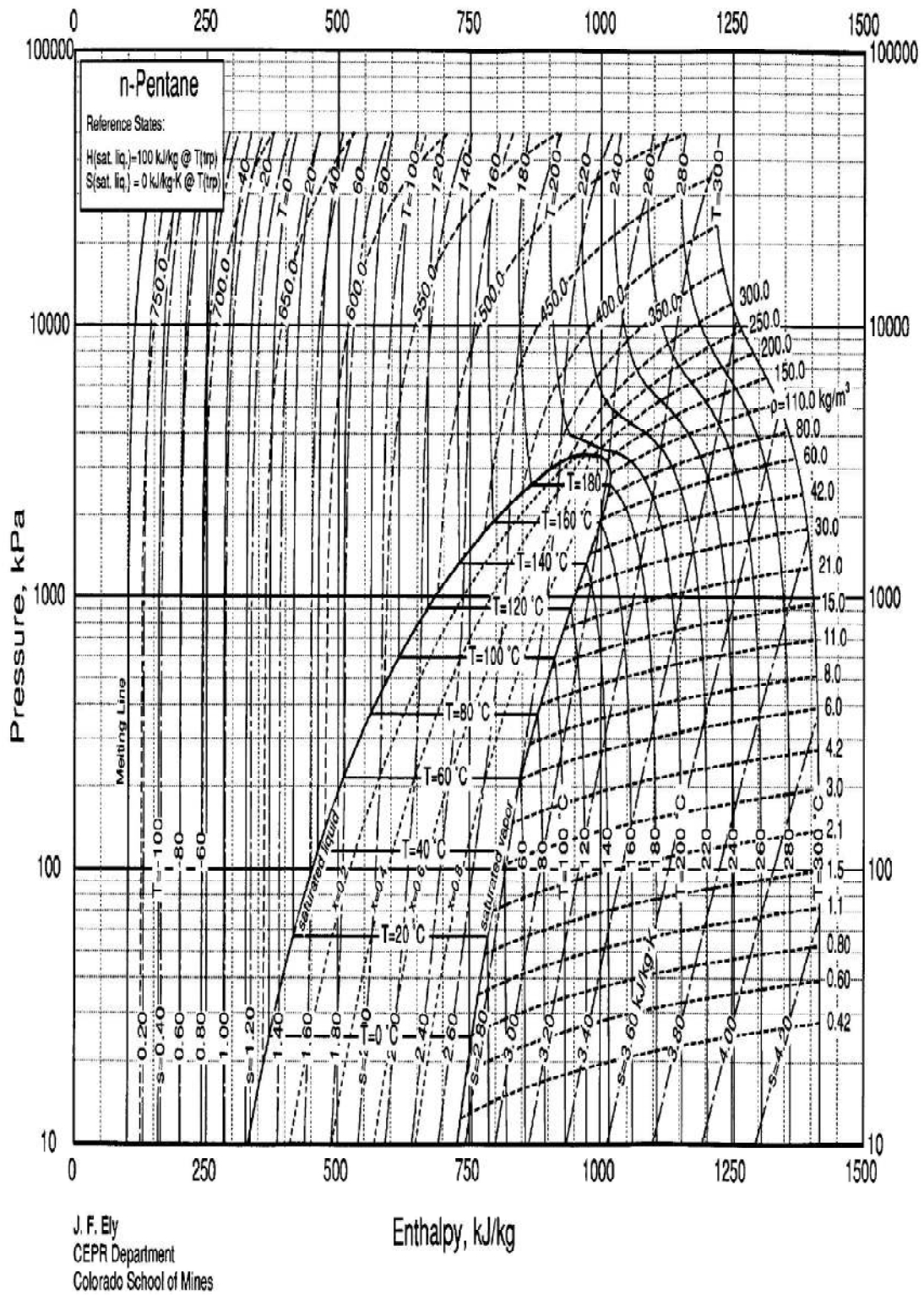


Fig III.27 : n Pentane P-H Diagramme.

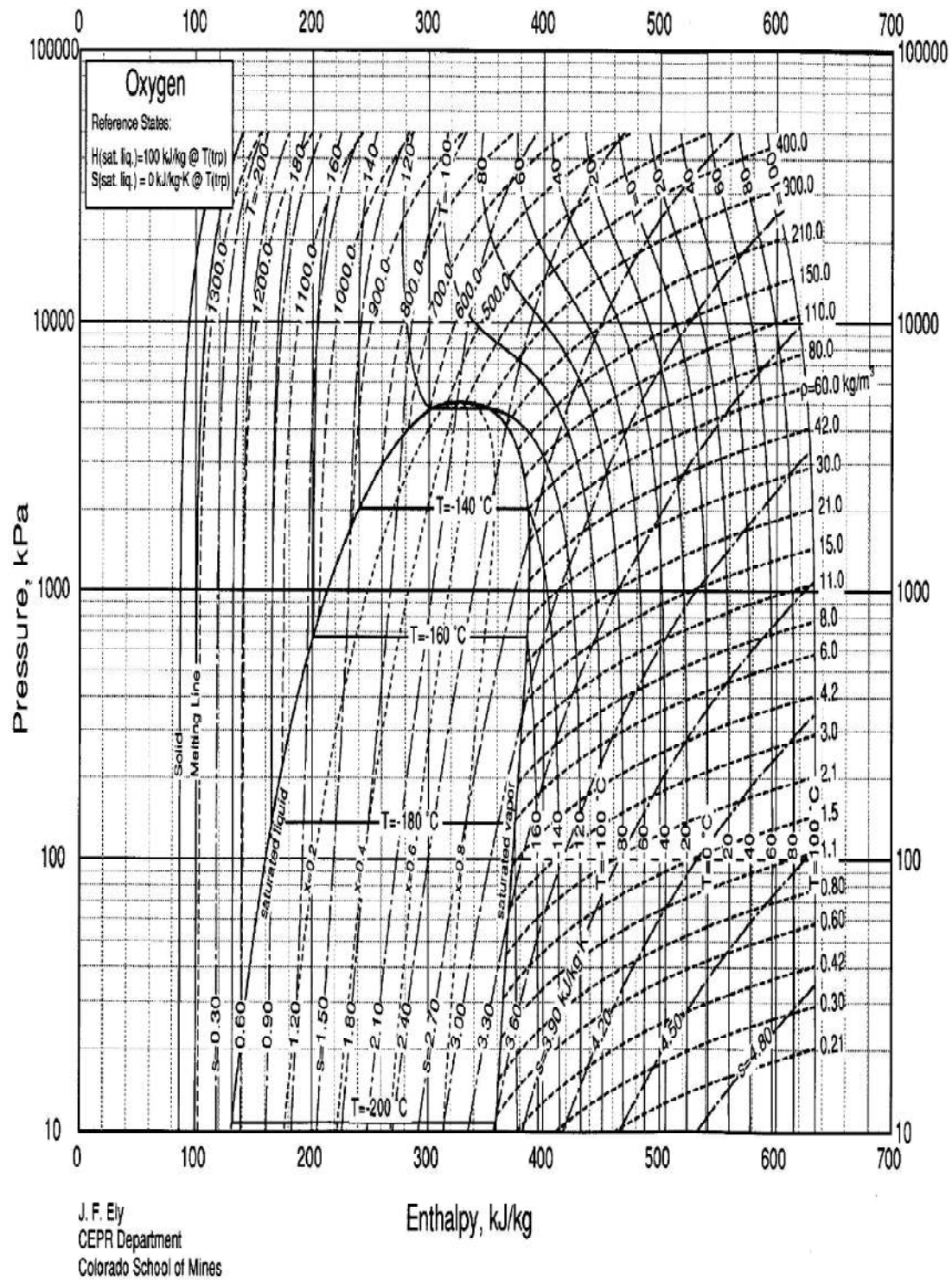
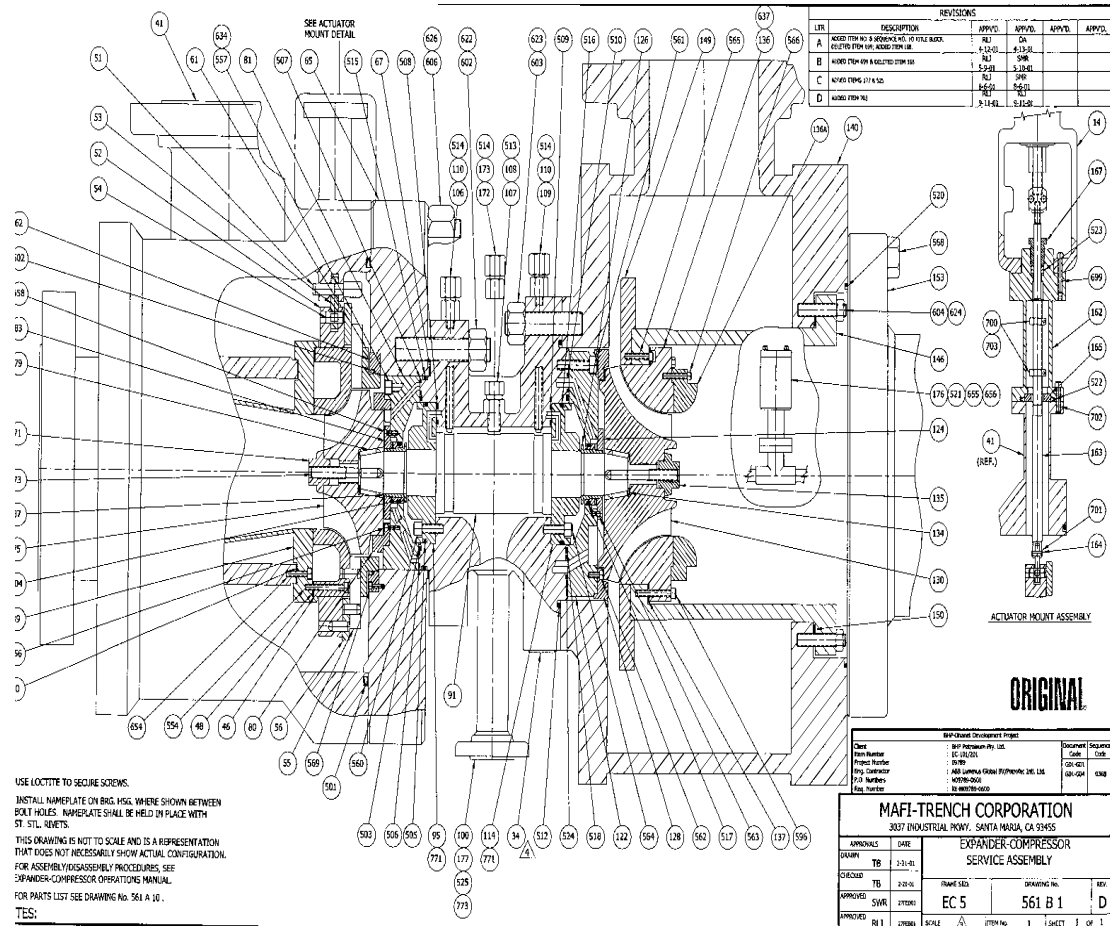


Fig III.28 : Oxygène P-H Diagramme.

## IV.1 : Schéma technique du turbo expandeur.



**PARTS LIST SERVICE ASSEMBLY  
EXPANDER - COMPRESSOR**

ITEM No.	MAT'L SPEC. No.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY. REQD.
637	11(CS)	PLUG105-005	HEX. HEAD PLUG, 1/4" N.P.T.	1
654	5(SS)	SOC188125-047	SOCKET HEAD CAP SCRFW, 3/4-10 UNC X 2-1/4" LG.	14
[655]	12(CS)		STUD, 5/8-11 UNC X 4"	16
[656]	13(CS)		HEAVY HEX NUT, 5/8-11 UNC	32
699	5(SS)	SOC188125-003	SOCKET HEAD CAP SCREW, 5/8-11 UNC X 2-1/2" LG.	5
700		561 B 118	NUT, ACTUATOR ROD	2
701	SS (REF.)	RRINGALL-037	RETAINING RING, TRUARC 5100-7511	2
[702]	1(SS)	SOCA320125-055	SOCKET HEAD CAP SCREW, 3/4-10 X 3-1/4" LG.	8
703	5(SS)	SOC18205C-071	SOCKET HEAD CAP SCREW, 1/4-20 X 1" LG.	2
771*		RTDMINCO-005	<b>TEMPERATURE PROBE:</b> MINCO, S14320PA-3-T-50, DUAL PLATINUM RTD, DIN TEMP. COEFFICIENT 392, #26 AWG LEADS, TFFLON INSULATED, EPOXY SEALED	2
773*		CONAXSEAL-007	<b>PRESSURE SEAL:</b> CONAX TG-20-B-6-T, 6-#20 AWG TEFLON COATED, 1/2" N.P.T. WITH INSULATORS & SEALANT	2
MATERIAL SPECIFICATIONS				
SPEC. NUMBER	USE WITH	MATERIAL SPECIFICATION		
1	EXTERNAL STUDS/BOLTS	S.S. PFR ASTM A320 GR. B8 (OR B8C, B8T, B8F, B8M)		
2	EXTERNAL NUTS	S.S. PFR ASTM A194 GR. 8 (OR 8C, 8I, 8F, 8M)		
3	EXTERNAL STUDS/BOLTS	C.S. PER ASTM A193 GR. B5 (OR B7)		
4	EXTERNAL NUTS	C.S. PER ASTM A194 GR. 3(OR GR.7)		
5	INTERNAL HARDWARE	18-8 STAINLESS STEEL		
6	INTERNAL HARDWARE	"ALLOY" STEEL		
7	O-RINGS	McDOWELL COMPOUND MCD8-70		
8	TEFLON SEALS (ADVANCED)	COVER MATERIAL: PURE VIRGIN TFE, SPRING MATERIAL: 17-7 PH ST. ST.		
9	FLANGE GASKET	304 S.S. SPIRAL WOUND, WITH NON-ASBESTOS FILLER WITH S.S. CENTERING RING, FLEXITAL JC OR EQUIV		
10	"V"-RINGS	TFE (PACKING) HALOGEN OR EQUIVALENT)		
11	PIPE FITTINGS	CARBON STEEL PER ASTM A105		
12	EXTERNAL STUDS/BOLTS	C.S. PER ASTM A193 GR. B5 (OR B7) ZINC PLATED PER ASTM B633 OR CADMIUM PLATED PER ASTM B696		
13	EXTERNAL NUTS	C.S. PER ASTM A194 GR. 3(OR GR.7) ZINC PLATED PER ASTM B633 OR CADMIUM PLATED PER ASTM B696		

**PARTS LIST SERVICE ASSEMBLY  
EXPANDER - COMPRESSOR**

MANUFACTURED PARTS				
ITEM No.	MAT'L SPEC. No.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY. REQD
14		(REF. 561 A 12)	ACTUATOR	1
34		561 A 34	NAMEPLATE DATA (304 S.S. ASTM A240)	1
39		501 B 139	EXPANDER CONE ASSEMBLY (304 S.S. ASTM A240)	1
40		550 010 A503-14	GASKET, EXPANDER CONE ASSEMBLY (GARLOCK 3000 BLUE GARD)	1
41		561 B 14	EXPANDER HOUSING (304 S.S. PER ASTM A182 OR A240)	1
46		561 B 72	EXPANDER FOLLOWER (410 S.S. ASTM A240)	1
48		550 010 A507-30	GASKET, EXPANDER FOLLOWER (GARLOCK 3000 BLUE GARD)	1
51		561 B 151	ACTUATING PIVOT PIN (410 S.S. ASTM A276 OR 17-4 PH. COND. A)	1
52		561 B 152	ADJUSTING RING (410 S.S. ASTM A240)	1
53		555 010 B 445	ACTUATING LEVER (410 S.S. ASTM A240)	1
54		503 B 154	ACTUATING LEVER PIN (416 S.S. PER MS16555)	1
55		539 B 153	INLET VANE (416 S.S. ASTM A502)	7
56		561 B 153	ADJUSTING LINK (410 OR 416 S.S. ASTM A240)	7
61		503 B 61	PRESSURE RING (410 S.S. ASTM A240)	1
62		538 B 62	PRESSURE RING GUIDE (410 S.S. ASTM A240)	1
65		561 B 165	EXPANDER HOUSING COVER (304 S.S. ASTM A182)	1
67		555 010 B 179	SHIM, EXPANDER HOUSING COVER (300 SERIES S.S. ASTM A240)	1 SET
71		561 B 71	NOSE CONE (EXPANDER) (7075-T6/ALUM. ASTM B211)	1
73		555 010 C 202-13	CENTER STRETCH ROD (17-4 PH. S.S. COND. A, AMS 5643)	1
75		561 B 75	EXPANDER WHEEL (7075-T6 ALUM. ASTM B247)	1
79		550 010 B5 31	SHAFT KEY (EXPANDER) (416 S.S. PER MS16555)	4
80		501 B 80	EXPANDER WHEEL SEAL (304 S.S. ASTM A276)	1
81		539 B 81	HEAT BARRIER (MICARTA NEMA GR. LE)	1
83		555 010 B 199	SEAL INSERT (EXPANDER) (MICARTA NFMA GR. LE)	1



**PARTS LIST SERVICE ASSEMBLY  
EXPANDER - COMPRESSOR**

ITEM No.	MAT'L SPEC. No.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY. REQD
37*		SS5 010 C 151	SHAFT SEAL RING (EXPANDER) (17-4 PH S.S. COND. A AMS 5643)	1
31*		409 B 101	SHAFT (17-4 PH S.S. COND. H1150M ASTM A564 TYPE 630)	1
95*		501 B 117	EXPANDER BEARING (H90-AISI 4140 OR STL. ASTM A322-59 1/16D9-C16200 COPPER FULLY HARD)	1
100*		561 B 103	BEARING HOUSING (C.S. ASTM A216 GR. WCB)	1
106		SS5 010 C 131	VIBRATION PICKUP ASSY. (EXPANDER) (304 S.S. ASTM A276)	2
107		SS0 005 B 32-02	TACHOMETER PICKUP	2
108		SS0 010 B 15-01	TACHOMETER PICKUP LOCKNUT (410 S.S. PER ASTM A276)	2
109		SS5 010 C 432	VIBRATION PICKUP ASSY. (COMPRESSOR) (304 S.S. ASTM A276)	2
110		SS5 010 B 241	VIBRATION PICKUP LOCKNUT (410 S.S. PFR ASTM A276)	4
114*		501 B 118	COMPRESSOR BEARING (H90-AISI 4140 OR STL. ASTM A322-59 1/16D9-C16200 COPPER FULLY HARD)	1
122*		561 B 122	COMPRESSOR SHAFT SEAL (7075 OR 6061-T651 ALUM. ASTM B209)	1
124*		SS5 010 B 139	SEAL INSERT (COMPRESSOR) (MICARTA NEMA GR. LE)	1
126*		SS5 010 C 191	SHAFT SEAL RING (COMPRESSOR) (17-4 PH S.S. COND. A AMS 5643)	1
128*		561 B 128	COMPRESSOR WHEEL SEAL (CARBON STEEL ASTM A36)	1
130*		561 B 130	COMPRESSOR WHEEL (7075-T6 ALUM. ASTM B247)	1
134*		SS0 010 B5-31	SHAFT KEY (COMPRESSOR) (416 S.S. MS16555)	4
135*		561 B 135	NOSE CONE (COMPRESSOR) (7075-T6 ASTM B211)	1
136		561 B 136	COMPRESSOR FOLLOWER BACK (6061 OR 7075-T651 ALUM. ASTM B209)	1
136A		561 B 137	COMPRESSOR FOLLOWER FRONT (6061 OR 7075-T651 ALUM. ASTM B209)	1
137		SS0 010 A507-31	GASKET, COMPRESSOR FOLLOWER (GARLOCK 3000 BLUE GARD)	1 SET
140		561 B 140	COMPRESSOR HOUSING (C.S. ASTM A182 GR. F2 OR A516 GR. 70)	1
146		561 B 146	DIFFUSER BRACKET (C.S. ASTM A516 GR. 70)	1
149		479 B 149	COMPRESSOR DIFFUSER PLATE (CARBON STEEL ASTM A30)	1
150		SS0 010 A 607-32	DIFFUSER SPACER (GARLOCK 3000 BLUE GARD)	1 SET
153		561 B 153	COMPRESSOR INLET (C.S. PER ASTM A516 GR. 70/ASTM A105/A106 GR. B)	1
162		501 B 162	ACTUATOR MOUNT (304 S.S. ASTM A276/A312)	1

DRAWING No. 561 A 10 REV. F

SHEET No. 3 OF 7

**PARTS LIST SERVICE ASSEMBLY  
EXPANDER - COMPRESSOR**

ITEM No.	MAT'L SPEC. No.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY. REQD
163		561 B 163	ACTUATOR ROD (17-4 PH S.S. COND. A. ASTM A364 TYPE 630)	1
164		SS5 010 B 436	ACTUATOR ROD PIN (416 S.S. ASTM A581)	1
165		SS0 010 B 192	ROD STOP (410 S.S. ASTM A278)	1
167		401 B 100	PACKING NUT (HH BRASS ASTM B16)	1
172		SS5 010 C 433	KEYPHASOR (304 S.S. ASTM A278)	1
173		SS5 010 B 241	KEYPHASOR LOCKNUT (410 S.S. ASTM A276)	1
176		561 B 176	AUTO THRUST EQUALIZER ASSEMBLY (C.S. ASTM A105/A106 GR. B)	1
177		SS5 010 B 444-05	PLUG, TEST PORT (BRG. HSG. S/N 0101 ONLY) (C.S. ASTM A 108)	1
<b>SPECIAL TOOLING</b>				
TOOL		561 B 166	SHAFT SEAL RING & WHEEL PULLER (ALUM/BRASS/C.S.)	1
TOOL		420 C 101	SHAFT SEAL RING MOUNTING TOOL (CARBON STEEL/BRASS)	1
TOOL		MCCARR-011	3/4"-10 UNC DROP FORGED STEEL EYE BOLT, 3013T53 (MCMMASTER-CARR) OR EQUIVALENT. SHANK LENGTH: 2", EYE ID: 1-1/2", SAFE WORK LOAD: 5,000 LBS., PLAIN THREADED	2
TOOL		MCCAHR-013	1-1/4"-7 UNC DROP FORGED STEEL EYE BOLT, 3013T57 (MCMMASTER-CARR) OR EQUIVALENT. SHANK LENGTH: 3", EYE ID: 2-3/16", SAFE WORK LOAD: 13,400 LBS., PLAIN THREADED	1

**PARTS LIST SERVICE ASSEMBLY  
EXPANDER - COMPRESSOR**

ITEM No.	MAT'L SPEC. No.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY. REQD
<b>O-RINGS &amp; SEALS</b>				
501	8	TFE13000-XXX	TEFLON SEAL, I 3000-E 37500 P017 (37-1/2" OD X 1/4" C.S.)	1
502	8	TFER3000D-073	TEFLON SEAL, R 3000-D 28300 P017 (20.300" ID, X 3/16" C.S.)	1
503*	7	OR2400-061	O-RING (2-454)	1
504*	7	OR2200-101	O-RING (2-250)	1
505*	7	OR2400-057	O-RING (2-452)	1
506*	7	OR2100-039	O-RING (2-120)	1
507*	7	OR2100-039	O-RING (2-120)	1
508*	7	OR2000-021	O-RING (2-013)	1
509*	7	OR2000-021	O-RING (2-013)	1
510*	7	OR2100-030	O-RING (2-120)	1
512*	7	OR2400-095	O-RING (2-471)	1
513*	7	OR2000-037	O-RING (2-021)	4
514	7	OR2100-041	O-RING (2-121)	10
515*	7	OR2400-075	O-RING (2-461)	1
516*	7	OR2400-097	O-RING (2-462)	1
517*	7	OR2200-101	O-RING (2-250)	1
518*	7	OR2400-061	O-RING (2-454)	1
520	7	ORSPEC-029	O-RING, (2-SPECIAL) 35" ID X 35-1/2" OD X 1/4" C.S.	1
521	9	GASKFLEX-035	FLANGE GASKET, 2"-300#	2
522	8	TFE13000-027	TEFLON SEAL, I 3000-E 05000 P017 (5" OD X 1/4" C.S.)	1
523	10	HALOGENPKG-015	PACKING - "V" RINGS, STYLE 608, V-0804, 3 PRESSURE RINGS WITH 1 MALE & 1 FEMALE ADAPTER.	1 SET
524	7	OR2100-079	O-RING(2-140)	1
525*	7	OR2100-041	O-RING(2-121)	1

**PARTS LIST SERVICE ASSEMBLY  
EXPANDER - COMPRESSOR**

ITEM No.	MAT'L SPEC. No.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY. REQD
<b>HARDWARE</b>				
554	5(SS)	SOC188125-015	SOCKET HEAD CAP SCREW, 5/8-11 UNC X 2-1/2" LG.	7
556*	5(SS)	SOC188050-123	SOCKET HEAD CAP SCREW, 3/8-16 UNC X 1-1/2" LG.	8
557*	5(SS)	SOC188125-061	SOCKET HEAD CAP SCREW, 3/4-10 UNC X 4" LG.	3
558*	5(SS)	SOC188FLAT-121	FLAT HEAD SOCKET CAP SCREW, 3/8-16 UNC X 1-1/4" LG.	6
560*	6(CS)	SOCALLOY125-049	SOCKET HEAD CAP SCREW, 3/4-10 UNC X 2-1/2" LG.	8
561*	6(CS)	SOCALLOY125-117	SOCKET HEAD CAP SCREW, 1"-8 UNC X 3-1/2" LG.	6
562*	6(CS)	SOCALLOY050-173	SOCKET HEAD CAP SCREW, 1/2-13 UNC X 1-3/4" LG.	6
563*	6(CS)	SOCALLOYFLT-121	FLAT HEAD SOCKET CAP SCREW, 3/8-16 UNC X 1-1/4" LG.	6
564*	3(CS)	SOCALLOY125-049	SOCKET HEAD CAP SCREW, 3/4-10 UNC X 2-1/2" LG.	8
565	6(CS)	SOCALLOY050-173	SOCKET HEAD CAP SCREW, 1/2-13 UNC X 2-1/2" LG.	12
566	6(CS)	SOCALLOY050-173	SOCKET HEAD CAP SCREW, 1/2-13 UNC X 2-1/2" LG.	12
[568]	3(CS)	HBOLTA193-301	HEX HEAD BOLT, 2"-4-1/2 UNC X 8" LG.	15
569	5(SS)	SOC188050-121	SOCKET HEAD CAP SCREW, 3/8-16 UNC X 1-1/4" LG.	8
586	6(CS)	SOCALLOY050-173	SOCKET HEAD CAP SCREW, 1/2-13 UNC X 2-1/2" LG.	12
[602]	1(SS)	STUDA320S-463	STUD, 2"-4-1/2 UNC X 9-1/2" LG.	8
[603]	3(CS)	STUDA193-459	STUD, 2"-4-1/2 UNC X 9" LG.	14
604	6(CS)	STUDALLOY-003	STUD, 5/8-11 UNC X 3" LG.	16
[606]	1(SS)	STUDA320S-XXX	STUD, 3"-4 UNC X 14-1/2" LG.	16
[622]	2(SS)	NUTS5-077	HEAVY HEX NUT, 2"-4-1/2 UNC	8
[623]	4(CS)	NJTCS-087	HEAVY HEX NUT, 2"-4-1/2 UNC	14
624	6(CS)	NJTCS-051	HEAVY HEX NUT, 5/8-11 UNC	16
[626]	2(SS)	NUT50-031	HEAVY HEX NUT, 3"-4 UNC	16
634	5(SS)	WASHERALL-137	WASHER, AN960-C1216, 49/64 ID X 1 5/16 OD X 3/32 THK	6





## I. Situation Géographique :

La région d'Ohanet est située ; à 1500 Km au Sud-Est d'Alger, à 700 Km au Sud-Est de Ouargla sur le plateau de Tinhert et à 360 Km au Nord-Est d'Illizi (chef-lieu de la wilaya), dont elle relève administrativement et elle est à 120 Km au Nord-Ouest d'In Amenas (chef-lieu de daïra) [1].

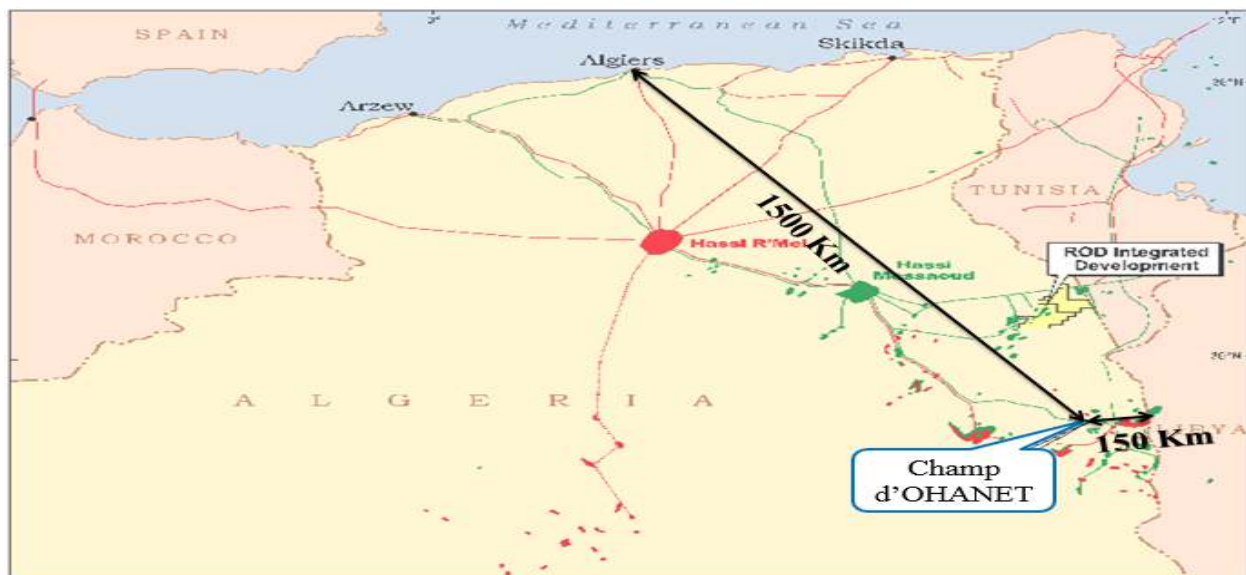


Figure I-1 :Carte de localisation géographique de La région d'Ohanet.

## II. Création de la région :

La direction régionale Ohanet a été créée en 1977, suite à la décentralisation de l'ancien district d'In Aménas. Les plus importantes tâches essentielles dévolues à la direction régionale sont[1] ;

- La conduite des opérations de production du pétrole brut avec les supports techniques et logistiques propres à la région.
- Le suivi et la réalisation des travaux de développement des différents gisements.
- La gestion et l'exploitation des champs pétroliers rattachés à la région ;
  - Champ d'Ohanet Nord et Sud.
  - Champ de Timedratine et Timedratine Est.
  - Champ d'Acheb, Acheb West et Kreb.
  - Champ d'Askaréne.
  - Champ de Guelta.
  - Champ d'Edeyen.

Certains de ces champs sont priorité de SONATRACH (Ohanet) ; Askarène, Guelta, Tamadanet et Tamadanet Nord, Timedratine et Timedratine Est, Acheb, Acheb West....

Comme il existe d'autres qui sont revenus à la compagnie BHP Billiton ; Ohanet, In Adaoui et Dimeta West.

### **III. Historique des champs :**

Découvert en 1960 par l'intermédiaire du forage du puits Ohanet 101, foré par la compagnie d'exploitation pétrolière (CEP), il est divisé en deux parties, la partie nord exploitée par (CEP) et la partie sud par (CREPS). Il été mis en exploitation en février 1960.

La structure s'étale sur 18 Km de long et 4 Km de large dont 24 Km<sup>2</sup> sont imprégnés d'huile.

#### **III.1. Description de l'exploitation des gisements d'huile de la Direction régionale Ohanet :**

L'exploitation des gisements d'huile des différents champs Ohanet (OTN, ASK, GLT, TMT, TME, ACH, ACW et EDY), se fait selon les opérations chronologiques suivantes détaillées ci-après ;

- 1 - La collecte de la production ;
- 2 - La séparation ;
- 3 - Le stockage ;
- 4 - L'expédition.

**III.1.1. Collecte de la production :** Les puits forés sont reliés individuellement au manifold du centre de séparation par des canalisations appropriées permettant l'acheminement de la production.

L'ensemble de ces canalisations constitue le réseau de collectes de type liaison individuelle.



**III.1.2. Séparation :** L'effluent venant du manifold passe par des batteries de séparation à deux (02) étages, où il séjourne pendant le temps nécessaire (temps de rétention 2 à 3 min) qui permet aux différents produits qui le composent de se séparer par différence de densité.

A la sortie des séparateurs le gaz et l'eau sont collectés et dirigés vers le bournier où le gaz est brûlé, l'huile est canalisée vers le stockage.

**III.1.3. Stockage :** L'huile est stockée pendant le temps qu'il faut pour avoir une huile anhydre (minimum 48 heures) dans des bacs à toits fixes équipés de tous les accessoires et fonctionnant à la pression atmosphérique. Les installations annexes liées aux bacs comprennent ; une réserve d'eau, une réserve de mousse, une réserve de sécurité d'eau et mousse et un système de pompage.

**III.1.4. Expédition :** L'expédition de l'huile stockée au niveau de Ohanet Nord vers HEH se fait par gravité suite à la différence d'altitude qui existe entre Ohanet (565 m) et HEH (159 m).

Elle constitue une exception par rapport aux expéditions des autres champs de la région qui demandent une source d'énergie et un système de pompage adéquat.

## **III.2. Description des centres de production :**

**III.2.1. Centre de séparation et stockage Ohanet :** Elle est chargée de l'exploitation des installations de production d'huile de deux champs Ohanet Nord et Sud (OTN et OTS). La production des différents centres est acheminée vers le centre de stockage d'OTN pour être expédiée.

- La production journalière actuelle est de 32 m<sup>3</sup>/j

- Les principaux équipements de centre sont ;

➤ Ohanet Nord ;

- ✓ 01 Manifolds de 15 éléments.
- ✓ 01 Batterie de séparation HP6/BP6 (12 / 1.2 bar).
- ✓ 01 Batterie test HP/MP.
- ✓ 01 Bac de test 50 m<sup>3</sup>.
- ✓ 02 Scrubbers (13 bar) du gaz instrument pour les vannes.

- ✓ 01 Scrubber (13 bar) du gaz pilote pour la turbine.
- Ohanet Sud ;
  - ✓ 01 Manifolds de 15 éléments.
  - ✓ 01 Batterie de séparation HP2/BP (12/ 1.2 bar).
  - ✓ 02 Scrubbers (13 bar) du gaz pilot pour la turbine.
  - ✓ 01 Scrubbers (13 bar) du gaz instrument pour les vannes.
  - ✓ 01 Séparateur collectif HP (14 bar).
  - ✓ 02 Turbine à gaz Solar (Régénérateur électrique).
  - ✓ 02 Scrubbers pour le gaz pilot de turbines.
  - ✓ 01 séparateur pour le gaz pilote de turbines.
  - ✓ 04 bacs de stockage à toit fixe (5000 m<sup>3</sup>).
  - ✓ 02 bacs de stockage à toit fixe (3500 m<sup>3</sup>).
  - ✓ 02 gares racleur aux arrivés GLT, ASK, et TMT, TME.
  - ✓ 01 pompe doseuse Texteam.

### III.2.2. Timedratine&Timedratine Est :

Située à 30 km au sud du champ d'Ohanet, il fut découvert vers la fin de 1964, la production débuter en juillet 1965.

#### A. unité de traitement :

- Capacité de production actuelle de TMT;90 m<sup>3</sup>/ j (mois de juin)
- Capacité de production actuelle TME; 63 m<sup>3</sup>/ j (mois de juin)
- Principales installations ;
  - Centre TMT ;
    - ✓ 01 Manifold de 22 éléments
    - ✓ 01 Batterie de séparation HP/BP (10 / 1,5 bars)
    - ✓ 01 Batterie de séparation MP/BP (4 / 1,5 bars)
    - ✓ 01 Batterie de séparation test
    - ✓ 01 Bac test de 50 m<sup>3</sup>
    - ✓ 02 Bacs tampon de pétrole brut de 75 m<sup>3</sup>
    - ✓ 03 Pompes à gaz Burton d'expédition (42 ARO)
    - ✓ 01 Groupe électrogène AIR MAIN 30Kva
    - ✓ 01 Atelier instrumentation 26 m<sup>2</sup>
    - ✓ 01 Atelier mécanique 27 m<sup>2</sup>
    - ✓ 01 Baraque kitchenette 09 m<sup>2</sup>

- ✓ 01 Baraque 18 m<sup>2</sup> abritant deux (02) bureaux pour opérateurs et contremaître.

➤ Centre TME ;

- ✓ 01 Manifold de 06 éléments
- ✓ 01 Batterie de séparation HP/BP
- ✓ 01 Séparateur test
- ✓ 01 Bac tampon de pétrole brut de 35 m<sup>3</sup>
- ✓ 01 Pompe à gaz Burton d'expédition.

**B. stockage de brut :** La production d'huile est évacuée du centre de Timédratine vers le centre de stockage OTN par trois pompes à gaz Burton 42 ARO dans un pipe Ø 8'' longueur 28100 m.

### III.2.3. Acheb (Acheb Oust-Krebb):

Le champ de acheb a été découvert en 1963, situé à 40 km au sud-est d'Ohanet et 50 km au nord-ouest d'in amenas.

a. Centre de séparation et stockage acheb ;

- Capacité de production actuelle ; 132 m<sup>3</sup>/j (mois de juin)
- Capacité de stockage ; 4200 m<sup>3</sup> (02 Bacs à toit fixe de 2100 m<sup>3</sup> chacun)
- Date de mise en production ; 1966
- Principales installations ;

- ✓ 01 Manifold de 04 éléments
- ✓ 01 Batterie de séparation HP/BP
- ✓ 02 Bacs de stockage de pétrole brut de 2100 m<sup>3</sup> chacun
- ✓ Pompe à gaz Burton d'expédition (388 SAR)
- ✓ 01 Groupe de pompage d'expédition (Diesel BDN DV 6)
- ✓ 01 Electropompe d'expédition (Guinard)
- ✓ 01 Groupe électrogène PHILIPINI 63 KVA
- ✓ 01 Groupe électrogène Air man 30Kva
- ✓ 01 Groupe électrogène GESAN 60Kva
- ✓ 01 Réseau de sécurité
- ✓ 01 Bac d'eau de sécurité de 160 m<sup>3</sup>
- ✓ 01 motopompe de sécurité

✓ 01 Cabine opérateurs 14 m<sup>2</sup>

b. Centre de séparation achemé ouest ;

- Capacité de production actuelle ; 297 m<sup>3</sup>/j (mois de juin)

- Date de mise en production ; 1966

- Principales installations ;

✓ 01 Manifold de 08 éléments

✓ 01 Batterie de séparation HP/BP (14 / 7 bar)

✓ 01 Batterie test.

#### III.2.4. Askarene :

Le centre de séparation d'Askarene situé à 10 km à l'Est d'Ohanet, construit en 1962, est composé d'une unité de traitement d'huile et d'un manifold arrivée des puits.

##### A. unité de traitement :

- Procédé Utilisé ; Traitement primaire des hydrocarbures (Voir schéma de procédé centre de séparation Askarène)

- Capacité de production (traitement) ; 1200 m<sup>3</sup>/j

- Capacité de production actuelle ; 58 m<sup>3</sup>/j (mois de juin)

- Principales installations ;

✓ 01 Manifold de 12 éléments

✓ 01 Batterie de séparation HP/BP (0 / 3.8 bars)

✓ 01 Séparateur test

✓ 01 Chambre de mesure 500 l

**B. stockage de brut :** La production d'huile du champ d'Askarène, est évacuée vers Ohanet sous l'effet de la pression de séparation à travers une pipe 10'' où elle est stockée dans le centre de stockage d'huile d'Ohanet.

#### III.2.5. Guelta :

Le centre de séparation De Guelta se trouve à environ 30 Km à l'Est du champ d'Ohanet, construit en 1962, est composé d'une unité de traitement d'huile, d'un manifold arrivée des puits et d'une pomperie d'expédition d'huile.

**A. unité de traitement :**

- Capacité traitement ; 1200 m<sup>3</sup> / j
- Capacité de production actuel ; 34 m<sup>3</sup>/ j (mois de juin)
- Principales installations ;
  - ✓ 01 Manifold de 09 éléments
  - ✓ 01 Batterie de séparation HP/BP (10 / 2 bar)
  - ✓ 01 Séparateur HP (10 bars)
  - ✓ 01 Séparateur test équipé de chambre de mesure
  - ✓ 01 Bac tampon de pétrole brut de 50 m<sup>3</sup>
  - ✓ 02 Bacs tampon de pétrole brut de 75 m<sup>3</sup>
  - ✓ 02 Pompes à gaz Burton d'expédition

**B. Stockage de brut :** La production d'huile du champ de Guelta est expédiée vers Ohanet par des pompes à gaz Burton à travers un pipe 8'' puis 10'' à partir d'Askarene jusqu'au parc de stockage d'huile de Ohanet.

**III.2.6. Edeyen :**

Le champ d'Edeyen est situé à 100 Km au sud-ouest d'Ohanet, on y accède à partir d'Ohanet par la route nationale N° 3 vers le nord, puis on longe une piste vers le sud-ouest sur une distance de 50 Km.

Le gisement d'Edeyen s'étend sur une superficie de 50 Km<sup>2</sup>. Il fut découvert en septembre 1964 et mis en production le 14 juillet 1974.

**A. Unité de production :** Capacité de production actuelle ; 46 m<sup>3</sup>/ j (mois de juin)

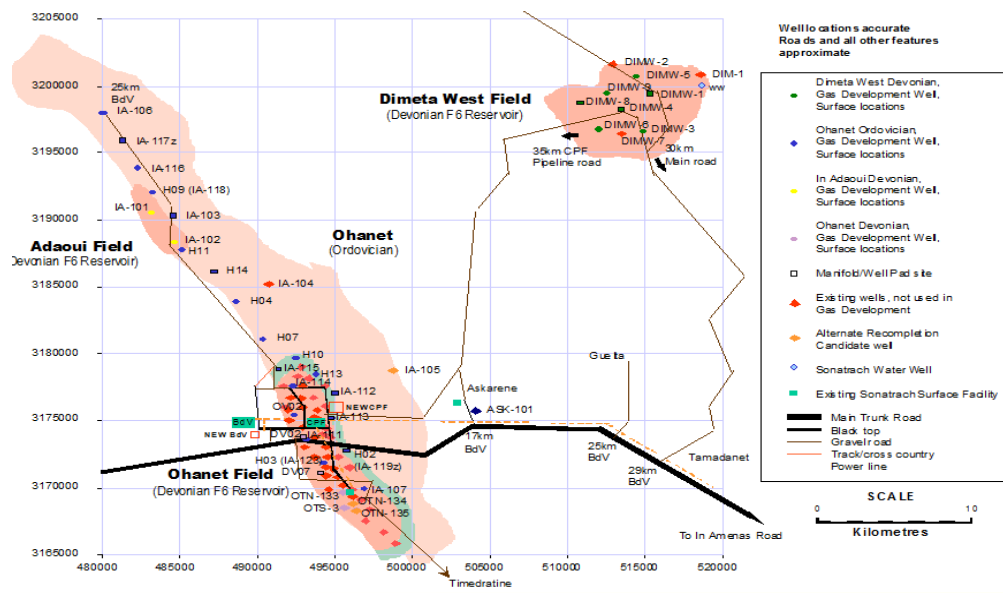
Elle est composée de ;

- ✓ 01 Manifold de 05 éléments
- ✓ 01 Bacs de stockage de pétrole brut de 490 m<sup>3</sup>
- ✓ 02 Bacs de test de 50 m<sup>3</sup> chacun.
- ✓ 02 Electropompes d'expédition.
- ✓ 01 Sous station HAZMAIR du contrôle des puits.
- ✓ 02 Groupes électrogènes 750 KV chacun.
- ✓ 01 Bac d'eau anti incendie.
- ✓ 01 motopompe d'eau anti incendie.
- ✓ 01 Compresseur d'air instrument des vannes

**III.3. Description de l'exploitation des gisements De gaz de la Direction régionale Ohanet :**

En 02 juillet 2000 un accord est établi entre la société nationale **SONATRACH** et la société Australienne **BHP Billiton Petroleum** (international exploitation) pour exploiter le gisement d'OHANET.

- ❖ Le projet a commencé en juin 2000.
- ❖ Les premiers forages sont en février 2001.
- ❖ La construction de l'usine a commencée en mars 2001.
- ❖ Le démarrage de l'usine est en 2003.
- ❖ Le cout de l'investissement est 1030 million \$ USA.
- ❖ 47 puits producteur du gaz humide d'une capacité totale production de 20 MMsm<sup>3</sup>/jour.



**Figure I-2 :l'implantation des puits d'OHANET**

Le CPF de OHANET traite 20million m<sup>3</sup>/j de gaz produit de quatre réservoirs du gaz humide sont ;

- Dimeta Dévonien Ouest,
- Adaoui Dévonien,
- Ohanet Dévonien.

Ces trois réservoirs ont une capacité de production totale de 10 million m<sup>3</sup>/jour de gaz riche en liquide.

- Ohanet Ordovicien 10 million cm<sup>3</sup>/jour, riche en gaz carbonique (3.4% CO<sub>2</sub>).

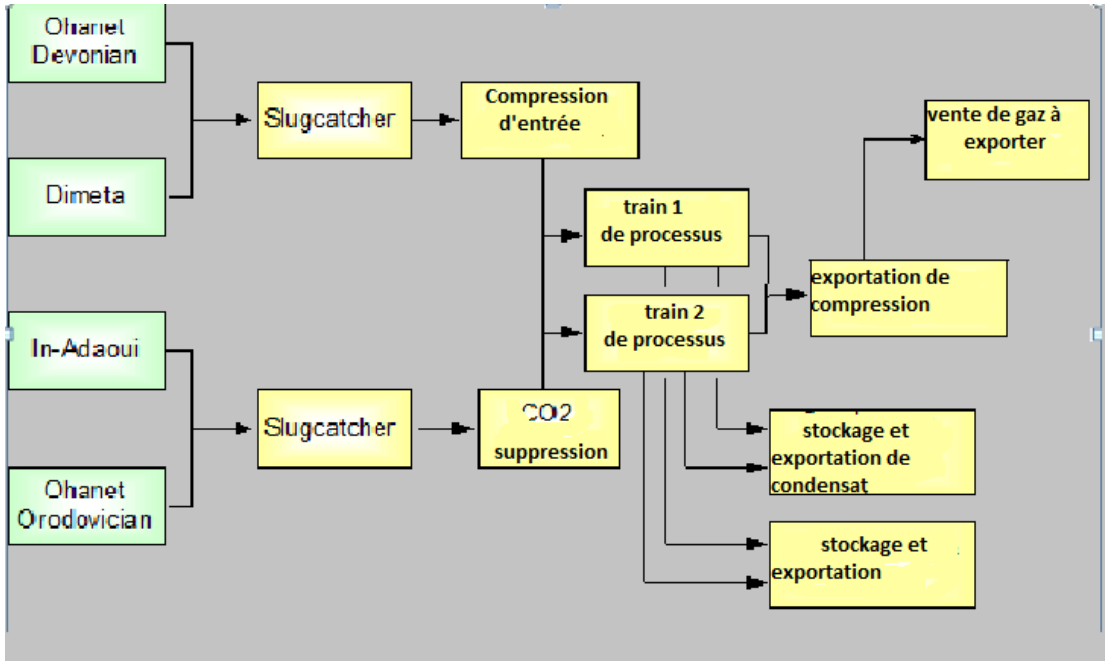


Figure I-3: Diagram de CPF Ohanet[1].

## *Chapitre II*

# Description du turbo-expandeur



**I. Description générale de Turbo-Expandeur :****I.1. Introduction :**

L'emploi des gaz sous pression se développe de plus en plus tant dans le domaine de l'utilisation que le domaine de distribution à distance du gaz naturel, la plupart des procédés se déroulent sous de grandes pressions et nécessitent donc la présence des compresseurs dont la construction dépend des conditions satisfaisantes (débit, pression) de tous les compresseurs. Le compresseur centrifuge est le plus répandu pour des débits et pressions élevées, aussi c'est une machine de forte puissance dont le fonctionnement est absolument vital pour l'unité correspondante.

Dans le traitement cryogénique du gaz naturel, les turbines de détente, ou turbo-expandeur ont vu leur intérêt augmenter en tant que turbine de récupération d'énergie, et l'on ne conçoit plus certains types d'installations à sans rendement élevé et sa grande fiabilité de fonctionnement.

**I.2. Définition des turbomachines :**

Les turbomachines forment une famille importante d'appareils qui utilisent un fluide pour effectuer une transformation d'énergie. De manière générale, une turbomachine est définie comme un dispositif qui permet de donner ou de retirer de l'énergie à un fluide par l'action dynamique d'un élément rotatif appelé le rotor. Le préfixe turbo provient de latin «turbinis »qui signifie «qui tourne».

**I.3. Classification des turbomachines :**

Il existe plusieurs façons de classer les turbomachines, la première concerne le sens du transfert d'énergie. On distingue alors les turbomachines en deux catégories principales[2] ;

- A. Les turbomachines qui fournissent de l'énergie au fluide, dans ce groupe on trouve les compresseurs, les ventilateurs, les pompes...
- B. Les turbomachines desquelles on retire de l'énergie du fluide pour l'utiliser comme un travail mécanique, dans ce cas on parle alors les turbines.

On trouve une seconde classification des turbomachines en fonction de la direction principale de l'écoulement par rapport à l'axe de rotation de la machine, selon ce critère on a ;

- Les turbomachines axiales dans lesquelles la direction de l'écoulement est parallèle à l'axe de rotation de la machine.
- Les turbomachines radiales ou centrifuges dans lesquelles une partie importante de l'écoulement à l'entrée ou à la sortie est dans la direction normale à l'axe de rotation.

#### **I.4. Définition du Turbo-Expandeur :**

La turbine d'expansion (Turbo-expandeur) est une turbine de détente à haute vitesse de rotation. Elle génère le froid et développe l'énergie mécanique grâce à la détente du gaz. Au cours de processus de détente, la pression et la température du gaz d'alimentation chutent en liquéfiant le propane plus et en maintenant des constituants légers tels que le méthane et l'éthane à l'état gazeux.

Le passage du gaz haut pression provoque la rotation de la roue de l'expandeur. Cette rotation est transmise à l'arbre, qui est supporté par un ensemble de paliers et à la roue du compresseur à son autre bout. La puissance transmise à l'arbre est utilisée pour entraîner un compresseur, un générateur électrique ou tout autre moyen pour dissiper cette énergie.

#### **I.5. Utilisation du turbo –expandeur :**

Les turbo–expandeur radiales sont habituellement utilisés quand on a l'un des procédés suivants[4] ;

**I.5.1. La réfrigération :** Les turbo–expandeur sont vastement utilisés dans le domaine cryogénique, grâce à leur capacité importante de produit de froid, et atteindre des températures très basse, qui conduit à une meilleur séparation,(récupération) des différents produits.

**I.5.2. Récupération d'énergie :** On le conçoit plus certain type d'installation sans turbo-expandeur, il est largement utilisé dans le domaine de traitement du gaz.

**I.5.3. La génération d'énergie :** L'expandeur peuvent formées le cœur d'un système de génération cyclique fermée ou ouvert, l'énergie cyclique comme **Brayton** ou **Rankine** utilisant un fluide moteur, qui est conçu pour les besoins de la source d'énergie, et l'expandeur peut fournir une excellent efficacité, qui peut être complète ou en partie.

**I.5.4. Le choix de turbo expandeur installé pour le procédé de traitement :** Le turbo expandeur ne sera installé dans une unité de traitement de gaz que après une étude d'ingénierie de base approfondi pour déterminer les paramètres principale de désigne et savoir les conditionnes de marche de l'usine, parmi les paramètres nécessaires à les connaitre pour le choix de turbo expandeur ;

- ❖ La composition de gaz pour déterminer les pourcentages massique de chaque composant, le poids moléculaire et les éléments indésirables qu'il peut contenir ;
- ❖ Le débit de gaz ;
- ❖ La pression et la température de gaz à l'entrée et la sortie de turbo expandeur.

### **I.6. Exploitation du turbo-expandeur :**

L'efficacité et la rentabilité d'un procédé utilisant un turbo expandeur dépend essentiellement de la bonne exploitation de ce dernier, pour atteindre des températures le plus basses possibles qui favorisent une meilleure récupération, il est impératif de faire fonctionner le turbo expandeur dans des conditions optimales[3].

La chute d'enthalpie par rapport à la vitesse de la turbine, nous remarquons que les chutes maximales d'enthalpie sont obtenues à des grandes vitesses.

La variation de débit à travers la turbine pour un fonctionnement optimal se situe dans l'intervalle 55% à 95%.

Pour des débits inférieurs à 55%, la chute d'enthalpie est réduite, diminuant ainsi l'efficacité de la turbine

La pression de pipe du gaz de vente conditionne la pression de refoulement du compresseur.

**I.7. Principe de fonctionnement de turbo expandeur :**

La première application du turbo expandeur dans le domaine de traitement du gaz est en 1960 au Texas. Il a démontré une grande efficacité pour la récupération des liquides condensats et **GPL** en fournissant en même temps un bon travail pour la compression[3].

Le gaz pré refroidi dans un échangeur de chaleur pénètre dans l'expandeur à travers les **IGV** (Inlet Guide Valve) ou on règle le débit de gaz ensuite il passe à la roue de détente qui transforme l'énergie de pression de gaz en énergie cryogénique par refroidissement et en énergie mécanique par rotation, ainsi le gaz est évacué par la conduite de sortie de l'expandeur. Le travail de rotation est transmis à l'aide d'un arbre d'entraînement vers le compresseur mono étagé pour comprimé un gaz traité.

## II. Description mécanique de turbo expandeur EC-101 :

### II.1. Introduction :

Le turbo expandeur installé au niveau des trains 100 et 200 de CPF OHANET est de type 5.0 Mafi-Trench, il est composé de trois parties principales sont[5] ;

- ❖ Le **carter expandeur** et les pièces qui lui sont rattachées ; actionneur de grille d'aubage d'entrée, aubes mobiles d'entrée avec les brides d'entrée et de sortie.
- ❖ L'**assemblage** ou la partie principale de rotation
- ❖ Le **carter compresseur** avec les brides d'entrée et de sortie.

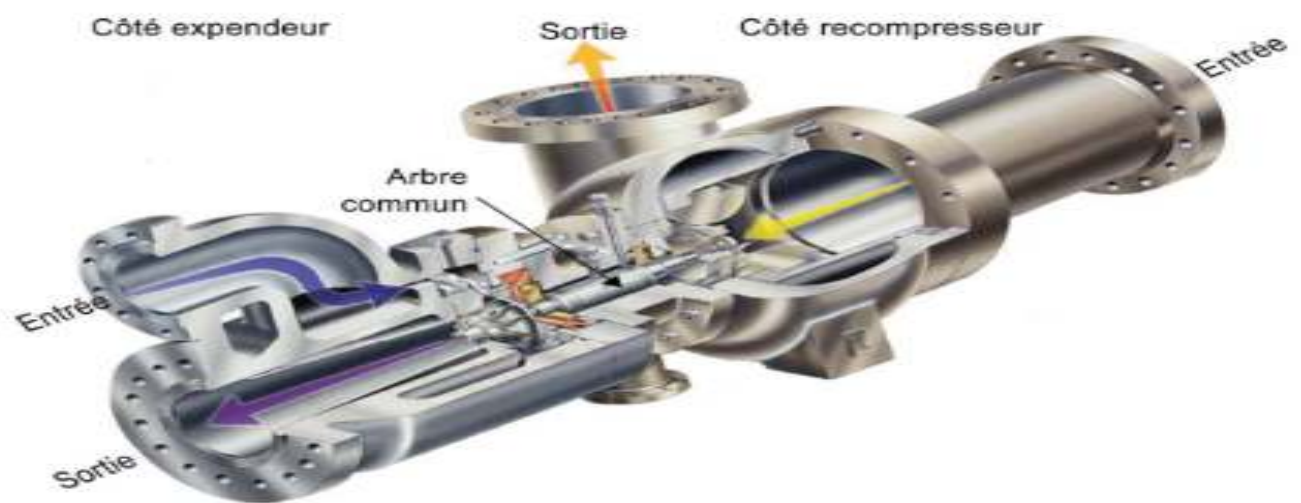


Figure I I-1 : Principe de fonctionnement de turbo expandeur.

II.2. Les composantes principales de turbo expandeur :

Il est composée essentiellement de :

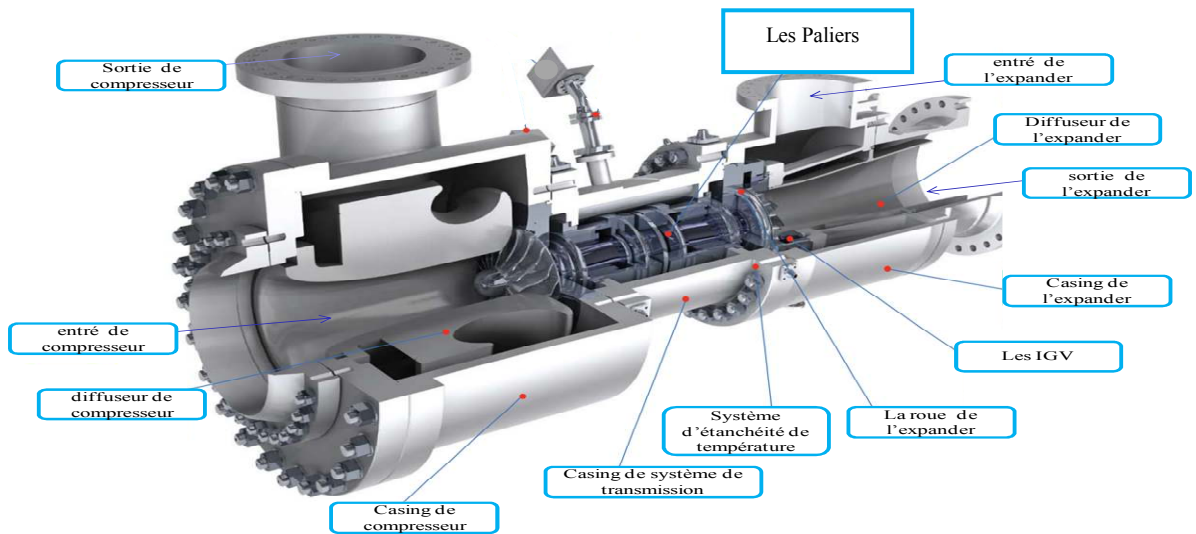


Figure II-2 : les différentes composantes de turbo expandeur

II.2.1. Vannes de guidage d'entrée IGV :

Les aubes directrices d'entrée IGV (Inlet Guide Vanes) règlent le débit de gaz vers l'expandeur, le réglage de leurs positions est grâce à une combinaison des deux systèmes mécanique et pneumatique[5].

Le mécanisme est conçu pour résister à la pression d'entrée maximale de l'expandeur et peut être réglé pour faire varier l'écoulement dans une gamme allant 0% à environ 125% du débit massique prévu. Un actionneur à diaphragme pneumatique avec positionneur intégral contrôle l'ouverture de l'aube directrice. Un signal de commande à air indique à l'actionneur de régler l'ouverture de l'aube directrice d'entrée pour compenser changements des conditions du procédé.

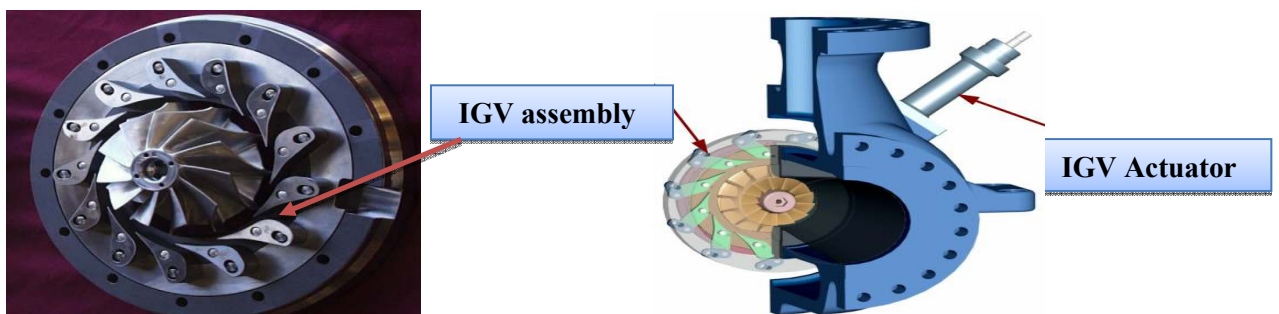


Figure II-3 : Schéma des IGV d'entrée de turbo expandeur.

**II.2.2. Roues de l'expandeur - compresseur :**

La roue de l'expandeur d'entrée radial qui utilise notre aube directrice d'entrée variable permet d'obtenir une efficacité élevée dans une gamme de fonctionnement étendue. Les performances aérodynamiques du compresseur ont été optimisées en considérant de façon précise les angles et les contours des lames sans toutefois compromettre l'intégrité mécanique de la roue.

Chaque roue a été soumise à des essais de résistance aux vibrations aux fréquences de résonance de la lame et du disque. Le turbo expandeur de **Mafi-Trench** peut fonctionner de zéro à la vitesse de déclenchement sans craindre la mise en résonance de la roue.

Généralement la roue est fabriquée par un métal très résistant aux différentes contraintes **Aluminium** ou par le **Titanium**.



Figure II-4 : les roues d'expandeur compresseur

**II.2.3. Le casing d'expandeur :**

C'est le corps de turbo expandeur, il comporte les brides d'assemblage avec les conduites d'entré et de sortie de gaz.

**II.2.4. Vanne de déclenchement de l'expandeur :**

**MTC** a fourni une vanne de déclenchement d'expandeur (UZV 014-1) de type à papillon pouvant se fermer en moins d'une demi-seconde (0.5 sec). Elle doit être installée à proximité de la bride d'entrée de l'expandeur.

### II.2.5. Système de transmission de rotation :

**A. Arbre d'entraînement :** C'est le moyen par lequel le travail de rotation est transmis vers le compresseur, il comporte des clavettes avec des rainures cylindriques pour fixer les roues de compresseur et de l'expandeur.



Figure 11-5 : Arbre d'entraînement

**B. Joint d'étanchéité de l'arbre :** Ils sont du type à labyrinthe rotatif changeable en acier inoxydable, ils sont conçus pour minimiser les fuites de gaz d'étanchéité.



Figure 11-6 :le labyrinthe de l'arbre sur les deux cotés (expandeur –compresseur).

**C. Les paliers :** Pour supporter l'arbre d'entraînement et les poussées axiales le turbo expandeur MTC est contient deux types de palier ;

- ❖ Les paliers radiaux utilisés dans cette machine sont du type palier à patins oscillations ; ce sont des paliers à cinq patins, à charge sur patin, non réglables, convenant particulièrement aux vitesses élevées requises par cette application.

- ❖ Les paliers de butée sont requis pour maintenir la position axiale du rotor de la turbine dans une tolérance étroite. La machine MTC utilise un palier de butée du type talon taraudé qui est intégralement usine avec chaque palier lisse ; les paliers de MTC sont conçus pour supporter la même charge axiale dans les deux directions.

La charges de poussée axiales sont surveillées par un orifice sonde de détection de pression situé sur le côté de chaque palier. Ces signaux de pression alimentant l'égaliseur automatique de poussée qui ajuste le charge de poussée.





Figure 11-7 : les paliers avec un mur de chaleur (entretoise)

**D. Un égalisateur automatique de poussée :** L'égalisateur de poussée sert à maintenir les poussées en dessous de la capacité des paliers. Son principe de fonctionnement est basé sur un piston d'équilibrage alimenté par l'huile venant soit de buté de compresseur ou de l'expandeur selon le sens de poussé, la pression de l'huile est transmise à partir de petites ouvertures situées sur les côtés des paliers de butée vers les cavités correspondantes dans la chambre d'égalisation de poussée. Le piston du compensateur de poussée actionne la vanne d'obturation pour régler la pression derrière la roue du compresseur et équilibrer la charge de poussée à des niveaux acceptables.

Les facteurs pouvant entraîner un ajustement sont les suivants ;

- Modification des conditions d'exploitation.
- Dégradation majeure de certains composants internes, qui pourrait être causée par des particules en suspension dans le gaz de traitement.
- Dépôts tels que de la glace dans les passages d'évacuation des roues d'expandeur.

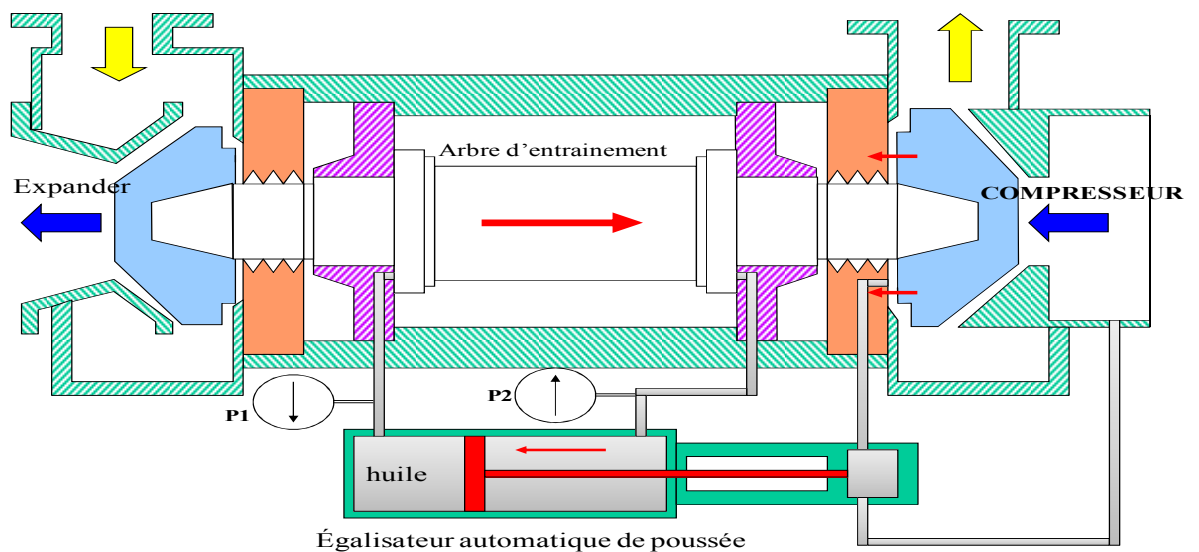


Figure 11-8 : le principe de fonctionnement de l'égalisateur automatique de poussé.

**II.2.6. Partie compresseur :**

Il se compose de ;

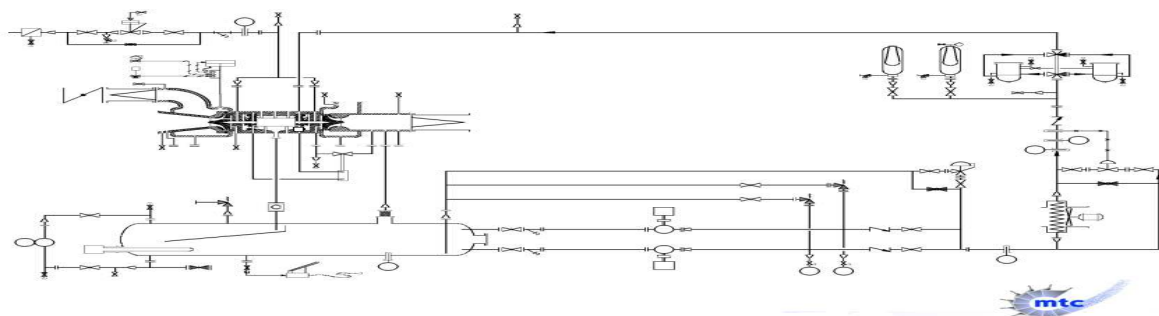
- Une roue pour la compression de gaz.
- Un diffuseur pour acheminer le gaz vers la conduite de sortie.
- Une vanne anti pompage pour protéger le compresseur.

**II.2.7. Description du système de lubrification et de gaz d’étanchéité :**

A. Le système de huile de lubrification est pour but de protéger l’arbre d’entraînement par la lubrification, le graissage et le refroidissement, se système se compose de[6] ;

- Un réservoir d’huile.
- Des pompes qui sert à maintenir une pression d’huile bien déterminé dans le réseau de lubrification, pompe de remplissage d’huile.
- Un aéro-réfrigération de refroidissement d’huile.
- Des filtres pour assurer la pureté d’huile.
- Des accumulateurs d’huile qui sert à rectifier les chutes de pression d’huile dans le réseau.
- Une soupape de régulation de pression d’huile et un système de contrôle des paramètres d’huile.
- une résistance électrique pour garantir une température bien déterminée au démarrage de turbo expandeur.

B. Le système de gaz d’étanchéité constitue un tampon gazeux de chaque côté du turbo expandeur afin de maintenir l’huile de lubrification à l’écart des liquides à traiter et pour éloigner le gaz froid de traitement des paliers. Le système de gaz d’étanchéité est constitué d’un régulat de pression différentiel, d’un filtre et de tous les instruments de mesure nécessaires.



**Figure II-9 :** les circuits des systèmes d’huile de lubrification et de gaz d’étanchéité

**II.3. Système de surveillance du Turbo-expandeur EC-101 :**

**II.3.1. Système BENTLY NEVADA :** Ce système a été installé dans le panneau de commande à distance pour assurer la protection de turbo expandeur en surveillant les différents paramètres de marche (vibration et température) [6].

Le turbo expandeur est équipé des indicateurs de pression, de température, de débit et de vibration pour assurer sa surveillance.

**II.3.2. Système de Secours MODICON :** Il s'agit d'un système de secours basé sur deux contrôleurs programmable configurés identiquement, relié l'un à l'autre ainsi qu'au même réseau d'entrée/sortie distant. En cas de panne de l'un des contrôleurs, l'autre prend la main pour assurer le fonctionnement du réseau.

**II.3.3. Système de contrôle de pompage :****A. Le phénomène de pompage :**

Le phénomène de pompage est un fonctionnement instable et indésirable du compresseur, qui se produit lorsque le débit d'aspiration est réduit et la pression de refoulement du compresseur est supérieure à la pression de ligne de pompage. Ce la provoquera une inversion momentanée du flux en réduisant la pression de refoulement. Après la réduction de toute la pression, l'écoulement à travers le compresseur sera rétabli (le débit s'écoule dans le sens positif), ce qui provoquera l'augmentation de la pression et le cycle recommence. Si les facteurs conduisant au phénomène de pompage ne sont pas correctement et rapidement rectifiés, la sortie va continuer à osciller en entraînant des dommages graves au compresseur.

Pour éviter ce phénomène, les compresseurs sont dotés de systèmes de régulation anti-pompage la vanne anti- pompage est montée en by-pass (aval-amont) sur le compresseur **Figure 11 -10(a, b)**.

En résumé, on peut dire que le pompage se produit quand le débit dans le compresseur est trop faible. La vanne anti- pompage recycle le gaz de l'amont à l'aval et augmente ainsi le débit dans le compresseur, ce qui empêchera le pompage.

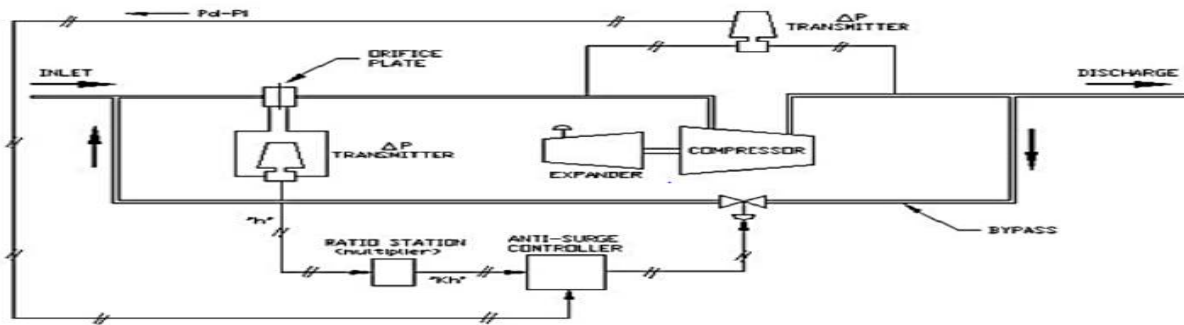


Figure II-10(a, b) : système de contrôle de pompage.

**II.3.4. Système Anti Incendie :** Deux détecteurs de gaz L.O.S sont installés pour déclencher une alarme suivie d'un déclenchement de système déluge (la couronne d'eau) au niveau de l'expandeur.

**II.4.La Spécification de la Machine EC-101 ;**

Tableau II.1 : Les conditions de fonctionnement du turbo-expandeur EC-101[1].

SPECIFICATIONS TECHNIQUES		
FONCTION	CONTROLE	REGLAGE
LA VITESSE	CONCEPTION	12,900 tr/min
	NOTE	12,900 tr/min
	ALARME	13,500 tr/min
	FERMER	14,200 tr/min
VIBRATION	ALARME / FERMER	30 / 55 μm
BRG.TEMP.	ALARME / FERMER	88 / 93 °C
COMPRESSEUR DISH.TEMP	NORMAL / FERMER	80/100 °C
HUILE LUBRIFIANTE à ROULMENT	VISCOSITE OPERATIONNAL ET TEST	ISO VG 32
	VISCOSITE REMPLISSAGE INITIAL DEPOSE	ISO VG 68
	DEBIT, GAMME	33 - 35 gallon/min
	NORME .PRESSE POUR BRGS.	200 PSI 1PCI=0.069bar
	ALARME	110 PSID
	FERMER	90 PSID
	MAX.TEMP.à BRGS.	150 °F      51 °C
	CONCEPTION TEMP. à BRGS	130 °F      40 °C
BRG. POUSSEE DIFFERENTIEL	ALARME	10.5 Bar
	FERMER	14 Bar
SEL DE GAZ SECHER LE GAZ à SEC ET à UN MIN/MAX TEMP DE 90°/130°F APRES REGULATEUR	DEBIT MIN/NORM/MAX	340/510/680 SCFM
	PRESSE NORMALE à EXP	3.5Bar
	MIN PRESSE à EXP	2Bar
	PRESSE NORMALE à COMP	3.5 Bar
	MIN PRESSE à COMP	2 Bar
	MASSE MOLECULAIRE	GAZ DE PROCESS 18 - 20

**III. Description d'opération de turbo expandeur EC-101 :**

Le gaz déshydraté (la teneur en eau doit être inférieur à **0.1ppm H<sub>2</sub>O** pour éviter formation d'hydrates) filtré dans les deux filtres à charbon F101A et F101B (pour éviter tout passage de particules vers les échangeurs a plaques ou vers l'expandeur) est refroidis dans les échangeurs a plaques E-103 et E-102 sous contrôle de température dont la charge est partagé d'une manière à assurer une température de -24°C dans le ballon V-108[1].

Le refroidissement dans l'échangeur E-103 est fait par le gaz froid sortant de ballon V-109, la température de gaz monte de -68°C à 6°C.

Le refroidissement dans l'échangeur E-102 est fait par les liquides récupérés de ballon V-108.

Le gaz refroidis est envoyé vers le ballon V-108 (inlet turbo expandeur separator), sous contrôle de niveau les liquide formé passent par l'échangeur E-102 ensuite vers le déethaniseur T-101 et le gaz est acheminé vers le turbo expandeur pour le détendre.

Le débit de gaz entré expandeur doit être inférieur à 340 tonnes/heure, un régulateur de débit commande la vanne joule Thompson pour quelle s'ouvre en cas d'un haut débit de gaz, ce dernier entre le turbo expandeur avec une pression de 64 barg et une température de -24°C et sort mélangé avec les liquides formé avec une pression de 17.5 bar et une température de -68°C.

Le mélange est envoyé vers le ballon V-109 pour séparer les liquide de gaz pour les envoyer vers le déethaniseur sous contrôle de niveau par les pompes P-102A et P-102B et le gaz sort de ballon avec une température de -68°C et une pression de 17.5 bar passe par une série d'échangeur de chaleur pour récupérer son froid ensuite il est envoyé vers à la partie compresseur de turbo expandeur pour le comprimer jusqu'à 23.5 bar à la température de 78° C

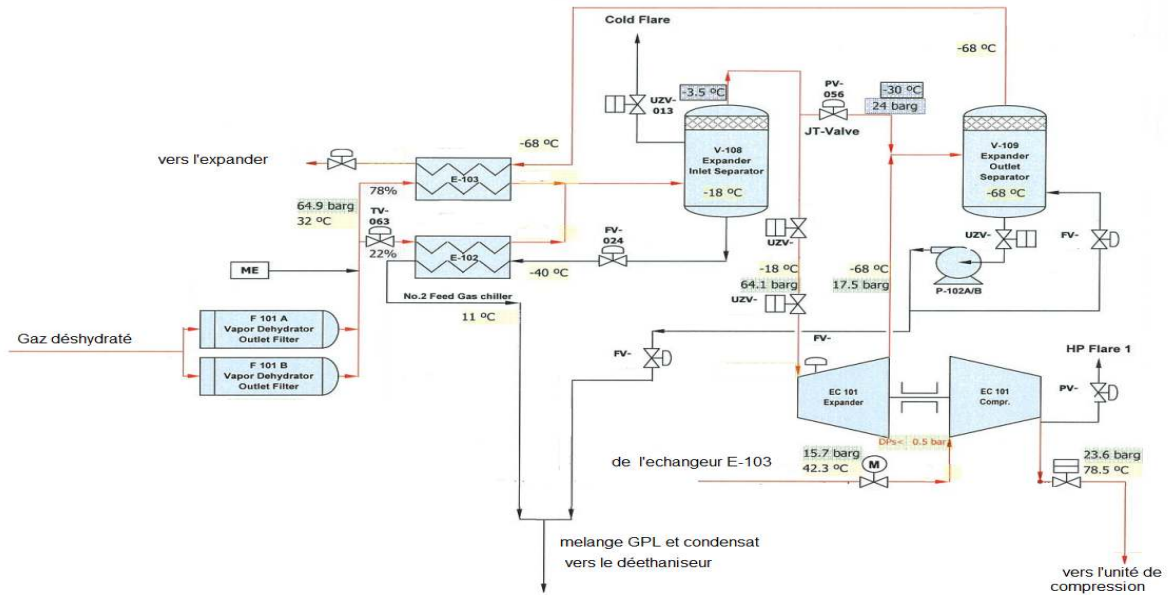


Figure II -11 : le procédé de refroidissement de turbo expandeur.

III.1.Comparaison entre vanne joule Thomson et turbo-expandeur ;

Il existe deux façons d'abaisser la température (et la pression) du gaz de traitement dans le CPF ;

- Expansion vanne J-T.
- Turbo Expandeur.

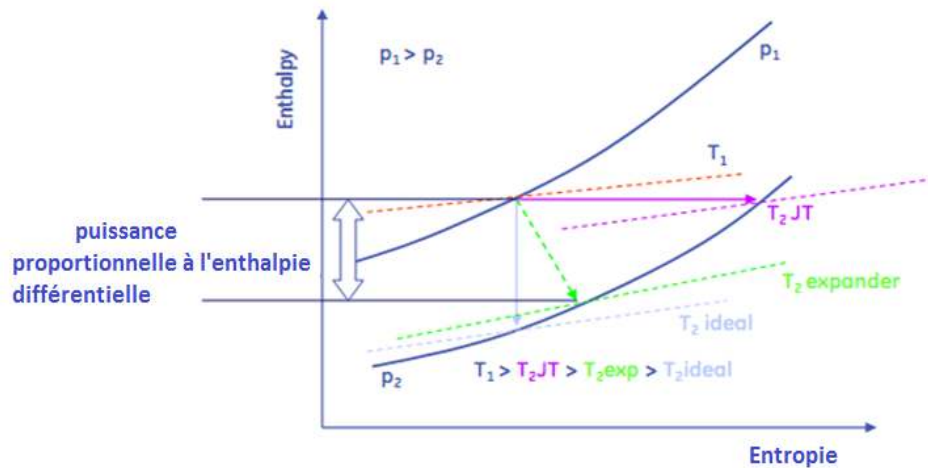


Figure II.12:La variation d'enthalpie et entropie en fonction de pression et température.

Chaque fois que le gaz à haute pression est relâché à basse pression, le gaz subit une température plus basse ou plus élevée température. Cet effet est appelé effet Joule Thomson.

Puisqu'aucun travail n'est extrait du gaz, l'enthalpie totale du gaz avant expansion et après expansion reste le même. L'expansion par la valve J-T est appelée expansion isenthalpique.

Lorsque le gaz se dilate à travers de la turbine, ils sont forcés de tourner dans le carter d'expandeur. Le travail est extrait du gaz à haute pression et transmis par l'arbre commun à la section Compresseur.

Le turbo-expandeur produit une détente isentropique, par contre la vanne Joule Thomson produit une détente isenthalpique.

Tableau II.2 : Comparaison entre vanne joule Thomson et turbo-expandeur[2] .

Flux de noms	Gaz		Entrée Expander	Entrée J-T	Sortie Expander		Sortie J-T	
	d'alimentation	recyclé			Vapeur	Liquide	Vapeur	Liquide
Phase	Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur	Vapeur	Liquide	Vapeur	Liquide
Masse moléculaire	18.67	18.39	18.62	18.62	17.81	35.12	18.61	49.00
Pression(Bar)	58	62	58	58	15	15	24	24
Temperature °C	25	25	-20	-5	-68.5	-68.5	-30	-30
Débit Kg-mole/h	12851	2181	15023	15023	14312	719	15026	5.42
Enthalpie M*KJ/h	18,83	3,10	21,93	34,30	6.37		34.30	
<b>Taux des composants %</b>								
H2O	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N2	0,78	0,77	0,78	0,78	0,8	0,04	0,78	0,04
CO2	1,31	2,45	1,48	1,48	1,5	1,92	1,48	1,06
C1	86,62	86,72	86,63	86,63	89,7	24,48	86,66	18,75
C2	8,06	9,31	8,24	8,24	7,1	31,4	8,24	15,52
C3	2,41	0,73	2,16	2,16	0,9	28,25	2,16	17,91
IC4	0,29	0,01	0,25	0,25	0,00	4,79	0,25	7,81
NC4	0,38	0,01	0,33	0,33	0,00	6,35	0,32	12,37
IC5	0,08	0,00	0,07	0,07	0,00	1,42	0,07	7,60
NC5	0,05	0,00	0,05	0,05	0,00	0,96	0,04	6,51
NC6	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,33	0,01	8,93
NC7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	3,51
NC8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NC9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NC10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NC11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C12+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



**III. Le démarrage de turbo expandeur EC-101 :**

Pendant le démarrage des trains le turbo expandeur reste en arrêt, d'où le gaz déshydraté subit une détente isenthalpique à travers de la vanne J-T d'une pression de 64barg jusqu'à 24 bar, dès que les paramètres d'exploitation stabilise dans la colonne de fractionnement T-101, T-102et T-103 on procède au démarrage de turbo expandeur selon la procédure suivante[1] ;

1. S'assurer que le niveau d'huile dans la caisse est au-dessus de niveau minimal.
2. Assurer l'alimentation électrique des pompes d'huile de lubrification.
3. Assurer que la vanne UCV-016 expandeur-compresseur Anti-Surge est 100%ouverte.
4. Vérifier que les lignes d'entrés sortie de turbo expandeur (UZV-014-2, UZV-014-5 et UZV-014-1) et de compresseur USV-023 sont fermés, et les vanne manuelles sont ouvertes.
5. Ouvrier les vannes du gaz d'étanchéité et on vérifie sa pression sur PDI-528 est entre 2.5- 4.0 bar.
6. Démarrer les pompes de lubrification une fois les conditions de température sont adéquates (température atteinte 27°C minimum avant le démarrer la pompe).
7. Mettre le sélecteur HC-501en position manuel et la lecture sur la pression de charge est 0 Psi (le système de commande manuel des IGV).
8. Démarrer les deux aéro de refroidissement d'huile de lubrification.
9. Appuyer sur Botton "reset expandeur" HS-073-1.
10. Ouvrir les vannes à l'aspiration de l'Expandeur et démarrer.
11. Ouvrir les vannes d'aspiration et refoulement de compresseur.
12. Vérifier l'absence des alarmes au niveau de salle contrôle pour la section de turbo expandeur s'ils existent il faut les acquitter.
13. Demander de la salle de contrôle la permission de démarrage.
14. Le démarrage et en mode manuel, à l'aide de dispositif de commande manuel des **IGV** on ouvre leur position progressivement et on surveille la monté de vitesse de turbo expandeur jusqu'à ce qu'il atteint la vitesse de 4000 tr/mn (19% de sa vitesse nominale) on le met en mode auto.
15. On surveille les différents paramètres de marche de turbo expandeur jusqu'il atteint sa vitesse maximale.

**16. V. Les différents paramètres à surveiller pendant la marche de turbo expandeur EC-101[1] :**

- La vibration et la température des paliers sont respectivement inférieure de 20 $\mu$ m, 80°C.
- Le débit de gaz entré de turbo-expandeur qui ne doit pas dépasser 340 T/h.
- La vitesse de rotation de turbo-expandeur est de 12900t/min.
- La pression et la température d'entrée/sortie de l'expandeur et compresseur.
- La pression différentielle d'huile et de gaz d'étanchéité à travers des paliers et les filtres.
- Le niveau d'huile de lubrification dans le réservoir qu'il doit supérieur à 500 mm.

# *Chapitre III*

Calcul thermodynamique

**I. Procédure de calcul :**

Si on suppose que  $F = V + L$

Pour chaque constituant  $i$

$$F z_i = V y_i + L x_i \dots\dots\dots (1)$$

Avec :

**F** : nombre de mole totale à l'entrée

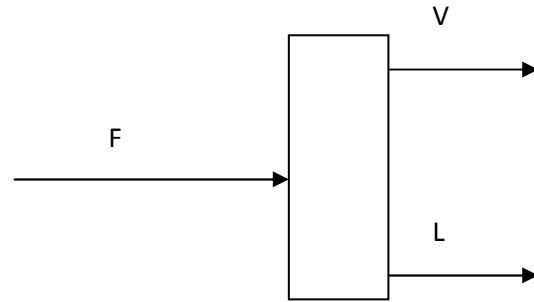
**V** : nombre de moles vapeur

**L** : nombre de moles liquide

**z<sub>i</sub>** : fraction de constituant  $i$  dans  $F$

**Y<sub>i</sub>** : fraction de constituant  $i$  dans  $V$

**X<sub>i</sub>** : fraction de constituant  $i$  dans  $L$



La définition de la constante d'équilibre  $K$  de chaque constituant est donné par[8] :

$$Y_i = K x_i \dots\dots\dots(2)$$

En supposant que  $F=1$  on aura:

$$X_i = z_i / (L + V K_i) \dots\dots\dots(3)$$

$$y_i = z_i / (V + (L / K_i)) \dots\dots\dots(4)$$

$$\Sigma x_i = \Sigma z_i / (L + V K_i) = 1 \dots\dots\dots(5)$$

$$\Sigma y_i = \Sigma z_i / (V + (L / K_i)) = 1 \dots\dots\dots(6)$$

Par la méthode itérative, et en supposant des valeurs à  $L$  ou  $V$ , la solution est convergée

lorsque :  $\Sigma x_i = 1, \quad \Sigma y_i = 1$

## II. Enthalpie d'un mélange de vapeur ou liquide :

L'enthalpie d'un mélange de vapeur ou liquide à une température et une pression données est déterminée à l'aide de la formule suivante[7] :

$$H_m = H_m^0 - (H^0 - H)_m \dots\dots\dots(7)$$

Avec :  $(H^0 - H)_m = RT_c [(H^0 - H) / RT_c]^0 + W_m (H^0 - H) / RT_c^1]$

et  $H_m^0 = \sum y_i H_i^0$

$H_i^0$  = enthalpie d'un constituant à l'état pure, elle dépend de la température

$Y_i$  = fraction molaire de chaque constituant dans le mélange

$(H^0 - H) / RT_c)^0$  = effet de la pression sur l'enthalpie pour un fluide simple

$(H^0 - H) / RT_c)^1$  = effet de la pression sur l'enthalpie pour un fluide réel

Ces deux derniers paramètres sont déterminés graphiquement en fonction de la pression réduite  $P_r$  et la température réduite  $T_r$  du mélange (voir annexe)

$P_c$  = pression critique du mélange.

$T_c$  = température critique du mélange.

$W_m$  = facteur acentrique du mélange

$$W_m = \sum y_i W_i$$

$W_i$  = facteur acentrique d'un constituant à l'état pure

### III. Entropie d'un mélange de vapeur ou liquide :

L'entropie d'un mélange de vapeur ou liquide à une température et à une pression donnée est donnée par la formule suivante[7] :

$$S_m = S_m^0 - (S^0 - S)_m \dots \dots \dots (*)$$

Avec  $(S^0 - S)_m = R [ (S^0 - S) / R ]^0 + W_m (S^0 - S) / R ] + \ln P ]$

Et  $S_m^0 = \sum y_i S_i^0 - R \sum \ln y_i$

$S_i^0$  = enthalpie d'un constituant à l'état pure elle dépend de la température

$Y_i$  = fraction molaire de chaque constituants dans le mélange

$(S^0 - S) / R ]^0$  = effet de la pression sur l'enthalpie pour un fluide simple

$(S^0 - S) / R ]^1$  = effet de la pression sur l'enthalpie pour un fluide réel

$P$  : pression de service

Ces deux derniers paramètres sont déterminés graphiquement en fonction de la pression réduite  $P_r$  et la température réduite  $T_r$  du mélange (voir annexe)

$P_c$  = pression critique du mélange.

$T_c$  = température critique du mélange.

$W_m$  = facteur acentrique du mélange

$$W_m = \sum y_i w_i$$

$W_i$  = facteur acentrique d'un constituant à l'état pure

**IV. Enthalpie totale d'un mélange vapeur/liquide :**

L'enthalpie totale d'un mélange vapeur /liquide est donnée par la formule suivante [8]:

$$H_{mT} = L h_l + V h_v \dots\dots\dots(9)$$

Avec  $L$  : phase liquide dans le mélange

$V$  : phase vapeur dans le mélange.

$h_l$  : enthalpie du liquide.

$h_v$  : enthalpie de vapeur.

$H_{mt}$  : enthalpie totale

**V. Entropie totale d'un mélange vapeur/liquide :**

De même façon pour l'entropie totale d'un mélange est donnée par la formule suivante[8] :

$$S_T = L S_l + V S_v \dots\dots\dots(10)$$

Avec  $L$  : phase liquide dans le mélange

$V$  : phase vapeur dans le mélange.

$S_L$  : entropie du liquide.

$S_v$  : entropie de vapeur.

$S_{mt}$  : entropie totale

**VI. les composants d'un mélange par Chromatographie :**

Chromatographie :

Est une méthode séparative qui permet l'identification et le dosage des différents composés d'un mélange. Le principe est basé sur les différences d'affinité des composés du mélange avec la phase stationnaire et la phase mobile.

Il permet de séparer des molécules d'un mélange éventuellement très complexe de nature très diverses[9].

**VII. La Partie calcul :****Hypothèses et données pour la partie calcul :**

- On suppose que le régime d'écoulement est stationnaire
- La composition du gaz sortie ballon D102 est déterminée par analyse chromatographie aux conditions de service actuelle (pression et température)
- La composition de gaz sortie D102 est supposée la même aux températures  
 $T = -13^{\circ}\text{C}$  et  $T = -10^{\circ}\text{C}$ .
- La composition chimique actuelle du gaz sortie ballon D101 n'a pas été analysé au laboratoire car la charge en question contient de l'eau qui rend le chromatographe incapable de donner des résultats valables.
- Durant le fonctionnement du Turbo-Expandeur la pression entrée ballon D103 est égale à 65.7 bar.
- Durant l'arrêt du Turbo-Expandeur la pression entrée ballon D103 est égale à 70.6 bar (qui est la pression de service de pipe d'expédition de gaz sec produit).

Le gaz qui alimente le Turbo-Expandeur provient du ballon D102. La pression de service de ce ballon est 98.066 bar et sa température de service est  $T = -13^{\circ}\text{C}$  (Turbo-Expandeur en service)

La prise d'échantillon a été faite aux conditions de service actuelles :

Pression ballon D102       $P_1 = 99.046$  bar.

Température ballon D102     $T_1 = -15^{\circ}\text{C}$ .

$T_s \text{ Réel} = -36.3^{\circ}\text{C}$ .



L'analyse chromatographique du gaz sortant du ballon D102 a donné la composition suivante :

**Tableau III.1** : composition du gaz.

Composant	% molaire
N2	4.71
CO2	0.17
CH4	82.77
C2H6	7.72
C3H8	2.51
iC4H10	0.47
nC4H10	0.80
iC5H12	0.22
nC5H12	0.26
C6H14	0.23
C7+	0.14
TOTAL	100 %

Le gaz sortant de ballon D102 est détendu d'une manière isentropique à travers le Turbo-Expandeur, de pression d'entrée  $P_1 = 99.046$  bar et température d'entrée  $T_1 = -15^\circ\text{C}$  à une pression de sortie  $P_2 = 64.135$  bar et une température  $T_2 = T_s$  ;

Pour déterminer la température sortie La prise d'échantillon a été faite aux conditions de service actuelles : Pression ballon D102  $P_1 = 99.046$  bar

Température ballon D102  $T_1 = -15^\circ\text{C}$ .

$T_s$  ;

- On suppose différentes valeurs de température sortie Turbo-Expandeur  $T_s$  et à chaque température on calcul le flash pour déterminer la composition chimique de la phase liquide et la phase vapeur.
- On utilise les équations d'états de LEE and KESSLER (améliorées par PITZER), pour calculer l'entropie  $S$  et les chutes enthalpies  $\Delta H = H_i - H_s$  des mélange vapeur et liquide à chaque température supposée  $T_s$
- On trace les courbes  $S=f(T_s)$  et  $\Delta H=f(T_s)$  et on détermine la température sortie Turbo-Expandeur  $T_s$  graphiquement

### VII.1- Calcul sortie Turbo-Expandeur :

Vu le nombre important d'itérations pour calculer un seul flash et vu le nombre de flash à calculer.

Pour le calcul de flash à plusieurs valeurs de températures  $T_s$  et à  $P_2 = 64.135$  bar

Les compositions liquides et vapeurs trouvée sont présentées dans le tableau N<sup>0</sup> : III.2 suivant :

Tableau N° III -2 : composition du mélange liquide vapeur calculé.

	%mol gaz D102	T=-30°C		T=-35°C		T= -40°C		T= -45°C	
		% mol Liquide / vapeur		% mol L / V		% mol L / V		% mol L/V	
<b>N2</b>	4.71	0.98	4.98	1.07	5.05	1.18	5.14	1.34	5.26
<b>CO2</b>	0.17	0.19	0.17	0.20	0.17	0.21	0.16	0.22	0.16
<b>CH4</b>	82.77	46.93	85.41	49.67	85.87	53.36	86.37	57.61	86.87
<b>C2H6</b>	7.72+	17.43	7.01	17.86	6.77	18.00	6.46	17.68	6.10
<b>C3H8</b>	2.51	13.04	1.75	12.49	1.57	11.60	1.40	10.39	1.22
<b>IC4H10</b>	0.47	0.25	0.23	3.38	0.20	2.96	0.17	2.50	0.14
<b>nC4H10</b>	0.80	0.49	0.33	6.44	0.27	5.51	0.22	4.57	0.19
<b>IC5H12</b>	0.22	2.54	0.05	2.13	0.04	1.75	0.03	1.41	0.02
<b>nC5H12</b>	0.26	3.16	0.05	2.62	0.01	2.13	0.03	1.70	0.02
<b>C6H14</b>	0.23	3.15	0.02	2.54	0.01	2.02	0.01	1.59	0.01
<b>C7<sup>+</sup></b>	0.14	2.01	0.004	1.60	0.003	1.27	0.002	1.00	0.002
<b>% liq / %vap</b>	-	6.77	93.23	8.57	91.43	10.90	89.10	14.03	85.97

Mw	19.52	34.07	19.52	32.16	18.34	30.26	18.21	28.33	18.09
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**VII.2-Calcul des entropies et enthalpies à l'entrée de Turbo-Expandeur :**

**a- Exemple de calcul de l'entropie à l'entrée de Turbo-Expandeur :**

Les données dans le tableau suivant représentent les données nécessaires pour le calcul de l'entropie de mélange S1 entrée Turbo-Expandeur déterminées à partir des abaques (voir annexe).

**Tableau III -3 :** composition du mélange à l'entrée de Turbo-Expandeur.

constituant	Mw	Xi % mol	Entropie S° à -15°c		Temp. critique (k)	Pression critique Pc (bar)	Facteur acentrique " w "
			KJ/Kg. K	KJ/Kg mol. K			
N2	28	4.71	3.72	104.16	273.8	15.669	0.0400
CO2	44.01	0.17	2.60	114.42	595.0	37.755	0.2250
CH4	16.04	82.77	7.07	113.40	371.0	23.655	0.1040
C2H6	30.07	7.72	4.51	135.61	393.2	37.907	0.98600
C3H8	44.09	2.51	3.58	157.84	342.3	45.760	0.1524
IC4H10	58.12	0.47	2.97	172.61	293.9	50.655	0.1848
nC4H10	58.12	0.80	2.88	167.38	305.6	52.765	0.2010
IC5H12	72.15	0.22	2.79	201.29	272.4	57.143	0.2223
nC5H12	72.15	0.26	2.74	197.69	271.4	58.152	0.2539
C6H14	86.17	0.23	2.65	228.35	242.7	62.976	0.3007
C7 <sup>+</sup>	100.2	0.14	2.62	262.52	220.4	67.051	0.3498

L'entropie du mélange à  $(P_1, T_1)$  est donnée par les relations suivantes :

$$S_{1 \text{ mél}}(P_1, T_1) = S^{\circ}_{\text{mél}} - (S^{\circ} - S)_{\text{mél}}$$

L'équation suivante permet de calculer :

$$S^{\circ}_{\text{mél}} = \sum X_i S^{\circ}_i - R \sum X_i \ln X_i$$

R : constant des gaz ( $R=8.314 \text{ kJ/kg mole k}$ )

L'équation de Pitzer's est donnée pour calculer :

$$S^{\circ} - S_{\text{Mél}} = R[(S^{\circ} - S / R)^{\circ} + W (S^{\circ} - S / R)^1 + \ln P]$$

$$W_{\text{mél}} = \sum X_i \cdot W_i$$

Avec :

$W_i$  : facteur acentrique ou d'expansion de chaque constituant, il est déterminé

à partir du tableau ci-dessus.

$X_i$  : composition molaire de chaque constituant du mélange.

Les quantités  $(S^{\circ} - S / R)^{\circ}$  et  $(S^{\circ} - S / R)^1$  sont déterminées graphiquement à partir des diagrammes des entropies en fonction des pressions réduites et températures réduites (voir annexe).

Les coordonnées pseudo- critiques - règles de KAY –sont données par les relations suivantes :

$$T_r = T / T_{pc}$$

Avec  $T$  : température de service en k

$T_{pc}$  : température pseudo critique en k

$T_r$  : température réduite.

La valeur de  $T_{pc}$  est calculée par la formule suivante :

$$T_{pc} = \sum X_i T_{ci}$$

Avec  $T_{ci}$  : température critique de chaque constituant k,

Déterminée dans le tableau ci-dessus

$X_i$  : composition molaire de chaque constituant du mélange.

De même pour déterminer :

$$P_r = P / P_{pc}$$

Avec  $P$  : pression de service en bar

$P_{pc}$  : pression critique en bar

$P_r$  : pression réduite

La valeur de  $P_{pc}$  est calculée d'après la formule suivante :

$$P_{pc} = \sum X_i P_{ci}$$

Avec :

$P_{ci}$  : pression critique de chaque constituant  $P_{sia}$ , déterminée dans le tableau

Ci-dessus.

$X_i$  : composition molaire de chaque constituant du mélange

Pour l'équation (2), il faut d'abord calculer les valeurs des :

$$\sum X_i S^{\circ}_i = 52.43 \quad \text{et} \quad \sum X_i \ln X_i = -0.678$$

$$\text{D'ou (2)} \quad S^{\circ}_{\text{mél}} = 11.2455 - (-0.1454) * 8.314 = 12.4543 \text{ kJ/kg k}$$

Pour déterminer la valeur donnée par l'équation (3) il faut calculer

$$T_{pc} = \sum X_i T_{ci} \quad \text{et} \quad P_{pc} = \sum X_i P_{ci}$$

Le calcul donne :

$$\text{Pour } T_{pc} = 206.54 \text{ k et } P_{pc} = 45.415 \text{ bar}$$

Connaissant les valeurs de :

$$P_1 = 99.046 \text{ bar}$$

$$T_1 = -15^{\circ}\text{C} = 258 \text{ k}$$

$$M_w = 19.52 \text{ g/mole}$$

On peut déterminer :

$$T_r = 258 / 206.54 = 1.25 \quad ; \quad P_r = 99.046 / 45.415 = 2.18$$

Alors pour :

$T_r = 1.25$  et  $P_r = 2.18$  on peut déterminer les quantités :

$$(S^\circ - S / R)^\circ \quad \text{et} \quad (S^\circ - S / R)'$$

à partir des abaques (voir annexe) on trouve donc :

$$(S^\circ - S / R)^\circ = 1.1$$

Et

$$(S^\circ - S / R)^1 = 0.44$$

Le calcul du facteur acentrique  $W_{\text{mél}}$  donne :

$$W_{\text{mél}} = \sum X_i W_i = 0.17$$

$$D'où: (S^\circ - S)_{\text{mél}} = 8.314 [1.1 + 0.17 * 0.44 + \ln 99.046] = 2.8943 \text{ kJ/kg } k$$

$$\begin{aligned} \text{Enfin (1): } S_{1 \text{ mél}}(P_1, T_1) &= S^\circ_{\text{mél}} - (S^\circ - S)_{\text{mél}} \\ &= 12.4543 - 2.8943 \\ &= 9.56 \text{ kJ/kg } k \end{aligned}$$

$$S_{1 \text{ mél}}(P_1, T_1) = 2.89 \text{ kcal/kg } ^\circ K$$

#### **B – EXEMPLE DE CALCUL DE L'ENTHALPIE A L'ENTREE DE TURBO-EXPANDEUR :**

Les données dans le tableau suivant représentent les données nécessaires pour le calcul de l'enthalpie de mélange H1 entrée Turbo-Expandeur (déterminées à partir des abaques (voir annexe):

**Tableau N<sup>0</sup> : III-4 :** les données de mélange H1 entrée Turbo-Expandeur.



Constituant	Mw	Xi % molaire	Enthalpie H° à -15°C Kj/kg. Kj/kg mole.	Temp. critique (k)	Pression critique Pc(bar)	Facteur acentrique " w "
<b>N2</b>	28	4.71	269.81 7554.68	273.88	15.67	0.0400
<b>CO2</b>	44.01	0.17	176.77 7779.65	595	37.75	0.2250
<b>CH4</b>	16.04	82.77	532.65 8543.7	371	23.65	0.1040
<b>C2H6</b>	30.07	7.72	330.29 9931.8	393.22	37.90	0.98600
<b>C3H8</b>	44.09	2.51	274.47 12101.38	342.39	45.76	0.1524
<b>IC4H10</b>	58.12	0.47	246.55 14392.48	293.94	50.65	0.1848
<b>nC4H10</b>	58.12	0.80	274.47 15952.19	305.61	52.76	0.2010
<b>IC5H12</b>	72.15	0.22	246.55 17788.58	272.44	57.14	0.2223
<b>nC5H12</b>	72.15	0.26	244.23 17621.19	271.44	58.29	0.2539
<b>C6H14</b>	86.17	0.23	241.90 20844.52	242.92	62.97	0.3007
<b>C7<sup>+</sup></b>	100.2	0.14	234.92 23538.98	220.44	67.05	0.3498

L'enthalpie du mélange à  $(P_1, T_1)$  est donnée par les relations suivantes :

$$H_{1 \text{ mél}}(P_1, T_1) = H^{\circ}_{\text{mél}} - (H^{\circ} - H)_{\text{mél}}$$

L'équation suivante permet de calculer :

$$H^{\circ}_{\text{mél}} = \sum X_i H^{\circ}_i$$

R : constant des gaz ( $R=8.314 \text{ kJ/kg mole k}$ )

L'équation de Pitzer's est donnée pour calculer :

$$H^{\circ} - H_{\text{mél}} = R T_c [(H^{\circ} - H / R T_c)^{\circ} + W (H^{\circ} - H / R T_c)^1]$$

$$W_{\text{mél}} = \sum X_i \cdot W_i$$

Avec :

$W_i$  : facteur acentrique ou d'expansion de chaque constituant, il est déterminé

À partir du tableau ci-dessus

$X_i$  : composition molaire de chaque constituant du mélange

Les quantités  $(H^{\circ} - H / R T_c)^{\circ}$  et  $(H^{\circ} - H / R T_c)^1$  sont déterminées graphiquement à partir des diagrammes des entropies en fonction des pressions réduites et températures réduites ( voir annexe)

Les coordonnées pseudo- critiques - règles de KAY –sont données par les relations suivantes :

$$T_r = T / T_c$$

Avec T : température de service en k

$T_c$  : température pseudo critique en k

$T_r$  : température réduite.

La valeur de  $T_{pc}$  est calculée par la formule suivante :

$$T_{pc} = \sum X_i T_{ci}$$

Avec  $T_{ci}$  : température critique de chaque constituant  $k$ ,

Déterminée dans le tableau ci-dessus.

$X_i$  : composition molaire de chaque constituant du mélange.

De même pour déterminer :

$$P_r = P / P_c$$

Avec  $P$  : pression de service en bar .

$P_c$  : pression critique en bar.

$P_r$  : pression réduite .

La valeur de  $P_c$  est calculée d'après la formule suivante :

$$P_{pc} = \sum X_i P_{ci}$$

Avec :

$P_{ci}$  : pression critique de chaque constituant  $P_{sia}$ , déterminée dans le tableau

Ci-dessus.

$X_i$  : composition molaire de chaque constituant du mélange

, il faut d'abord calculer les valeurs des :

$$\sum X_i H^{\circ}_i = 454.47.$$

D'où  $H^{\circ}_{mél} = 454.47 \text{ kJ/kg}$  .

Pour déterminer la valeur donnée par l'équation (3) il faut calculer

$$T_c = \sum X_i T_{c,i} \quad \text{et} \quad P_c = \sum X_i P_{c,i}$$

Le calcul donne :

Pour  $T_c = 206.54 \text{ k}$  et  $P_c = 45.415 \text{ bar}$

Connaissant les valeurs de :

$$P_1 = 99.046 \text{ bar}$$

$$T_1 = -15^\circ\text{C} = 258 \text{ k}$$

$$M_w = 19.52 \text{ g/mole}$$

On peut déterminer :

$$T_r = 1.25 \quad ; \quad P_r = 2.2$$

Alors pour :

$T_r = 1.25$  et  $P_r = 2.2$  on peut déterminer les quantités :

$$(H^\circ - H / R T_c)^\circ \quad \text{Et} \quad (H^\circ - H / R T_c)'$$

à partir des abaques (voir annexe) on trouve donc :

$$(H^\circ - H / R T_c)^\circ = 2$$

Et

$$(H^\circ - H / R T_c)' = 0.34$$

le calcul du facteur acentrique  $W_{\text{mél}}$  donne :

$$W_{\text{mél}} = \sum X_i W_i = 0.17$$

$$\text{D'ou: } (H^\circ - H)_{\text{mél}} = 8.314 * 206.54 * [2 + 0.17 * 0.34] = 181.02 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Enfin (1) : } H_{1 \text{ mél}} (P_1, T1) &= H^\circ_{\text{mél}} - (H^\circ - H)_{\text{mél}} \\ &= 454.47 - 181.02 \\ &= 273.45 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\mathbf{H_{1 \text{ mél}} (P_1, T1) = 65.3124 \text{ kcal/kg}}$$

### VII.3-calcul des entropies et enthalpies à la sortie de Turbo-Expandeur :

De la même façon citée en haut, Les entropies  $S_2$  et les enthalpies  $H_2$  sont calculées à différentes températures  $T_s$  et  $P_2 = 64.135 \text{ bar}$ .

Les résultats trouvés sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau III -5:** Résultats calculées à la sortie de Turbo-Expandeur .

	Température °C	Pression bar	H en kcal/kg	S en kcal/kg °K	$\Delta H = H_1 - H_2$
<b>Entrée Turbo- Expander</b>	-15	99.06	65.3124	2.89	
<b>Sortie Turbo- Expander</b>	-30	64.135	66.11	2.94	-0.8
	-35	64.135	61.01	2.90	4.30
	-40	64.135	55.55	2.86	9.76
	-45	64.135	49.61	2.82	15.7

### VII.4-Détermination de l'enthalpie réel sortie Turbo-Expandeur :

On trace les courbes  $S = f(T)$  et  $\Delta H = f(T)$

Une détente isotopique correspond à  $S_2 = S_1 = 2.89 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{K}$  c.à.d  $\Delta S = 0$

Et après extrapolation sur le graphique l'enthalpie théorique trouvée sortie Turbo-Expander est :

Qui correspondre à  $\Delta S = 0$

$$\Delta H_{\text{theo}} = 7.5 \text{ kcal/kg}$$

$$\Delta H_{\text{reel}} = \Delta H_{\text{theo}} * n$$

**n = Rendement**

Et la temperature réelle donnée est :

$$T_{S_{\text{reel}}} = -36.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

à cette temperature : par interpolation

$$\Delta H_{\text{reel}} = 5.72 \text{ kcal /kg}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = 2.90 - 2.89 = 0.01 \text{ kcal /kg }^{\circ}\text{K}$$

Et qui correspondre à  $\Delta S = S_2 - S_1 > 0$  (Détente polytropique)

Donc :

$$n = \Delta H_{\text{reel}} / \Delta H_{\text{theo}} = 5.72 / 7.5$$

$$n = 76.26 \%$$

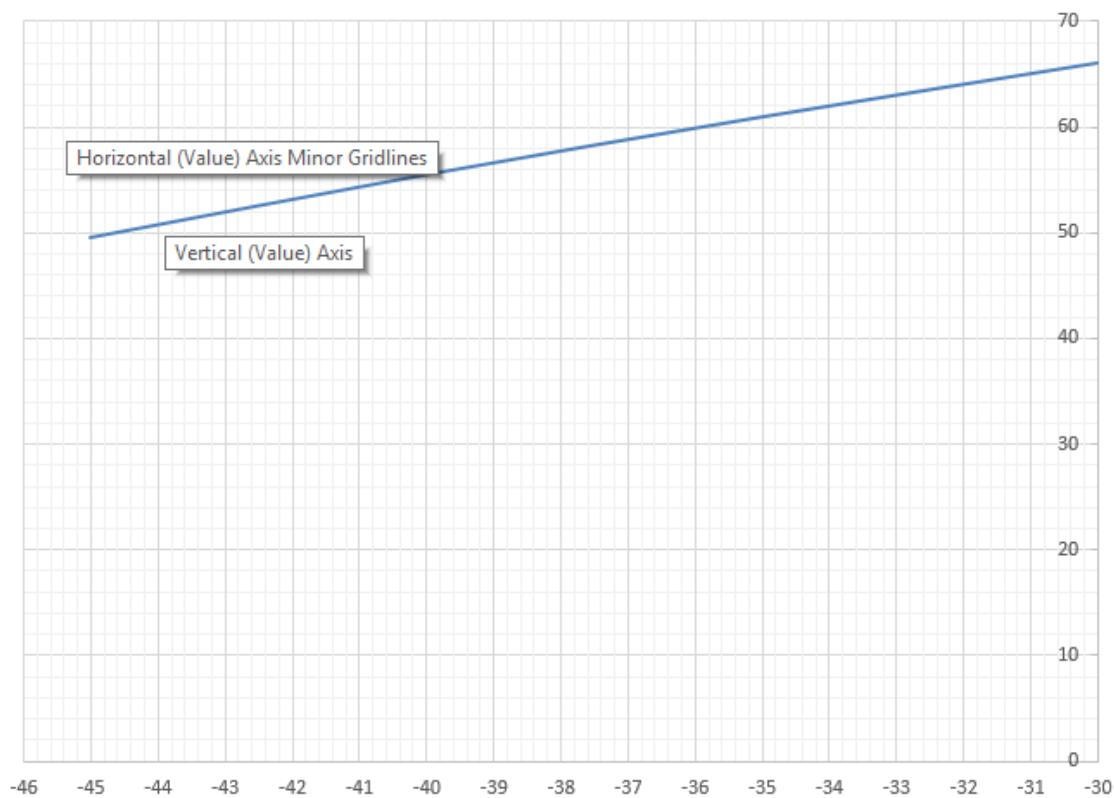


Figure III.1: Variation d'enthalpie en fonction de température  $H = f(T)$ .

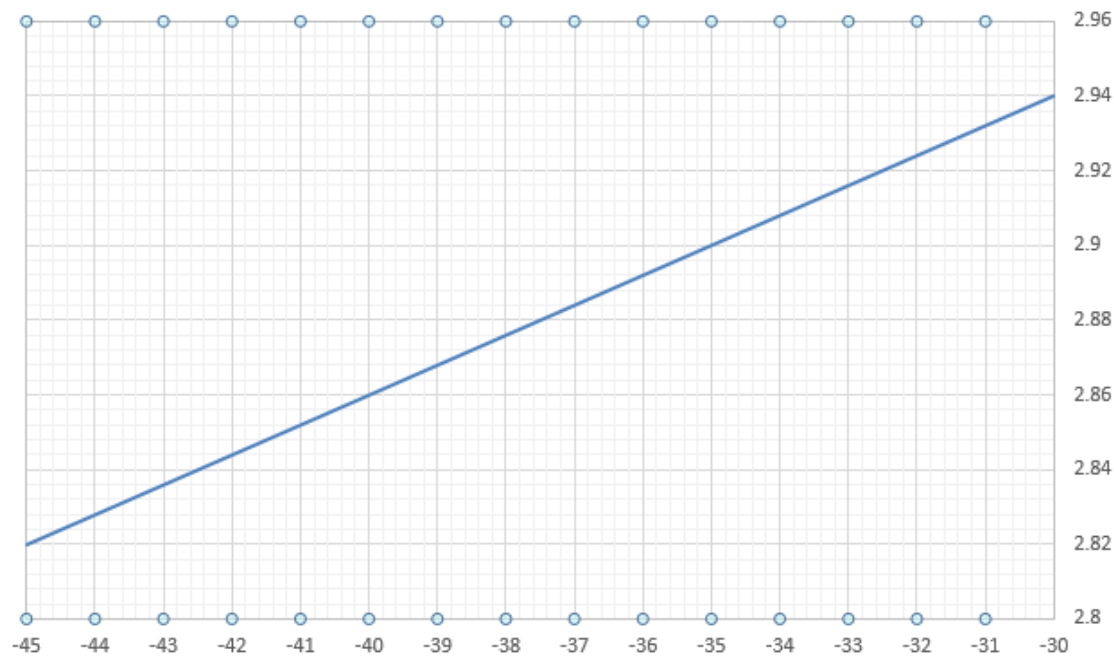


Figure III.2: Variation d'entropie en fonction de température  $S = f(T)$ .



### VII.5-Calcul de rendement polytropique :

A l'aide d'une simulation sur **Aspen HYSYS** qui nous offre des notions thermodynamiques complètes pour un calcul exact des propriétés physiques, cinétiques et des comportements des fluides on a obtenu le rendement polytropique de la machine .

**Tableau III -6:** Le rendement isentropique et polytropique de la machine **EC-101**

	ISENTROPIQUE THEORIQUE	POLYTROPIQUE ACTUEL
RENDEMENT (%)	76.26	74

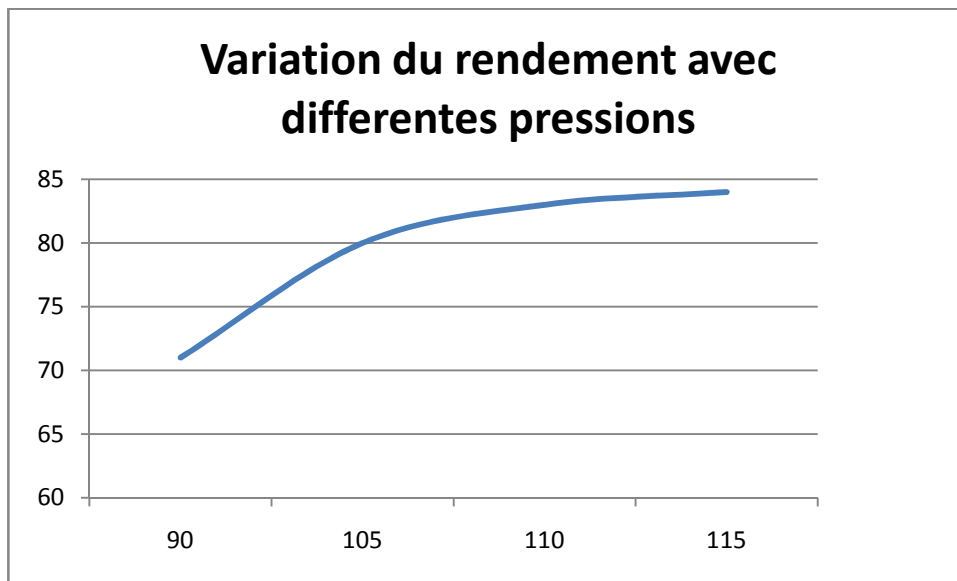
Un écart important (2.26%) entre le rendement isentropique et polytropique actuel est observé, cet écart est causé par des facteurs d'imperfections et des pertes notamment, D'un échange de chaleur avec l'extérieur (la formation de glace sur la machine), frottements aérodynamique dus aux imperfections des surfaces de la machine et à la viscosité du gaz, pertes par choc du gaz contre les parois de la machine, pertes de charge localisées, et il est aussi lié avec la pression d'aspiration de la machine.

On a essayé d'augmenter la pression d'entrée pour savoir s'il y'a un effet sur le rendement

Les résultats de cette expérience ont été remplis dans le tableau ci dessous :

**Tableau III -7:** Variation du rendement avec different pression.

P (bar)	90	105	110	115
Rendement %	71	80	83	84



**Figure III.3:** Variation du rendement en fonction de pression.

## VIII- Conclusion :

Suite à cette étude, les résultats obtenus confirment que la variation de la pression a un impact direct sur le rendement du Turbo-Expandeur qui veut dire la récupération des liquides.

Pour améliorer le rendement on a une solution possible :

- ✓ Augmentation de la pression du gaz à l'entrée du train par la section de Boosting.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIAUE ET POPUL

Ministère de l'enseignement supérieur

Et de la recherche scientifique

Université Blida1

Faculté technologie

Département de Génie mécanique



**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de master**

**Spécialité : Ingénierie Thermique et Solaire**

**Thème**

# **Calcul Thermodynamique et Maintenance d'un Turbo-Expandeur**

**Réalisés par :**

- MENTASSER Chima
- HANECHÉ Seifeddine

**Proposé par :**

- Dr. Mohamed ROUDANE

**PROMOTION 2016/2017**

## *Dédicace*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce noble travail :*

*A mes très chers parents tout spécialement mon cher père décédé*

*Récemment que dieu le bénisse et l'accueille dans son vaste paradis.*

*A mes meilleurs amis, tous ceux que je respecte, surtout tous ceux*

*Que j'aime :*

*-Anis*

*-Moumtez*

*-Nazim, mes frères adorés*

*Et à vous ...*

*Seifeddine*

## *Dédicace*

*C'est avec une profonde gratitude,  
Que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à  
Mes chers parents ; qui ont sacrifié leur vie pour  
Ma réussite et m'ont éclairé le chemin par  
Leurs conseils judicieux  
Je n'espère qu'une seule chose,  
Voir se tracer un grand sourire sur leurs visages.*

*Je dédie aussi ce travail à mes frères*

*BASSAM, BILAL, ACHÉRAF*

*Mes amis :*

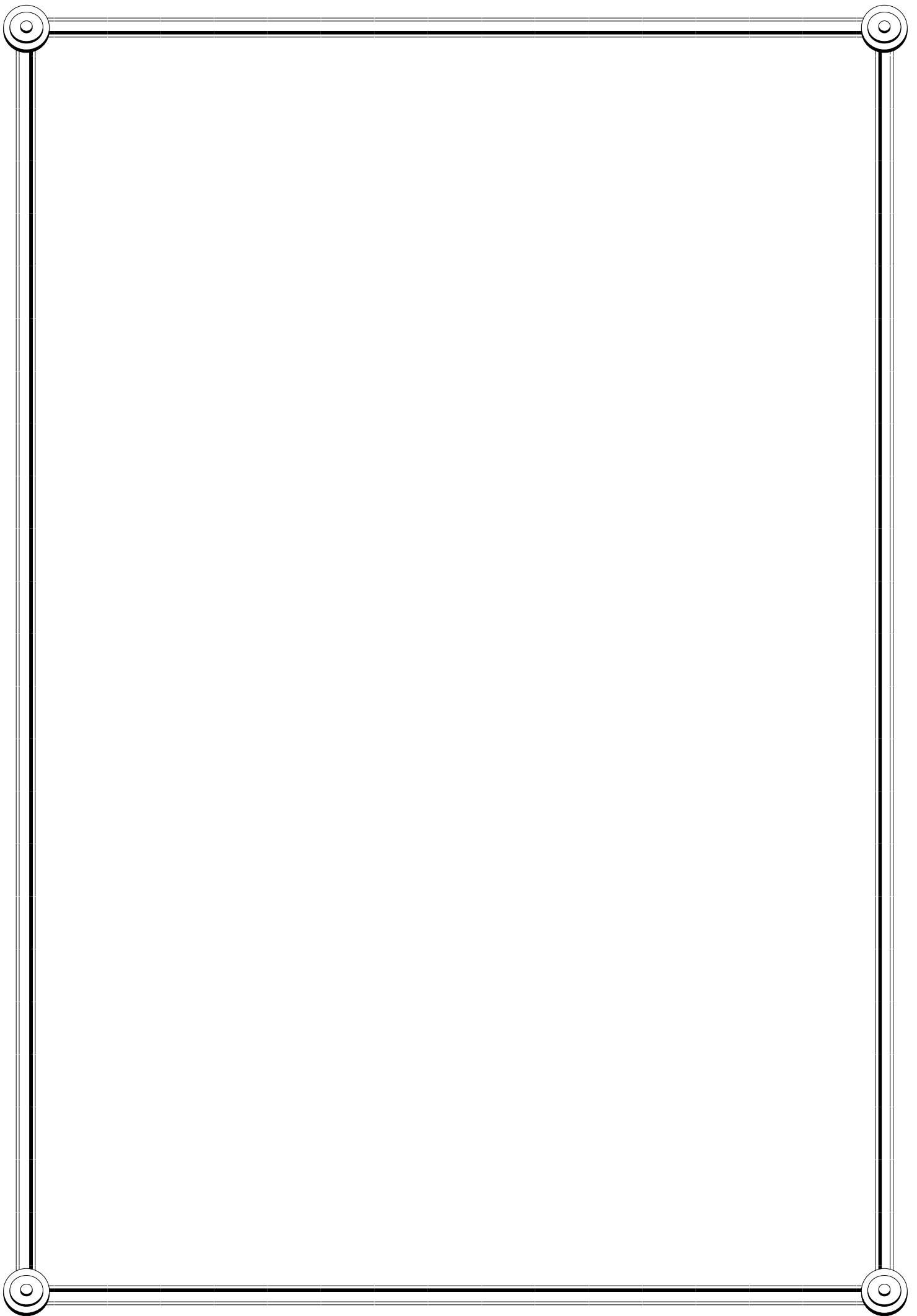
*DJAMILA, KHADIJA, AMINA et HASSENA,*

*Mes grands parents*

*Et à ma famille*

*Et à tous ceux qui sont chers.*

*Chaima*



## *Remerciement*

*En premier lieu, on tient à remercier le bon Dieu le tout puissant de nous donner  
la patience et le courage pour aller au terme de notre travail.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à notre promoteur Mr ROUDANE pour  
son orientation, ses observations et ses conseils durant ce travail.*

*On tient à exprimer nos sincères remerciements à notre tuteur Mr. KHENAIFER  
Issame pour ses conseils et l'aide qu'il nous a apportée durant notre stage.*

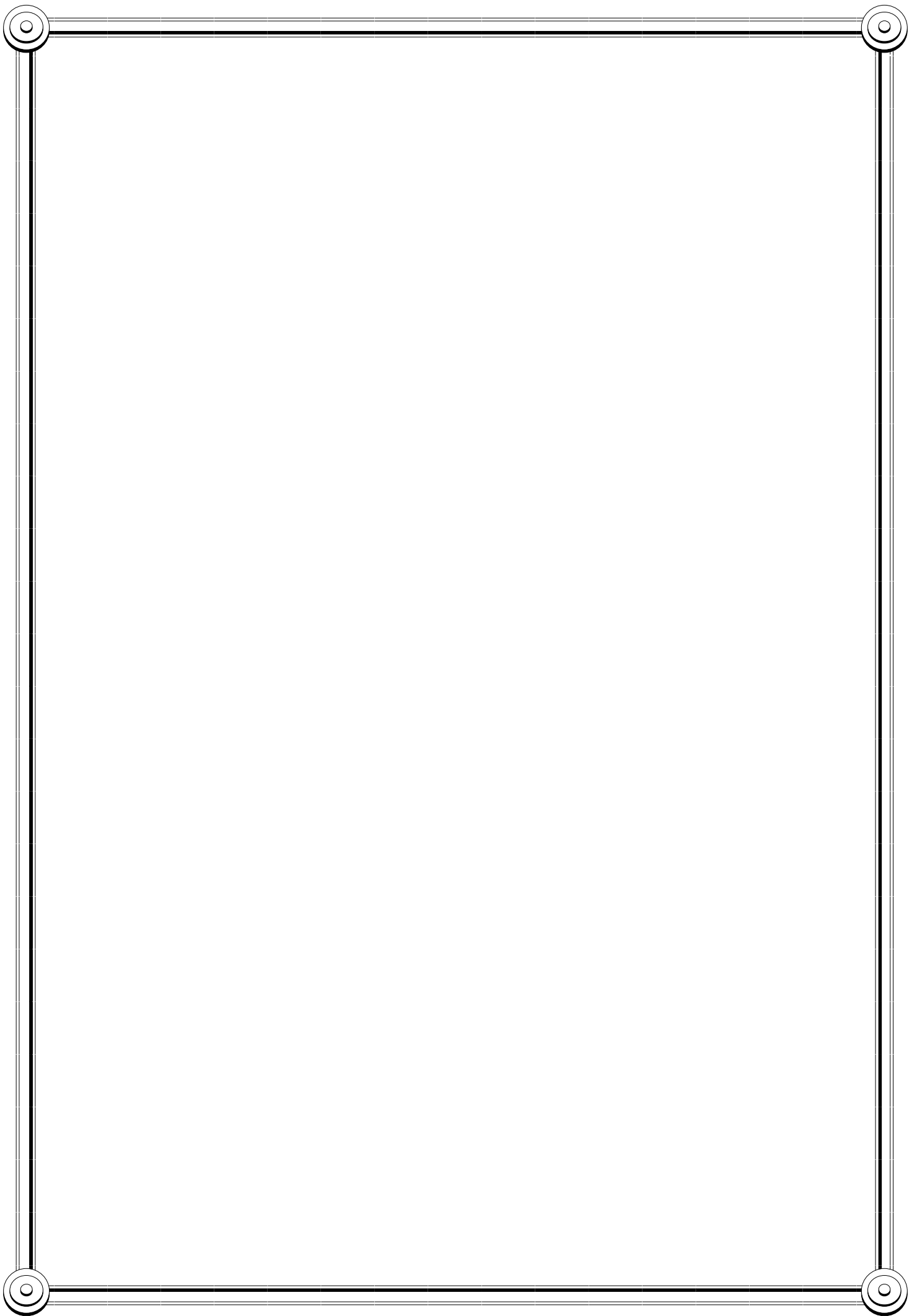
*Nous voudrions aussi exprimer toute notre gratitude à chef division EP Mr  
HAMROUCHE OMAR, et chef atelier Mr BELKHAMSA MADJID et tout  
le personnel de l'organisation d'OHANET DP Sonatrach : AMIROUCH  
HAMZA, ALOUANI SOFIANE, LAHWEL ALI pour l'orientation, les  
conseils et le support documentaire dont ils nous ont fait profiter tout au long de  
notre stage.*

*Nous remercions tous les enseignants qui ont contribué à notre formation du  
l'école primaire jusqu'à ce jour.*

*Nous remercions les membres du jury.*

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin  
durant toutes nos études.*





# **Table des Matières**

**Abréviation**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**List des Annexes**

**Introduction générale**

## **CHAPITRE I : Présentation du Champ d’OHANET.**

**I. Situation Géographique**

**II. Création de la région**

**III. Historique des champs**

**III.1. Description de l’exploitation des gisements d’huile de la Direction régionale Ohanet**

**III.1.1. Collecte de la production**

**III.1.2. Séparation**

**III.1.3. Stockage**

**III.1.4. Expédition**

**III.2. Descriptions des centres de production**

**III.2.1. Centre de séparation et stockage Ohanet**

**III.2.2. Timedratine & Timedratine Est**

**III.2.3. Acheb (Acheb Oust-Krebb)**

**III.2.4. Askarene**

**III.2.5. Guelta**

**III.2.6. Edeyen**

**III.3. Description de l’exploitation des gisements De gaz de la Direction régionale Ohanet**

## **CHAPITRE II : Description du turbo-expandeur**

### **I.1. Introduction**

### **I.2. Définition des turbomachines**

### **I.3. Classification des turbomachines**

### **I.4. Définition du Turbo-Expandeur**

### **I.5. Utilisation du turbo-expandeur**

#### **I.5.1. La réfrigération**

#### **I.5.2. Récupération d'énergie**

#### **I.5.3. La génération d'énergie**

#### **I.5.4. Le choix de turbo-expandeur installé pour le procédé de traitement**

### **I.6. Exploitation du turbo-expandeur**

### **I.7. Principe de fonctionnement de turbo-expandeur**

## **II. Description mécanique de turbo expandeur EC-101**

### **II.1. Introduction**

### **II.2. Les composantes principales de turbo expandeur**

#### **II.2.1. Vannes de guidage d'entrée IGV**

#### **II.2.2. Roues de l'expandeur - compresseur**

#### **II.2.3. Le casing d'expandeur**

#### **II.2.4. Vanne de déclenchement de l'expandeur**

#### **II.2.5. Système de transmission de rotation**

#### **II.2.6. Partie compresseur**

#### **II.2.7. Description du système de lubrification et de gaz d'étanchéité**

### **II.3. Système de surveillance du Turbo-expandeur EC-101 ;**

#### **II.3.1. Système BENTLY NEVADA**

**II.3.2. Système de Secours MODICON**

**II.3.4. Système Anti Incendie**

**II.4. La Spécification de la Machine EC-101**

**III. Description d'opération de turbo expandeur EC-101**

**III.1. Comparaison entre vanne joule Thomson et turbo-expandeur**

**IV. Le démarrage de turbo expandeur EC-101**

**V. Les différents paramètres à surveiller pendant la marche de turbo expandeur EC-101**

**CHAPITRE III : Calcul thermodynamique**

**I. Procédure de calcul**

**II. Enthalpie d'un mélange de vapeur ou liquide**

**III. Entropie d'un mélange de vapeur ou liquide**

**IV. Enthalpie totale d'un mélange vapeur/liquide**

**V. Entropie totale d'un mélange vapeur/liquide**

**VI. les composants d'un mélange par Chromatographie**

**VII. La Partie calcul**

**VII.1- Calcul sorti Turbo-Expandeur**

**VII.2- Calcul des entropies et enthalpies à l'entrée de Turbo-Expandeur**

**a- Exemple de calcul de l'entropie à l'entrée de Turbo-Expandeur**

**B- EXEMPLE DE CALCUL DE L'ENTHALPIE A L'ENTREE DE TURBO-EXPANDEUR**

**VII.3- calcul des entropies et enthalpies à la sortie de Turbo-Expandeur**

**VII.4- Détermination de l'enthalpie réel sortie Turbo-Expandeur**

**VII.5- Calcul de rendement polytropique**

**VIII- Conclusion**

## **CHAPITRE IV : La Maintenance d'un turbo expandeur**

### **I. Généralité sur La Maintenance**

#### **I.1. Définition**

#### **I.2. But de la maintenance**

#### **I.3. Modes de Maintenance**

### **II. Type de Maintenance**

#### **II.1. La Maintenance Préventive**

##### **II.1.1. La maintenance dite systématique**

##### **II.1.2. La Maintenance Conditionnelle**

#### **II.2. La maintenance curative**

### **III. Problématique Turbo Expander EC201**

#### **III.1. Démontage des roues**

##### **III.1.1. Cote expandeur**

##### **III.1.2. Cote compresseur**

#### **III.2. Extraction de la garniture d'étanchéité de l'arbre (labyrinthe en acier)**

#### **III.3. Démontage des sondes de températures de deux paliers**

##### **III.3.1. Extraction des paliers**

##### **III.3.2. Nettoyage**

##### **III.3.3. Installation des paliers**

#### **III.4. Installation de l'arbre**

#### **III.5. Vérification du jeu axial**

#### **III.6. Installation de la garniture d'étanchéité de l'arbre**

##### **III.6.1. Outil de montage des garnitures d'étanchéité d'arbre**

##### **III.6.2. Montage du mur de chaleur (entretoise) cote expandeur**

##### **III.6.3. Installation de la garniture d'étanchéité de la roue de l'expandeur**

##### **III.6.4. Installation des entretoises du compresseur plus la garniture d'étanchéité de la roue du compresseur**

**III.7. Préparation de montage des roues**

**III.8.Serrage de la tige de tension**

**III.9. Installation de la sonde de température: presse étoupe conax**

**Conclusion générale**

**Bibliographie**

**Annexes**

# Abréviation

CPF	Center Proseses Facilities
DTR	Direction Transport Par Pipe
HLH	Haoudh El Hamra
MIC	Microbiologique
OTN	OHANET NORD
OTS	OHANET SUD
ASK	ASKARENE
GLT	GUELTA
TMT	TIMEDRATINE
TME	TIMEDRATINE EST
EDY	EDEYEN
ACH	ACHEB
ACW	ACHEB WEST
API	American petro linstitute
ISO	International standards organization
ASTM	American Society for Testing and Materials
GPL	Gazde Pétrole Liquéfié
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
LGN	Liquide de Gaz Natural
HP	Hight Pressure
MP	Median Pressure
LP/BP	Low Pressure/ Bas Pression
MTC	Mafi-Trench
J-T	Joule Thomson
A.T.E	Automatic Thrust Equalizer

## Abréviation



**List des tableaux**

I I -1 : Les conditions de fonctionnement du turbo-expandeur EC-101 .....	22
I I-2 : Comparaison entre vanne joule Thomson et turbo-expandeur .....	26
I I I-1 : composition du gaz.....	34
I I I-2 : composition du mélange liquide vapeur calculée.....	36
I I I-3 : composition du mélange à l'entrée de Turbo-Expandeur.....	37
I I I-4 : les données de mélange H1 entrée Turbo-Expandeur.....	42
I I I-5 : Résultats calculées à la sortie de Turbo-Expandeur .....	47
I I I-6 : Le rendement isentropique et polytropic de la machine <b>EC101</b> .....	50
I I I-7 : Variation du rendement avec different pression.....	50
IV-1: Tableau cause –effet .....	55/56/57

**Liste des Figures**

I-1 : Carte de localisation géographique de La région Ohanet .....	2
I -2 : L'implantation des puits d'Ohanet .....	9
I-3: Diagram de CPF Ohanet.....	10
II -1 : Principe de fonctionnement de turbo expandeur.....	15
II -2 : les différentes composantes de turbo expandeur.....	16
II -3 : Schéma des IGV d'entrée de turbo expandeur .....	16
II -4 : Les roues d'expandeur compresseur.....	17
II -5 : Arbre d'entraînement .....	18
II -6 : Le labyrinthe de l'arbre sur les deux cotés (expandeur –compresseur) .....	18
II -7 : Les paliers avec un mur de chaleur (entretoise) .....	19
II -8 : le principe de fonctionnement d'A.T.E.....	19
II -9 : Le circuit du système d'huile de lubrification et de gaz d'étanchéité.....	20
II -10 : Système de contrôle de pompage.....	22
II -11 : Le procédé de refroidissement de turbo expandeur.....	24
II -12 : La variation d'enthalpie et entropie en fonction de pression et température.....	24
III -1 : Variation d'enthalpie en fonction de température $H = f(T)$ .....	49
III -2 : Variation d'entropie en fonction de température $S = f(T)$ .....	49
III -3 : Variation du rendement en fonction de pression.....	51
IV.1: Démontage des roues.....	58
IV.2: Démontage de l'entretoise Cote expandeur .....	59
IV.3: Démontage de l'entretoise Cote compresseur.....	59
IV.4: Extraction de la garniture d'étanchéité de l'arbre.....	60

## *Liste des Figures*

---

IV.5: Démontage des sondes de températures de deux paliers.....	61
IV.6: Extraction des paliers.....	61
IV.7: Nettoyage.....	62
IV.8: Installation Palier de l'expandeur.....	62
IV.9: Vérifie la résistance.....	63
IV.10: Installation Palier de compresseur .....	63
IV.11: Installation de l'arbre.....	64
IV.12: Vérification du jeu axial.....	64
IV.13: Installation de la garniture d'étanchéité de l'arbre.....	65
IV.14: Outil de montage de la garniture d'étanchéité d'arbre.....	65
IV.15: Montage du mur de chaleur cote expandeur.....	66
IV.16 : Installation de la garniture d'étanchéité de la roue de l'expandeur.....	66
IV.17: Installation de l'entretoise du compresseur plus la garniture d'etanchiete de la roue du compresseur.....	67
IV.18: Préparation de montage des roues.....	68
IV.19: Serrage de la tige de tension.....	68
IV.20: Installation de la sonde de température: presse étoupe conax.....	69

## **List des Annexes**

- II.1** : Les circuits des systèmes dans usine
- III.1** : l'enthalpie idéale pour l'état des gaz des composants.
- III.2** : l'enthalpie idéale pour l'état des gazeux de l'adjoint pur.
- III.3** : l'enthalpie idéale pour l'état des gaz de fraction pétrolière.
- III.4** : Effet de la pression sur l'enthalpie.
- III.5** : Effet de la pression sur l'enthalpie.
- III.6** : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.
- III.7** : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.
- III.8** : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.
- III.9** : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.
- III.10** : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.
- III.11** : l'enthalpie totale de la vapeur d'hydrocarbure de paraffine.
- III.12** : l'enthalpie totale de liquide d'hydrocarbure de paraffine.
- III.13** : l'enthalpie totale de liquide d'hydrocarbure de paraffine.
- III.14** : Entropie idéale pour l'état des gazeux de l'adjoint pur.
- III.15** : Effet de la pression sur l'entropie.
- III.16** : Effet de la pression sur l'entropie.
- III.17** : Nitrogène P-H Diagramme.
- III.18** : **Carbone** P-H Diagramme.

- III.19** : Méthane-H Diagramme.
- III.20** : Ethane P-H Diagramme.
- III.21** : Ethylène P-H Diagramme.
- III.22** : Propane P-H Diagramme.
- III.23** : Propylène P-H Diagramme.
- III.24** : i Butane P-H Diagramme.
- III.25** : n Butane P-H Diagramme.
- III.26** : i Pentane P-H Diagramme.
- III.27** : n Pentane P-H Diagramme.
- III.28** : Oxygène P-H Diagramme.
- IV.1** : Schéma technique du turbo expandeur.

## *Liste des Annexes*

---

# Introduction Générale

Un Turbo-Expandeur ou turbine à expansion est une machine qui convertit l'énergie d'un gaz (énergie cinétique) ou de la vapeur d'eau (énergie cinétique) en un travail mécanique lors de son expansion dans la turbine. Cette expansion se faisant très rapidement, cela réduit énormément la quantité de chaleur cédée ou reçue par le système, en conséquence et en accord avec le 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique: l'énergie interne d'un gaz décroît lorsque le travail est cédé ce qui a pour résultat une grande baisse de température. Ce ci fait que le Turbo-Expandeur fonctionne soit comme :

- producteur du froid (dans un circuit de réfrigération)
- producteur de travail mécanique dans les circuits de puissance.

D'où la grande utilisation des Turbo-Expandeurs dans le domaine de la cryogénie pour la production du froid

Nous avons effectué un stage pratique au sein de la région OHANET Wilaya d'Illizi, durant cette période nous avons profité de savoir les différentes techniques de traitement de gaz dans le CPF (Center Prosses Facilities), les installations de processus et les produits finals obtenus. Dont nous réalisons un travail sur la maintenance de turbo-expandeur EC-101 et calculer le rendement avec les paramètres actuel de process dans l'usine.

Nous allons étudier de turbo-expandeur, en distinguant les différentes parties constituant notre travail à savoir :

- ✚ Le premier chapitre présente la situation géologique du champ OHANET.
- ✚ Le deuxième chapitre présente la description générale de turbo-expandeur
- ✚ Le troisième chapitre est une partie de calculer qui contient la détermination de rendement avec les paramètres actuel.
- ✚ Le quatrième chapitre présente la maintenance de turbo-expandeur.

# *Chapitre IV*

La Maintenance d'un turbo expandeur

**La Maintenance d'un turbo expandeur**



## I. Généralités sur La Maintenance :

### I.1. Définition :

La maintenance est l'ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un système, un matériel, un appareil, etc. dans un état donné ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiées.

### I.2. But de la maintenance :

La maintenance a pour but :

- ☞ Le maintien du capital machine.
- ☞ La suppression des arrêts non programmés et des chutes de production (garantie de la capacité de livraison).
- ☞ L'amélioration de la sécurité et de la protection de l'environnement.
- ☞ Augmenter durée de vis de la machine.
- ☞ Le respect des impératifs de production et la conformité vis-à-vis de la réglementation en matière d'exploitation des appareils et équipements.
- ☞ L'exploitation rationnelle des équipements de production.

### I.3. Modes de Maintenance :

Il existe deux modes de maintenance[10] :

- **La maintenance en service (on-line) :** Elle s'effectue régulièrement pendant le fonctionnement des installations. Elle concerne en grande partie les machines tournantes.
- **La maintenance à l'arrêt (off ligne) :** Elle s'effectue durant l'arrêt d'unités (SHUT-DOWN) et concerne en grande partie les équipements statiques.

**II. Types de Maintenance :****II.1. La Maintenance Préventive :**

C'est celle effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Ce concept regroupe deux types d'opérations.

**II.1.1. La maintenance dite systématique :**

Selon le temps (durée de vie) de bon fonctionnement des différents composants d'un équipement, cette maintenance préventive est celle régulièrement effectuée.

**II.1.2. La Maintenance Conditionnelle :**

Elle fait suite à un constat ou informations données par les indicateurs de défaut :

- Usure d'une pièce,
- Autodiagnostic de l'équipement.
- Information d'un capteur sur l'état de fonctionnement (ou défaillance) de l'appareil.

La maintenance préventive peut être perturbée par :

- L'utilisation non stop des équipements.
- Le manque de documentations techniques définissant les échéances de remplacement de composants ou sous ensembles soumis aux lois de vieillissement.

**II.2. La maintenance curative :**

C'est l'opération qui consiste à rétablir un appareil dans un état de fonctionnement conforme aux spécifications techniques du constructeur suite à une défaillance constatée.

On dit dans le langage familier que l'appareil est tombé en panne. Cette situation est plus fréquente dans le cas où les opérations de maintenance préventive ne sont pas régulièrement effectuées.

La démarche consiste à :

- détecter la panne.
- localiser (circonscrire) la zone défaillante.
- remédier au défaut.

## IV-1. Tableau cause –effet[11]:

Conditions	Causes probables	Solutions
<b>-Température élevée de l'huile :</b>	<p>-L'huile ne passe pas dans le refroidisseur.</p> <p>-Mélange condensé à l'huile entraînant une viscosité basse</p>	<p>-Vérifiez le fonctionnement du ventilateur du refroidisseur.</p> <p>-Vérifiez que la vanne de régulation de température fonctionne correctement.</p> <p>-Vérifiez la viscosité de l'huile. Au besoin, remplacez par de l'huile fraîche.</p>
<b>-Butée non équilibrée en direction du palier de l'expander :</b>	<p>-L'étanchéité de la roue de l'expander a été éliminée et, de ce fait, la pression d'entrée est détectée derrière la roue, chargeant le palier de la butée de l'expander.</p> <p>-Les trous de dégagement de l'expander est bouchés, entraînant la montée de la pression derrière la roue, chargeant le palier de la butée de l'expander.</p>	<p>-Démontez, inspectez et réparez.</p> <p>-Le déshydrateur amont de l'expander est saturé ou ne fonctionne pas. La roue doit être dégelée par un courant gazeux butée chaud.</p>

<p><b>-Butée non équilibrée en direction du palier de compresseur :</b></p>	<p>-L'étanchéité de la roue du compresseur est éliminée, provoquée par une température excessive du compresseur.</p>	<p>-Démontez, inspectez et réparez.</p>
<p><b>-Gel de conduite de gaz d'étanchéité :</b></p>	<p>-La pression ou la température du gaz d'étanchéité est trop basse, le gaz de procédé refoule dans la conduite du gaz d'étanchéité.</p>	<p>- Vérifiez que le chauffage et le régulateur du gaz d'étanchéité fonctionnent correctement. Augmentez la pression du gaz d'étanchéité.</p>
<p><b>-Basse température du tuyau d'évacuation :</b></p>	<p>-La pression du gaz d'étanchéité est faible, permettant au gaz froid du procédé d'entrer dans le boîtier des paliers.</p>	<p>-Augmentez la pression du gaz d'étanchéité, vérifiez-la température de l'huile et augmentez-la.</p>
<p><b>-Une basse de la température du tuyau d'évacuation de l'huile de moins de 17 °C :</b></p>	<p>-La partie labyrinthe du mur de chaleur a été éliminée. Le gaz d'étanchéité n'assure plus la protection tampon avec le gaz froid de procédé.</p>	<p>-Démontez l'appareil, inspectez et au besoin, changez le mur de chaleur ou bien la garniture d'étanchéité de l'expander ou encore l'anneau d'étanchéité de l'arbre de l'expander.</p>

<p><b>-Pompage :</b></p>	<p>-le pompage se produit tant que 75 à 80% de l'écoulement normale n'est pas atteint, le fonctionnement sous pompage pendant plus de 10 à 15minutes peut endommager les paliers.</p>	<p>-Maintenez la dérivation du compresseur ouvert jusqu'à ce que l'expander atteigne 75 à 80% de sa capacité normale.</p>
<p><b>-Réduction de la viscosité de l'huile de lubrification :</b></p>	<p>-Dilution de l'huile de lubrification par l'absorption du gaz d'étanchéité. Ceci se produit si le gaz d'étanchéité est riche en composants d'hydrocarbures lourds.</p>	<p>-Utilisez une huile de viscosité plus élevée comme ISO VG68.</p>

### III. Problématique Turbo Expander EC201 :

Des vibrations excessifs sont apparues au niveau du côté compresseur du turbo-expander qui a déclenché la première alarme, après le déclenchement de cette dernière le niveau de vibration continue d'augmenter ce qui a obligé l'opérateur sa arrêter le Turbo-expander avant l'alarmes de trip, après l'arrêt et le démontage:

-Clarifier le problème de la défaillance du turbo-expandeur EC-101 du train 1 qui consiste au cisaillement des vis qui retiennent l'entretoise en acier contre l'entretoise en aluminium coté compresseur[10].

#### III.1.Démontage des roues :

- Dévissez les cônes (écrou) et ne retirez que le cône de l'expandeur laissez le cône avant du compresseur et la tige de tension dans l'arbre

Poussez la tige de tension en arrière afin qu'elle empêche la chute de la roue du compresseur et vissez l'outil d'extraction de la roue expandeur et retirez la roue avec les 4 clavettes

-Tirez le cône avant de la roue du compresseur et la tige de tension, vissez l'outil d'extraction dans la roue et séparer la roue de l'arbre avec les 4 clavettes

-Outillage utilisé : douille 2' ¼ ou 57 mm, clé a frappe ou a ouille 55, deux rallonges. Outil d'extraction spécial



Figure IV.1: Démontage des roues.

### III.1.1. Cote expandeur :

Démontage de l'entretoise (mure de chaleur) qui contient aussi l'anneau et la garniture d'étanchéité en dévissant les vis indique sur le schéma.

Outillage : clé a laine de 5/8', rallonge de force



Figure IV.2: Démontage de l'entretoise Cote expandeur .

### III.1.2.Cote compresseur :

Démontage de l'entretoise en acier puis l'entretoise en aluminium.

Outillage : clé a laine de 5/8' et 3/4.

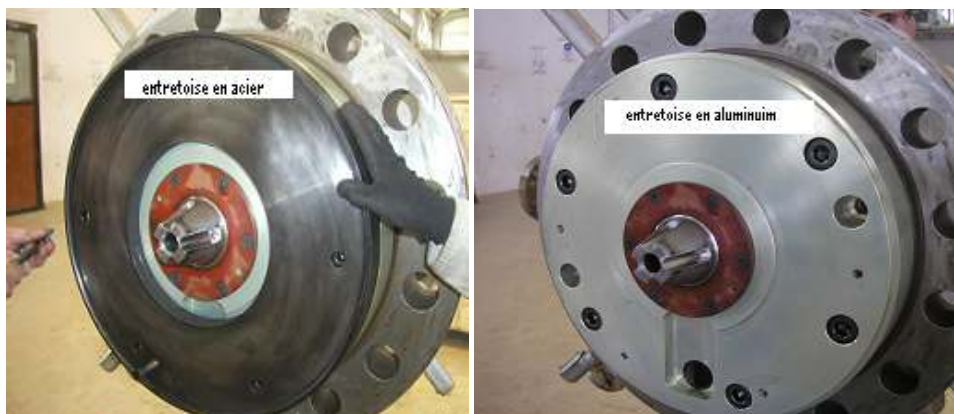


Figure IV.3: Démontage de l'entretoise Cote compresseur.



### III.2.Extraction de la garniture d'étanchéité de l'arbre (labyrinthe en acier) :



**Figure IV.4:** Extraction de la garniture d'étanchéité de l'arbre.

Placer la moitié de l'extracteur sous l'anneau de (labyrinthe), et placer la pièce d'entraînement fileté a l'intérieur de l'outil (extracteur), placer l'autre moitié et serrez l'assemblage avec un collier, tourner la tige fileté jusqu'à ce que le (labyrinthe) se libère.

Outillage spécifique d'extraction + 2 clés 32mm.

### III.3. Démontage des sondes de températures de deux paliers :

NB : fait attention de ne pas endommagé les files.



Figure IV.5: Démontage des sondes de températures de deux paliers .

#### III.3.1. Extraction des paliers :

Après le démontage d'un palier et pour faciliter le retrait de l'arbre utiliser une tige longue qui passe par le centre de l'arbre et se prolonge de l'autre coté pour permet a deux personne de soulever l'arbre.

Outillage : clé a laine 5/8', 2 vis longue pour extraction, élingue et une tige lisse



Figure IV.6: Extraction des paliers.

### III.3.2. Nettoyage :

Nettoyez les orifices de l'huile de lubrification et les orifices des gaz d'étanchéité, aussi les gorges des joints toriques



Figure IV.7: Nettoyage.

### III.3.3. Installation des paliers :

#### Palier de l'expandeur

Avant d'installer le palier placez un fil dans l'orifice de la sonde de température.

Huilez légèrement le boîtier du palier, et appliquer une légère couche de graisse sur le joint (o-ring) du palier, attacher les fils de la sonde du palier avec le fil précédant et tirez le.

Placez le palier dans son boîtier. Mettez un peu de loctite sur les boulons et fixer le palier



Figure IV.8: Installation Palier de l'expandeur.

Vérifiez la résistance pour vous assurer que les fils n'ont pas été endommagés pendant le montage des paliers.



**Figure IV.9:** Vérifiez la résistance.

#### **Palier du compresseur:**

Huilez légèrement le boîtier du palier, et appliquez une légère couche de graisse sur le joint (o-ring) du palier, attachez les fils de la sonde du palier avec le fil précédent et tirez-le.

Placez le palier dans son boîtier. Mettez un peu de loctite sur les boulons et fixez le palier.



**Figure IV.10:** Installation Palier de compresseur.

### III.4. Installation de l'arbre:

Pour faciliter l'installation de l'arbre ayant en disposition une tige qui passant par le centre de l'arbre, cette tige permet de soulever l'arbre d'une cote et en utilisant le palan de levage de l'autre cote

Placez la chemise de protection en bronze sur l'extrémité de l'arbre pour protéger les patins du palier, installer l'arbre.



Figure IV.11: Installation de l'arbre.

### III.5. Vérification du jeu axial:

En utilisant un comparateur a cadran, monte sur le boîtier de palier, vérifie le jeu axial, poussez l'arbre dans le boîtier en exercent un mouvement de va et viens

Comparez la valeur mesurée aux valeurs recommandées par MTC



Figure IV.12: Vérification du jeu axial.

### III.6. Installation de la garniture d'étanchéité de l'arbre:

Huilez légèrement l'arbre, et en utilisant l'outil de montage approprié, installez la garniture de l'arbre

Même opération sur les deux cotes (expandeur –compresseur)



**Figure IV.13:** Installation de la garniture d'étanchéité de l'arbre.

#### III.6.1. Outil de montage de la garniture d'étanchéité d'arbre :



**Figure IV.14:** Outil de montage de la garniture d'étanchéité d'arbre.

### III.6.2. Montage du mur de chaleur (entretoise) cote expandeur:

Installez les joints torique dans leur gorge, fixer l'entretoise, mettez un peu de loctite sur les boulons de fixation



**Figure IV.15:** Montage du mur de chaleur cote expandeur.

### III.6.3. Installation de la garniture d'étanchéité de la roue de l'expandeur:

Montez la garniture d'étanchéité de la roué d'expandeur sur celle de l'arbre, mettez un peu de loctite sur les vises et fixez la garniture



**Figure IV.16 :** Installation de la garniture d'étanchéité de la roue de l'expandeur.

### III.6.4. Installation de l'entretoise du compresseur plus la garniture d'étanchéité de la roue du compresseur:

Installez les joints toriques dans leur gorge, et placez les deux entretoises plus la garniture d'étanchéité du roué du compresseur, mettez toujours du loctite sur les boulons et les vises de blocage.



**Figure IV.17:** Installation de l'entretoise du compresseur plus la garniture d'étanchéité de la roue du compresseur.

### III.7. Préparation de montage des roues :

Placez la tige de tension dans l'arbre et enduisez les filetages avec un antigripant

Huilez l'extrémité de l'arbre, passez une couche de graisse sur les surface de contact des roues et sur les deux cone (cone du compresseur /expandeur)

Placez les deux clavette supérieur sur l'arbre, maintenez la roué de l'expandeur et placez les deux clavettes du bas dans leur rainures de la roué, placez la roue de l'expandeur, vissez le cone le plus loin possible

Même opération pour la roue du compresseur

Après avoir installez les deux roues, serrez les cone pour ajuste les filetages de la tige de tension afin que les filets soient reparti sur les cones

Après avoir ajustez les cones desserrez et serrez de nouveau les cones pour équilibrer l'engagement des filets de la tige de tension.



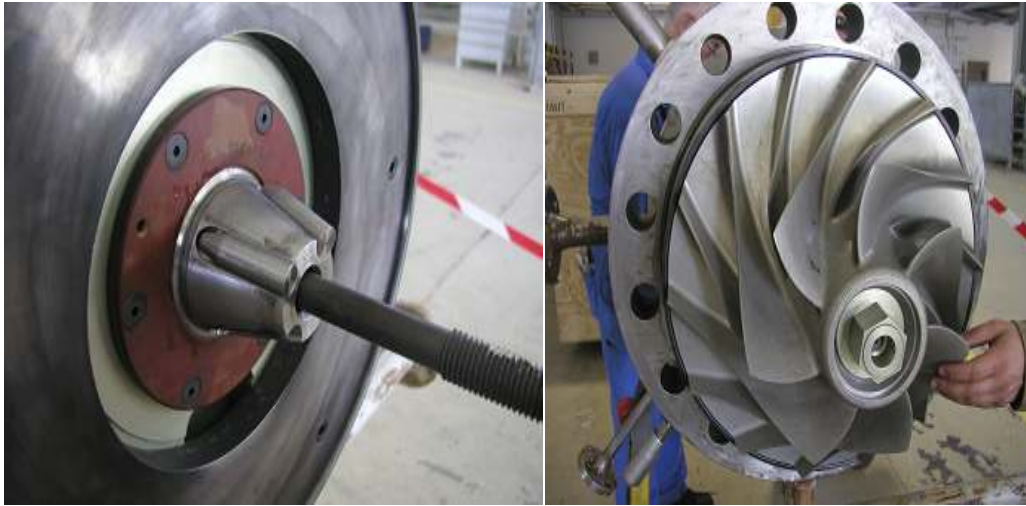


Figure IV.18: Préparation de montage des roues.

### III.8.Serrage de la tige de tension :

Fixez le cône de l'expandeur et serrez de l'autre cote (compresseur) de  $\frac{3}{4}$  de tour pour assurer un bon serrage de la tige de tension



Figure IV.19: Serrage de la tige de tension.

**III.9. Installation de la sonde de température: presse étoupe conax :**

Faites passer le fils par les tous de la pièce en céramique, puis par la pièce en Téflon, glisser les deux pièces le long des fils jusqu'a ce qu'elles s'encastrent dans base métallique, installez le couvercle métallique et serrez à fond

Revérifiez la résistance des fils pour vous assurez que les fils n'ont pas été coupes l'ors de l'installation



**Figure IV.20:** Installation de la sonde de température: presse étoupe conax.

# Conclusion Générale

Le turbo-expandeur est le cœur du process, donc il est nécessaire de le maintenir soigneusement afin de répondre aux exigences de production et de qualité. Ce dernier joue un rôle très important dans les taux de récupération des liquides.

D'après notre calcul, le rendement calculé de l'Expandeur EC-101 est de 76.26% il est inférieur à la valeur donnée par le constructeur qui est de 86%, cela est dû au déclin dans la production du gisement.

Pour améliorer le rendement on propose deux solutions possibles :

- Augmentation de la pression du gaz à l'entrée du train par la section de boosting.
- Assurer la maintenance du turbo-expandeur pour éviter les différentes causes qui influent sur le rendement (vibrations, frottements ...).

## **Bibliographie**

- [1] Documentation OHANET (SDTM, PFD, et PID).
- [2] Documentation *IFP TRINNING* le process de la liquéfaction manuel de formation cours EXP-PR-PR160 Révision 0.1.
- [3] TOUTAH Dahmane, 'Le procédé de traitement de gaz par le turbo-expandeur' Rapport de Stage pratique de fin de formation.
- [4] CHOUIHA Hicham, MANSOURI Abdelmalek, 'Study the Performance of TurboExpander (Expander)', Mémoire Master 2, université ouargla, 2015.
- [5] Documentation de « Cryostar process machinery» Turbo expander for a cold production and energy recovery.
- [6] Documentation de General Electric Company « Turboexpander-compressors» GE\_TXComp\_Brochure\_020310.
- [7] MR. JAMES SIMMS MACHINERY INTERNATIONAL, Fundamentals of turbo expander "BASIC THEORY AND DESIGN".
- [8] cours de thermopropulsion 1&2 polycopie 3ème année licence option propulsion faite par Dr HENNI MANSOUR Zoubir
- [9] Merie-Paule Bassez [http://chemphys .u-strasbg.fr/mpb](http://chemphys.u-strasbg.fr/mpb)
- [10] The "when, where ,& whow" to use loctite maintenance products HENKEL.
- [11] Tension or turque :which is more important ? << Dr FERNANDO , Ajax fasténer innovation>> .
- [12] Manuel de fonctionnent et d'entretien volume 1<< Système turboexpandeur-compresser MAFI –TRENCH comparation coummande N°561>>



# Annexes