

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Série...../2017

Université Kasdi Merbah Ouargla



*Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables et des sciences de la terre et de
L'univers*

Département de production des hydrocarbures

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option : Production Professionnelle

Présenté Par :

MAAMAR DJILALI Walid

-THÈME-

*Modélisation des propriétés thermodynamiques du gaz naturel Algérien avec une
nouvelle corrélation de Peng Robinson modifiée*

Soutenu le : 28 / 05 / 2017 devant la commission d'examen

Jury :

Président : DADA Saada	M.A.A	UKM, Ouargla
Examineur : CHEBOUT Mohamed Seddik	M.A.B	UKM, Ouargla
Rapporteur : SID ROUHOU Hadj Mohammed	M.A.A	UKM, Ouargla

Année universitaire : 2016/2017



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à .

À mon cher père Boualem ;

À ma chère Mère ;

À mes deux sœurs,

Yasmine, Khayra,

À mon épouse Rania ;

À tous mes amis et mes profs .

W. MAAMAR DJ LALI





Remerciements

Premièrement je remercie énormément « ALLAH » qui m'aide et me donne la volonté, la patience et le courage dans tous les domaines de la vie et de m'avoir permis d'en arriver là.

Deuxièmement j'adresse mes remerciements les plus sincères à Monsieur SIDROUHO Djamal qui m'a permis de bénéficier de son encadrement, son aide et ses conseils précieux.

Un immense remerciement aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon modeste travail en acceptant de l'examiner.

Je remercie aussi tous ceux qui m'ont aimablement apporté une aide pour la réalisation de cette mémoire, mon épouse Rania, mes amis Abdelatif et Khaled, Abderezzak

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous les professeurs qui m'ont enseigné et qui par leurs compétences j'ai soutenu dans la poursuite de mes études.

Enfin, je n'oublie pas de remercier particulièrement ma mère : **Mahjouba** .

Liste des abréviations

P : Pression(Psig)

T : Température (°C)

V : Volume (Cm 3)

Tg : Température de gisement (°R)

Tc : Température critique (°R)

Pc : Pression critique (Psig/ Psig)

Tr : Température réduite (°R)

Pr : Pression réduite (Psig/ Psig)

Tpc : Température pseudo-critique (°R)

Ppc : Pression pseudo-critique (Psig/ Psig)

Tpr : Température pseudo-réduite (°R)

Ppr : Pression pseudo-réduite (Psig/ Psig)

d : Densité du gaz par rapport à l'air -

M : Masse molaire G/Mole

Z : Facteur de compressibilité du gaz -

R : Constant des gaz Psi-ft³/ Lb-Mole-°R

ω : Facteur acentrique

Yi : Fraction molaire du composant i (%) le mélange de gaz

Kij : Coefficient d'interaction binaire -

Ei : Erreur

Er : Erreur moyen

Ea : Erreur absolue

S : Déviation standard

a : Terme de paramètre d'attraction

b : Le covolume

A : Constant sans dimension ($aP/R2T2$)

B : Constant sans dimension (bP/RT)

C : Constant sans dimension (cP/RT)

EOS: Equation of state

MLN: Manzel Lajment Nord

Liste des table

Tableau I : Représente les coefficients d1, d2, d3 de chaque constituant	5
Tableau II: Représente les coefficients c1, c2 et c3 de chaque constituant.....	6
Tableau III : Les coefficients m1, m2, m3 de chaque constituant.....	7
Tableau IV : Donnée du champ(MLN)	8
Tableau V : La variation de facteur de compressibilité Z par rapport du temps.....	11
Tableau VI : Variation de la composition de gaz par rapport au temps.	12
Tableau VII : le facteur acentrique des constituants.....	13
Tableau VIII : La température et pression critique de constituants du gaz "Hassi-Berkin".	14
Tableau IX : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Peng Robinson (PR EOS) pour champ MLN.	16
Tableau X : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation d'Androlakis pour champ MLN.....	18
Tableau XI : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Coquelet pour champ MLN.	20
Tableau XII : Etude statistique de facteur (Z) par la nouvelle corrélation du Saffari et Alireza (PR EOS) pour champ. MLN.	22
Tableau XIII : Les erreurs absolues et R ² de chaque équation(Originale)	23
Tableau XIV : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Peng Robinson modifiée (PR EOS) pour champ MLN	26
Tableau XV : Les valeurs des coefficients d1, d2, d3 modifiée.....	27
Tableau XVI : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation d'Androlakis modifiée pour champ MLN.....	29
Tableau VXXVIII : représente les coefficients c1, c2 et c3 de chaque constituant.	30
Tableau XVIII : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Coquelet modifiée pour champ MLN.....	32
Tableau XIX : Les coefficients modifié m1, m2, m3 de chaque constituant	33
Tableau XX : étude statistique de facteur (Z) par la nouvelle corrélation modifiée de Saffari et Alireza (PR EOS) pour champ MLN.	35
Tableau XXI : L'erreurs absolue et R ² des équation modifiée.....	36

Liste des figures

Figure 1 : Les étapes de reconstitution du gaz naturel	9
Figure 2: Un cylindre	10
Figure3: Une pompe.....	10
Figure 4 : Une cellule PVT d'échantillon. Volumétrie à haute pression.	10
Figure 5 : L'appareil d'étude PVT et Un système vidéo à haute résolution.....	10
Figure 6 :La comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation Peng Robinson PR(Eos)	15
Figure 7 :La comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation Peng Robinson PR(Eos)	15
Figure 8 : comparaison de Z expérimentale et Z calculé par PR en modifiant le coefficient α par l'équation d'Androlakis	17
Figure 9 : comparaison de Z expérimentale et Z calculé par PR en modifiant le coefficient α par l'équation d'Androlakis	17
Figure 10 : comparaise entre Z expéremmentale et Z2 claculé par la méthode de Coquelet	19
Figure 11 :comparaise entre Z expéremmentale et Z2 claculé par la méthode de Coquelet	19
Figure 12 : Comparaison entre Z expérimentale et Z3 calculé par la nouvelle équation α du Saffari et Alireza.	21
Figure 13 : Comparaison entre Z expérimentale et Z3 calculé par la nouvelle équation α du Saffari et Alireza.	21
Figure 14 : Comparaison entre les erreurs des équations (original).....	23
Figure 15 : Comparaison de R^2 de chaque équation (original).....	24
Figure 16 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Peng Robinson modifiée.	25
Figure 17 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Peng Robinson modifiée	25
Figure 18 : Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation d'Androlakis modifiée..	28
Figure 19 : Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation d'Androlakis modifié.....	28
Figure 20 : comparaison de Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Coquelet modifiée.....	31
Figure 21 : comparaison de Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Coquelet modifiée.....	31
Figure 22 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par la nouvelle équation α modifiée du Saffari et Alireza	34
Figure 23 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par la nouvelle équation α modifiée du Saffari et Alireza	34
Figure 24 : Comparaison entre l'erreur de chaque équation (modifiée)	36
Figure 25 : Comparaison de R^2 de chaque équation (modifiée).....	37

Table des matières

<i>Dédicace</i>	II
Remerciements	III
Liste des abréviations	IV
Liste des table.....	V
Liste des figures	VI
Table des matières	VII
Introduction Générale.....	2
I.1 Introduction.....	4
I.2 L'équation de Peng Robinson	4
I.3 l'équation d'Androlakis	5
I. 3 Equation de Coquelet.....	6
I.4 Nouvelle équation α du Saffari et Alireza :	6
Chapitre. II : Acquisition des données	8
II.1 Introduction	8
II.2 Etude expérimentale	8
I.2.1 Donnée du Champ (MLN)	8
II.2.2 Organigramme du Travail.....	9
II.3 Vue de l'appareil PVT utilisé dans laboratoire PVT (DTD)	9
II.3. Les données obtenues	11
II.3.1 Champ MLN (Hassi Berkin)	11
II.4. Le facteur acentrique :	12
Chapitre. III : Résultat et discussion	15
III.1 Introduction	15
III.2 l'équation de Peng Roinson.....	15
III.3 L'équation de α par Androlakis.....	17
III.4 l'équation de Coquelet.....	19
III.5 Nouvelle corrélation α du Saffari et Alireza	21
III.6 l'équation d'Androlakis modifiée.....	27
III.7 l'équation de Coquelet modifiée	30
III.8 La nouvelle équation α du Saffari et Alireza modifiée.....	33

Conclusion générale	38
References bibliographies	A
Annexes.....	B

Résumé

Les équations d'état cubiques (EOS) sont simples et faciles au calcul. La méthode d'améliorer l'exactitude d'une EOS cubique est par la modification du paramètre température-dépendant d'énergie en employant l'alpha-fonction. Les applications industrielles du gaz naturel sont très larges et en conséquence prévision des propriétés thermodynamiques et le comportement de phase du gaz naturel est une partie importante de conception pour tels processus. Dans ce travail on développe une nouvelle fonction α pour l'EOS de Peng-Robinson (P.R.) avec les paramètres optimisés particulièrement pour des composants de gaz naturel. Les résultats sont comparés aux prévisions de la EOS de P.R originale et d'autre fonctions du α en littérature, on déduit le facteur de compressibilité, On montre que la nouvelle fonction α présente une bonne exactitude avec une erreur absolue de 0.999 pour des composants de gaz naturel.

Mots-clés : Peng-Robinson, équation d'état, gaz naturel, nouvelle fonction α , facteur de compressibilité

ملخص:

المعادلات المكعبة (Eos) هي بسيطة وسهلة لحساب طريقة تحسين دقة EOS مكعب عن طريق تغيير معاملات الطاقة التي تعتمد على درجة الحرارة باستخدام معادلة α . التطبيقات الصناعية للغاز الطبيعي واسعة جداً، وبالتالي توقع الخصائص الحرارية وسلوك الغاز الطبيعي هو جزء مهم من تصميم لمثل هذه العمليات. في هذا العمل الذي نقوم بتطوير α معادلة جديدة ل EOS عن طريق (P.R.) مع إعدادات الأمثل وخاصة بالنسبة لمكونات الغاز الطبيعي. تتم مقارنة النتائج مع توقعات EOS PR الأصلية وغيرها من α ، ونحاول حساب معامل الانضغاط من خلالها، يظهر أن α الجديدة لديها دقة جيدة مع وجود خطأ المطلق يقدر بـ 0.999 لمكونات الغاز الطبيعي.

كلمات مفتاحية:

PR, معادلة الحالة، والغاز الطبيعي، معادلة α ، عامل الانضغاطية

Abstract

The cubic equations of state (EOS) are simple and easy with calculation. The method to improve the exactitude of a cubic EOS is by the modification of the parameter temperature-dependent on energy by employing the alpha-function.

The industrial applications of natural gas are very broad and in consequence, forecast of the thermodynamic properties and the behavior of phase of natural gas is a significant part of design for such processes. In this work, we develop new α function for the EOS of Peng Robinson (P.R.) with the parameters optimized particularly for natural gas components. The results are compared with the forecasts of the EOS of original P.R. and of other α - functions in literature, One is shown him that new α function presents a good exactitude with an absolute error of 0.999 for natural gas components.

Key word: Peng-Robinson key words, equation of state, natural gas, α - function, factor of compressibility.

Introduction Générale

Le gaz naturel est un combustible fossile présent naturellement sous forme gazeuse dans les roches poreuses du sous-sol. Utilisé comme source d'énergie, le gaz est composé d'hydrocarbures : principalement du méthane (CH_4) mais aussi du propane (C_3H_8), du butane (C_4H_{10}), de l'éthane (C_2H_6) et du pentane (C_5H_{12}). [8]

Il est généré à partir de la sédimentation de matière organique vieille de plusieurs millions d'années. Le plus souvent, la matière organique enfouie dans le sous-sol se transforme d'abord en kérogène, sous l'effet de la pression et de la température. Lorsque la température augmente (entre 50 et 120°C), le kérogène se décompose. Appelée pyrolyse, cette décomposition thermique expulse deux hydrocarbures : le gaz naturel et le pétrole qui constituent, dans une roche imperméable, un gisement. Entre 1,5 et 3 km de profondeur, le gaz et le pétrole sont présents dans les mêmes gisements. [8]

Le gaz naturel peut être de diverses natures : il est dit thermogénique lorsqu'il provient de la transformation de matière organique sous l'effet de la pression et de la chaleur et il est dit biogénique lorsqu'il est généré à partir de la fermentation de bactéries présentes dans les sédiments organiques. [6]

Le gaz concentré dans les roches est naturellement piégé sous pression sous une couverture imperméable permettant l'existence d'un gisement. Le gaz non associé est présent dans les gisements de pétrole mais il n'est pas mélangé à ce dernier. Le gaz associé est présent en solution dans le pétrole et doit être séparé lors de l'extraction de ce dernier. Autrefois

considéré comme un déchet, il est aujourd'hui, soit réinjecté dans les gisements de pétrole pour y maintenir la pression, soit valorisé. [8]

L'exploration consiste à rechercher les gisements. Des techniques de cartographie et de sismographie permettent d'identifier les réserves potentielles de gaz techniquement et économiquement exploitables. Le forage permet de confirmer la présence d'un gisement et de déterminer son potentiel économique. [8]

Le secteur économique de l'énergie en Algérie occupe une place prédominante dans l'économie de l'Algérie : les hydrocarbures à eux seuls représentent 30 % du PIB, 60 % des recettes du budget et 95 % des recettes d'exportation. L'Algérie est en 2015 le 18^e producteur de pétrole, le 10^e producteur de gaz naturel et le 6^e exportateur de gaz naturel au monde. [7]

Maintenant que la demande sur l'énergie propre est en croissance, il est donc devenu nécessaire de procéder à une estimation précise des réserves de gaz existants , de développer les méthodes de récupération du gaz de réservoir , d'augmenter les capacités de stockage et de transport et de multiplier les installations de traitement de ce gaz. Il est également nécessaire d'appliquer les normes de sécurité et de fabrication les plus rigoureuses dans le traitement et la compression du gaz, à titre d'exemple l'erreur de (21%) dans la valeur du facteur de compressibilité du gaz provoque une erreur environ 9% dans le volume de dosage de ce gaz, ce qui engendre une grande perte d'argent pour le fournisseur ou pour l'acheteur du gaz. [7] Dans ce travail on va appliquer différentes équation pour le calcul du facteur de compressibilité de pétrole algérienne. Donc, les principaux buts de ce travail sont résumés comme suit : - Une étude expérimentale du gaz naturel Algérien, avec un accent au détriment du facteur de compressibilité.

- Une étude statistique des différentes corrélations existant pour calculer le facteur de compressibilité du gaz et une tentative pour les développer avec ce qui correspond au mieux au gaz naturel Algérie, Pour atteindre ces objectifs, le présent mémoire est organisé, en trois chapitres ;
- le protocole expérimental est détaillé dans le premier chapitre de ce mémoire.
- Le deuxième chapitre de ce mémoire porte sur l'analyse et modélisation des corrélations de la facture de compressibilité Z.
- La troisième chapitre est réservé pour les résultats et discussion.

Chapitre. I : Les équations d'état

I.1 Introduction

Dans ce chapitre on va présente notre travail, dont il consiste l'application de la méthode de Peng Robinson, par l'application des déférente équations pour le but de diminuer l'erreur obtenus par la méthode Peng Robinson original dans le calcul de facteur de compressibilité Z.[8]

I.2 L'équation de Peng Robinson [1]

Peng et Robinson (1976) ont proposé une nouvelle équation en modifiant le terme attractif dans le but de répondre aux besoins suivants :

- Exprimer les paramètres en fonction des propriétés critiques et du facteur acentrique.
- Reproduire des résultats raisonnables au voisinage du point critique, plus particulièrement pour le calcul du facteur de compressibilité et de la densité liquide.
- L'équation doit être applicable pour tous les calculs des propriétés des fluides dans les procédés du gaz naturel.

L'équation de PR s'écrit : [1]

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V(V+b) + b(V-b)} \quad (1)$$

Avec :

$$a = 0,427235 * \frac{\alpha(T_r)(RT_c)^2}{P_c} \quad (2)$$

$$\alpha(T_r) = [1 + m(1 - T_r^{0,5})]^2 \quad (3)$$

$$b = 0,077796 * \frac{RT_c}{P_c} \quad (4)$$

$$m = 0,37646 + 1,54226 * w - 0,26992 * w^2 \quad (5)$$

La forme cubique de l'équation PR est la suivante : [1]

$$Z^3 - (1-B) Z^2 + (A-2B-3B^2) Z - (AB-B^2-B^3) = 0 \quad (6)$$

La modification de PENG-ROBINSON a amélioré sensiblement la prédiction de la densité liquide dont les écarts varient entre 5% pour des températures réduites inférieures à 0.65 à 15% au voisinage du point critique. [9]

L'équation de PR a eu un succès aussi retentissant que l'équation SRK, aussi bien dans des applications scientifiques qu'industrielles. [9]

En premier nous essayons de calculer le facteur de compressibilité par cette méthode ou

$$\alpha(T_r) = [1 + m(1 - T_r^{0,5})]^2$$

I.3 l'équation d'Androlakis [1]

Androlakis propose une nouvelle équation α pour l'équation de Peng et Robinson, cette équation peut réduire l'erreur faite dans le calcul de facteur de compressibilité Z par le Peng Robinson original.

L'équation s'écrit sous la forme : [1]

$$\alpha(T) = 1 + d_1(1 - T_r^{2/3}) + d_2(1 - T_r^{2/3})^2 + d_3(1 - T_r^{2/3})^3$$

Où d_1 , d_2 , d_3 sont des paramètres ajustés à des conditions expérimentales d'équation du nouveau α

Les coefficients d_1 , d_2 , d_3 représentés de tableau suivant : [1]

Tableau I : Représente les coefficients d_1 , d_2 , d_3 de chaque constituant

	d1	d2	d3
C1	0.622	0.418	0,49
C2	0,79	0.9	0,4336
C3	0,921	0.127	0,489
iC4	0,95	0,402	0,11
nC4	1.01	0,33	0,36
iC5	1,16	0,03	0,1
nC5	1,15	0,125	0,965
C6	1,215	0,4515	0,545
N2	0,1255	0,5656	1,671
CO2	0.65	0.5	0.0001
O2	0,525	0,013	0,02645

I. 3 Equation de Coquelet

Coquelet propose une autre équation pour α , cette dernière équation peut s'écrire sous la forme. [1]

$$\alpha(T) = \exp[c_1(1 - T_r) \left[1 + c_2(1 - T_r^{1/2})^2 + c_3(1 - T_r^{1/2})^3 \right]]$$

Où c_1 , c_2 , c_3 sont des paramètres ajustés à des conditions expérimentales d'équation du nouveau α . Ces coefficients sont représentés dans le tableau ci-dessous : [1]

Tableau II: Représente les coefficients c_1 , c_2 et c_3 de chaque constituant.

	c1	c2	c3
C1	0,4126	-0,0321	0,3552
C2	0,5451	-0,0088	0,3433
C3	0,563	0,3768	-0,2648
iC4	0,6478	0,2443	-0,0082
nC4	0,6478	0,2443	-0,0082
iC5	0,747	0,0445	0,3646
nC5	0,747	0,0445	0,3646
C6	0,7996	0,17	0,0866
N2	0,4617	-0,1792	0,8821
CO2	0,7114	-0,1786	1,6452
O2	0,5645	0,7856	0,5646

I.4 Nouvelle équation α du Saffari et Alireza : [1]

Saffari et Alireza proposent une autre équation pour α pour l'équation de Peng Robinson, cette équation s'écrit sous la forme :

$$\alpha(T) = \exp[m_1 T_r + m_2(1 - T_r) + m_3(1 - T_r^{-1})]$$

Dont m_1 , m_2 , m_3 sont des paramètres ajustés à des conditions expérimentales d'équation du nouveau α .

Les valeurs de m1, m2, m3 représenté dans le tableau suivant [1]

Tableau III : Les coefficients m1, m2, m3 de chaque constituant

	m1	m2	m3
C1	0,0236	0,5964	0,2658
C2	0,0047	1,536	1,0638
C3	0,3786	0,101	1,223
iC4	0,595	0,078	0,98
nC4	0,695	0,035	0,885
iC5	0,8552	0,4	0,958
nC5	0,6	0,61	0,665
C6	0,954	0,755	0,861
N2	0,0045	1,39	1,654
CO2	0,00635	1,491	0,718
O2	0,158	0,865	0,36

Chapitre. II : Acquisition des données

II.1 Introduction

L'utilisation d'une équation d'état pour reproduire les propriétés thermodynamiques des corps purs et des mélanges, fait l'objet de recherche par les thermodynamiciens depuis plus d'un siècle. En effet, depuis que VAN DER WAALS a proposé sa célèbre équation d'état cubique, un nombre très important de publications ont vu le jour. Avec le développement de l'informatique, l'utilisation d'expressions analytiques de plus en plus performantes permet la prédiction des propriétés thermodynamiques avec une très grande précision. Ceci a une grande importance, lors la détermination de cette dernière telle que le facteur de compressibilité. [9]

II.2 Etude expérimentale

I.2.1 Donnée du Champ (MLN) [10]

Tableau IV : Donnée du champ(MLN)

Champ	MLN
Type d'échantillonnage	Surface
Type de fluide	Gaz naturel
Pression de T441 (Psig)	537,654
Température de T441 (R°)	557,676
Le facteur de compressibilité Z	0,9

II.2.2 Organigramme du Travail

✓ 1^{ère} étape : Reconstitution du gaz naturel

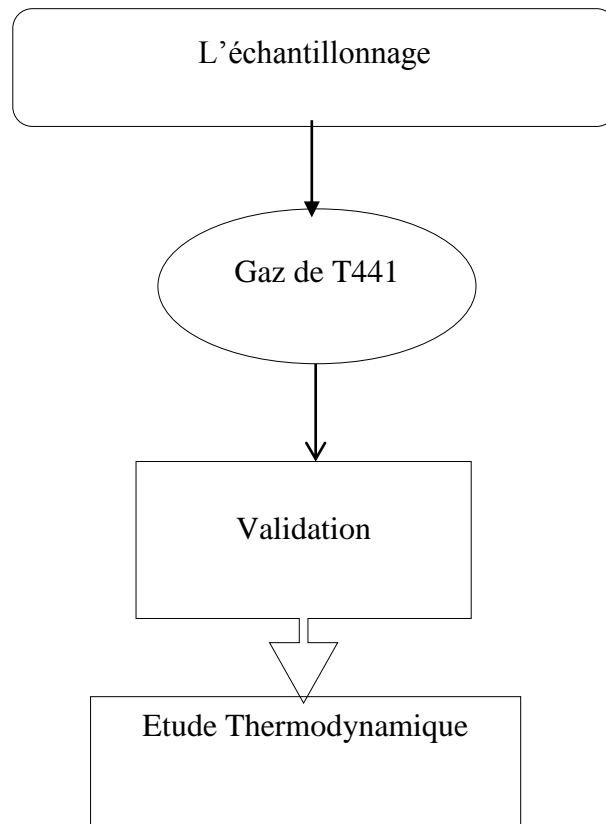


Figure 1 : Les étapes de reconstitution du gaz naturel

II.3 Vue de l'appareil PVT utilisé dans laboratoire PVT (DTD) [10]

L'appareil utilisé est un équipement fabriqué par l'entreprise Canadienne Robinson et Associates. Généralement l'appareil comporte plusieurs éléments dont les plus importants sont :

- Une étuve de type DBR. - un cylindre d'échantillon.
- Une cellule PVT. - Un système vidéo à haute résolution.
- Une pompe volumétrique à haute pression.



Figure 2: Un cylindre [10]



Figure3: Une pompe [10]

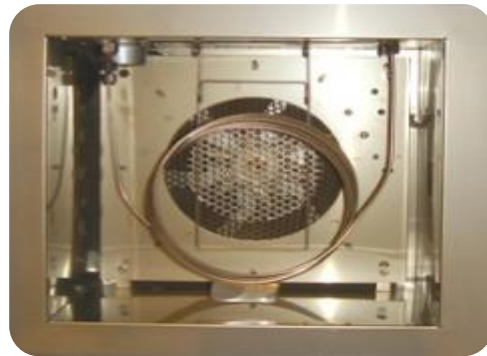


Figure 4 : Une cellule PVT d'échantillon. Volumétrie à haute pression. [10]



Figure 5 : L'appareil d'étude PVT et Un système vidéo à haute résolution. [10]

II.3. Les données obtenues

Les données utilisées dans cette étude ont été obtenues à partir d'une analyse expérimentale de plusieurs échantillons provenant de différents types des gaz de champ MLN (Hassi Berkin) de l'Algérie.

II.3.1 Champ MLN (Hassi Berkin) [10]

Tableau V : La variation de facteur de compressibilité Z par rapport du temps.

La date	Z (Expérimentale)
17-oct-16	0,9085
03-nov-16	0,9099
16-nov-16	0,9107
02-déc-16	0,9108
17-déc-16	0,9110
02-janv-17	0,9098
15-janv-17	0,9314
31-janv-17	0,9094
15-févr-17	0,9084
03-mars-17	0,9233
13-mars-17	0,9093

- La température et la pression pour ce champ est toujours 557,676 R° et 537,654Psig.

Tableau VI : Variation de la composition de gaz par rapport au temps.

Date	COMPOSITION										
	O2	N2	CO2	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	nC5	C6+
17 Oct-16	0,09	0,77	1,24	77,08	12,47	5,92	0,65	1,20	0,30	0,25	0,03
03 Nov-16	0,02	0,27	0,20	78,47	12,79	6,05	0,63	1,09	0,25	0,21	0,02
16 Nov-16	0,22	0,20	0,22	78,76	12,71	5,81	0,59	1,04	0,24	0,19	0,02
02 Dec-16	0,13	0,54	0,21	78,40	12,72	5,90	0,59	1,05	0,24	0,19	0,03
17 Dec-16	0,02	0,52	0,22	78,54	12,65	5,99	0,62	1,02	0,21	0,17	0,04
02 Jan-17	0,06	0,48	0,14	78,01	12,94	6,25	0,66	1,13	0,01	0,24	0,08
15 Jan-17	0,11	0,54	0,57	88,61	7,81	1,34	0,35	0,50	0,06	0,08	0,03
31 Jan-17	0,74	0,02	0,27	78,56	12,26	5,94	0,64	1,09	0,23	0,19	0,06
15 Feb-17	0,03	0,39	0,18	77,71	13,02	6,37	0,65	1,15	0,26	0,21	0,03
03 Mar-17	0,04	0,49	0,44	82,80	13,34	1,51	0,30	0,59	0,26	0,20	0,05
13 Mar-17	0,02	0,25	0,19	77,65	12,85	6,85	0,62	1,09	0,24	0,19	0,05

II.4. Le facteur acentrique : [2] [3] [4] [5]

Le facteur acentrique ω_i d'un corps pur se calcule selon la formule :

$$\text{Facteur acentrique: } w = \log(P_r^{sat}) - 1 \text{ à } T_r = 0,7$$

Avec :

- $T_r = \frac{T}{T_c}$ la température réduite
- T la température .
- T_c la température critique du corps pur.
- $P_r^{sat} = \frac{p^{sat}}{P_c}$ la pression de vapeur saturante réduite
- p^{sat} la pression de vapeur saturante du corps pur à T
- P_c la pression critique du corps pur

On peut considérer le facteur acentrique comme une mesure de la non-sphéricité (acentricité) des molécules. Les gaz monoatomiques tels que l'argon, le krypton, le xénon, ou dont la molécule peut être considérée comme sphérique comme le méthane, ont un facteur acentrique nul ou proche de zéro : en effet, pour ces gaz à symétrie sphérique on constate expérimentalement de façon générale que $P_r^{sat}(T_r = 0,7) \approx 0,1$

Donc on ne peut pas calculer les facteurs acentriques des constituants que de $Tr=0.7$

- On donne les différentes valeurs de facteur acentrique pour les constituants de mélange du gaz étudié. [2] [3] [4] [5]

Tableau VII : le facteur acentrique des constituants

Les constituants	ω_i
C1	0,0115
C2	0,0995
C3	0,1523
iC4	0,1770
nC4	0,2002
iC5	0,2275
nC5	0,2515
C6 ⁺	0,3013
N2	0,2250
CO2	0,0400
O ₂	0,022

Tableau VIII : La température et pression critique de constituants du gaz "Hassi-Berkin".

	Tci	Pci
Compositions	R°	Psi
C1	343,08	667,755
C2	549,72	707,7854
C3	665,64	616,2665
iC4	734,76	529,0986
nC4	765,36	550,7093
iC5	828,72	490,3735
nC5	845,46	488,633
C6	913,32	436,8545
N2	227,34	492,9842
CO2	547,56	1070,671
O2	278,0658	731,3092

- Ces propriétés critiques est obtenus à partir des plusieurs analyse de PVT des échantillons. [10]

Chapitre. III : Résultat et discussion

III.1 Introduction

On' est arrivé du résultat et discussion, dans ce chapitre on présente tous les résultats d'équations appliqué pour déterminer le facteur de compressibilité Z, on discute les erreurs obtenus à les déférentes équations utilisés pour la calculé de Z, l'erreur est déterminé par rapport à les données expérimentale obtenus de champs, dont l'équation de faible erreur est le meilleure pour la prédiction de facteur de compressibilité.

III.2 l'équation de Peng Roinson

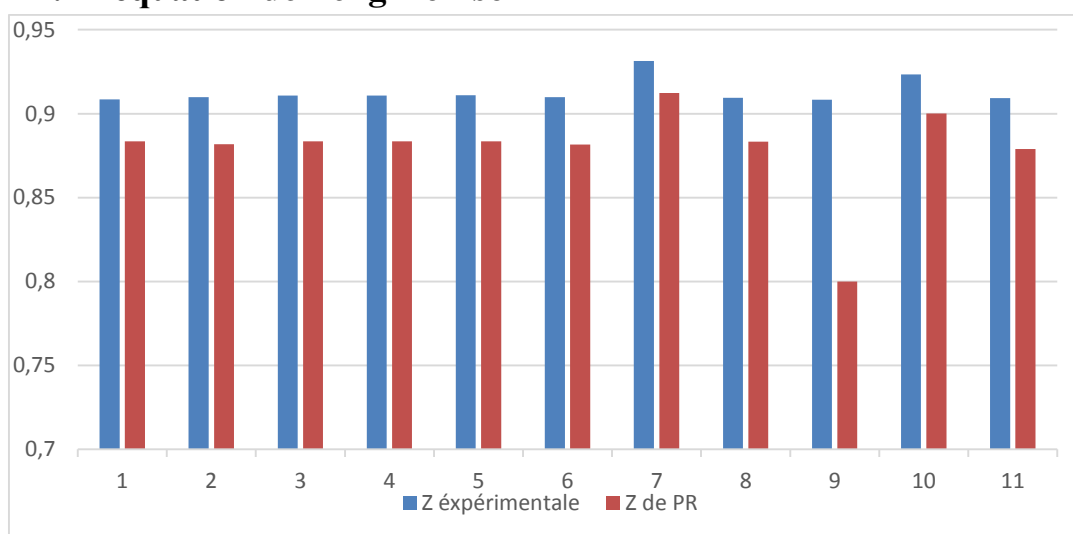


Figure 6 : La Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation Peng Robinson PR(Eos)

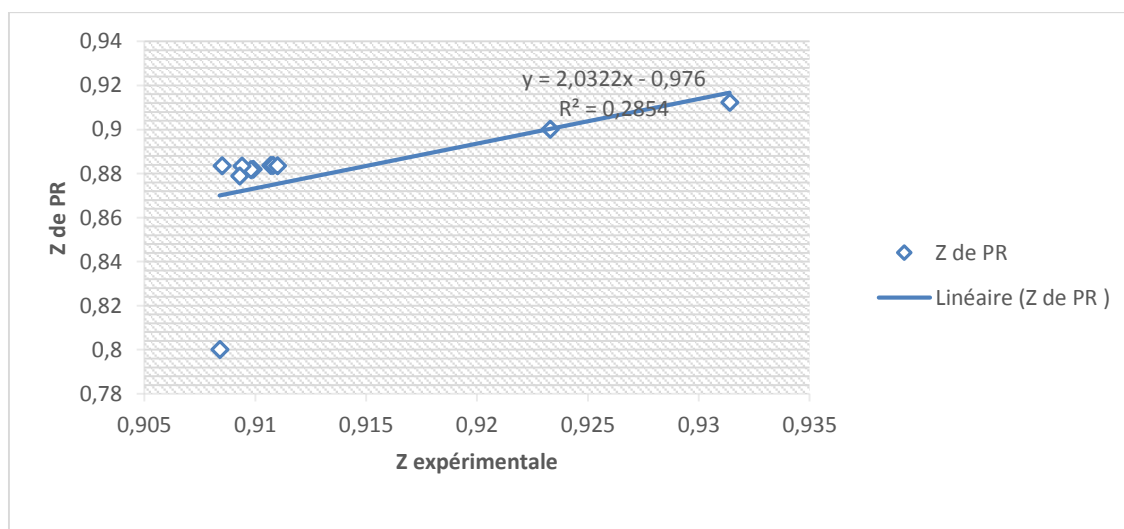


Figure 7 : La Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation Peng Robinson PR(Eos)

Tableau IX : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Peng Robinson (PR EOS) pour champ MLN.

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,908	0,883	2,829	2,829	1,181	3,917	3,917	13,55	2,093	3,066
2	03-nov	0,909	0,881	3,174	3,174	0,550					
3	16-nov	0,910	0,883	3,066	3,066	0,722					
4	02- déc	0,910	0,883	3,078	3,078	0,702					
5	17-dec	0,911	0,883	3,112	3,112	0,646					
6	02-jan	0,909	0,881	3,187	3,187	0,532					
7	15-jan	0,931	0,912	2,093	2,093	3,323					
8	31-jan	0,909	0,883	2,954	2,954	0,925					
9	15-fév	0,908	0,8	13,55	13,55	92,799					
10	03-mars	0,923	0,9	2,577	2,577	1,793					
11	13-mars	0,909	0,878	3,458	3,458	0,209					

La discussion :

On a trouvé une erreur absolue de 3,917 elle est vraiment très grand, donc la valeur de Z est plus loin de la valeur expérimentale. Cette relation est de plus grand erreur comparant des autres relations.

Donc on va essayer le diminuer par une autre valeur modifier.

III.3 L'équation de α par Androlakis

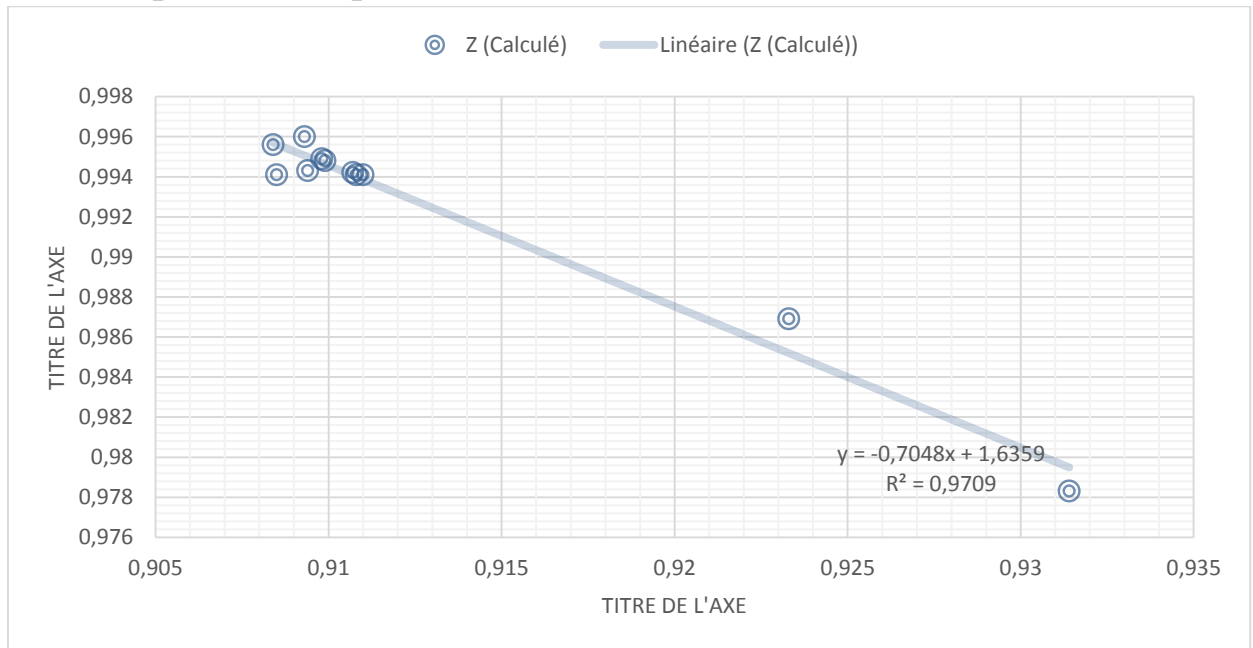


Figure 8 : Comparaison de Z expérimentale et Z calculé par PR en modifiant le coefficient α par l'équation d'Androlakis

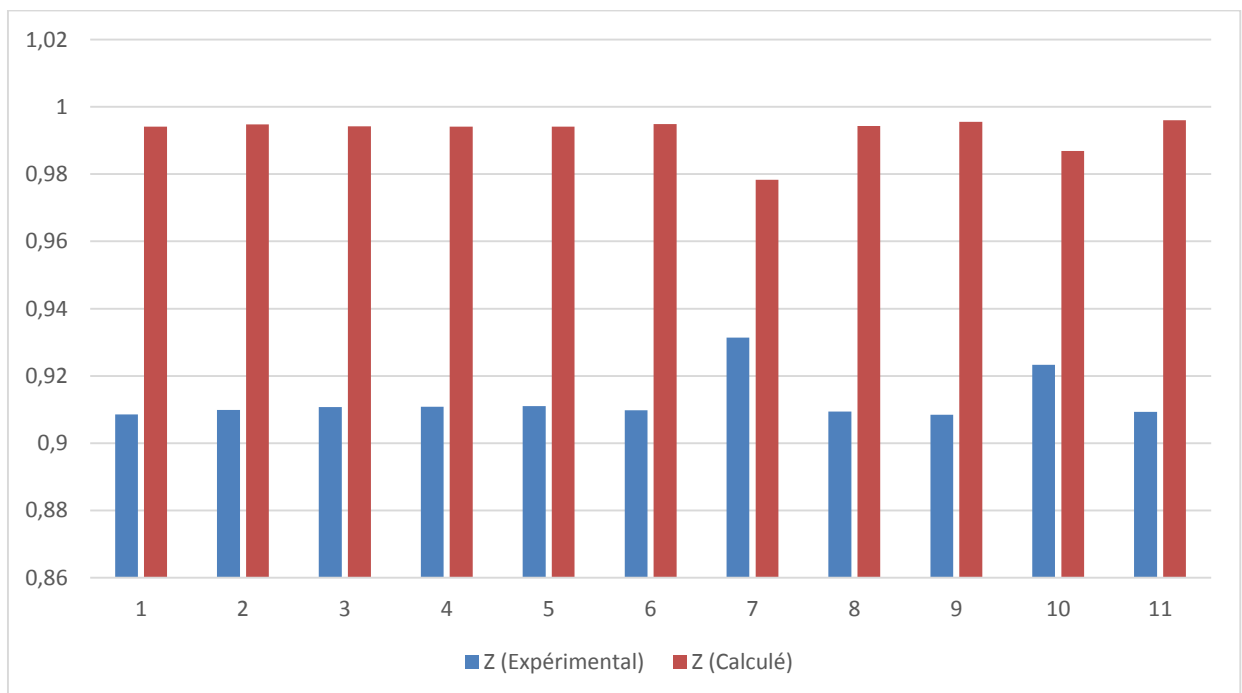


Figure 9 : Comparaison de Z expérimentale et Z calculé par PR en modifiant le coefficient α par l'équation d'Androlakis

Tableau X : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation d'Androlakis pour champ MLN

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,908	0,994	-0,086	0,086	3,646E-05	-0,08	0,08	0,08	0,047	0,011
2	03-nov	0,909	0,994	-0,086	0,086	2,781E-05					
3	16-nov	0,910	0,994	-0,083	0,083	1,534E-05					
4	02- déc	0,91	0,994	-0,083	0,083	1,387E-05					
5	17-dec	0,911	0,994	-0,083	0,083	1,241E-05					
6	02-jan	0,909	0,994	-0,085	0,085	2,988E-05					
7	15-jan	0,931	0,978	-0,047	0,047	0,001					
8	31-jan	0,909	0,994	-0,085	0,085	2,826E-05					
9	15-fév	0,908	0,995	-0,087	0,087	5,648E-05					
10	03-mars	0,923	0,986	-0,064	0,064	0,0002					
11	13-mars	0,909	0,996	-0,087	0,087	4,869E-05					

La discussion :

La relation d'androlakis minimise l'erreur relativement jusqu'à 0,08, mais l'erreur reste toujours grand et nécessite de le diminuer.

III.4 l'équation de Coquelet

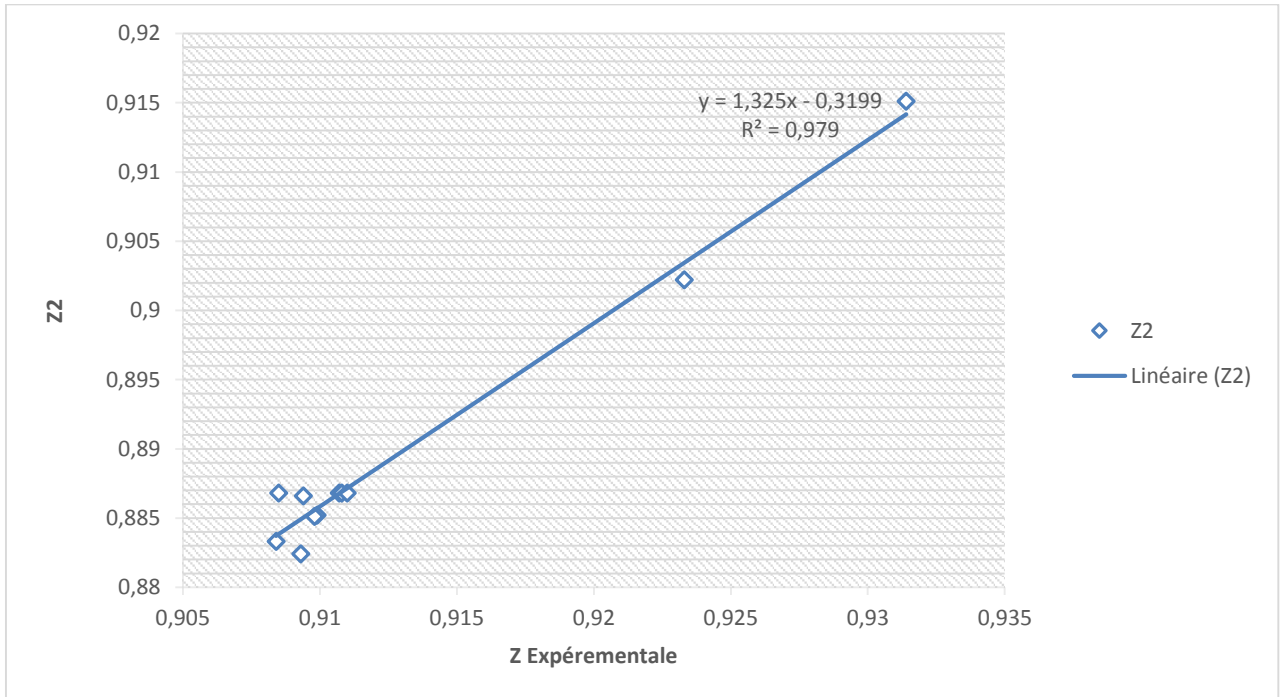


Figure 10 : Comparaise entre Z expérimentale et Z2 claculé par la méthode de Coquelet

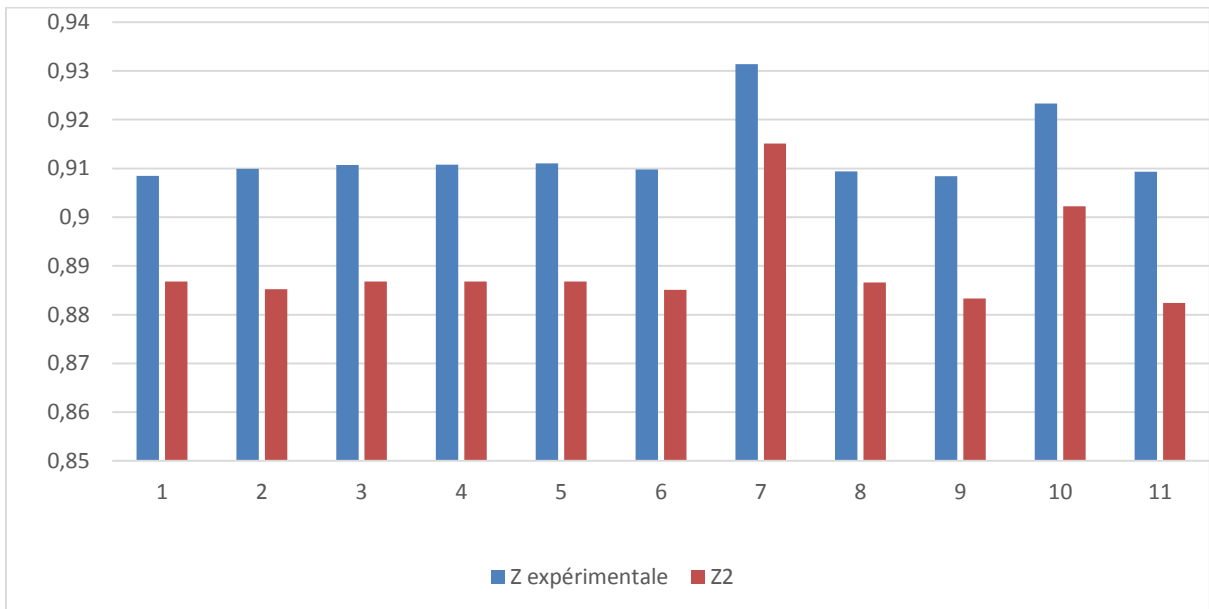


Figure 11 : Comparaison entre Z expérimentale et Z2 claculé par la méthode de Coquelet

Tableau XI : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Coquelet pour champ MLN.

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,9085	0,879	0,033	0,033	2,767E-06	0,035	0,035	0,039	0,027	0,003
2	03-nov	0,9099	0,8774	0,037	0,037	3,301E-06					
3	16-nov	0,9107	0,879	0,036	0,036	7,045E-07					
4	02- déc	0,9108	0,879	0,036	0,036	9,084E-07					
5	17-dec	0,911	0,879	0,036	0,036	1,393E-06					
6	02-jan	0,9098	0,8773	0,037	0,037	3,316E-06					
7	15-jan	0,9314	0,9069	0,027	0,027	6,739E-05					
8	31-jan	0,9094	0,8788	0,034	0,034	1,633E-07					
9	15-fév	0,9084	0,8755	0,037	0,037	5,542E-06					
10	03-mars	0,9233	0,8947	0,031	0,031	1,061E-05					
11	13-mars	0,9093	0,8745	0,039	0,039	2,088E-05					

La discussion :

Malgré les résultats obtenus par la relation de coquelet et la faible erreur enregistré est de 0,035, mais aussi on a besoin de faire une approche pour minimiser plus l'erreur.

III.5 Nouvelle corrélation α du Saffari et Alireza

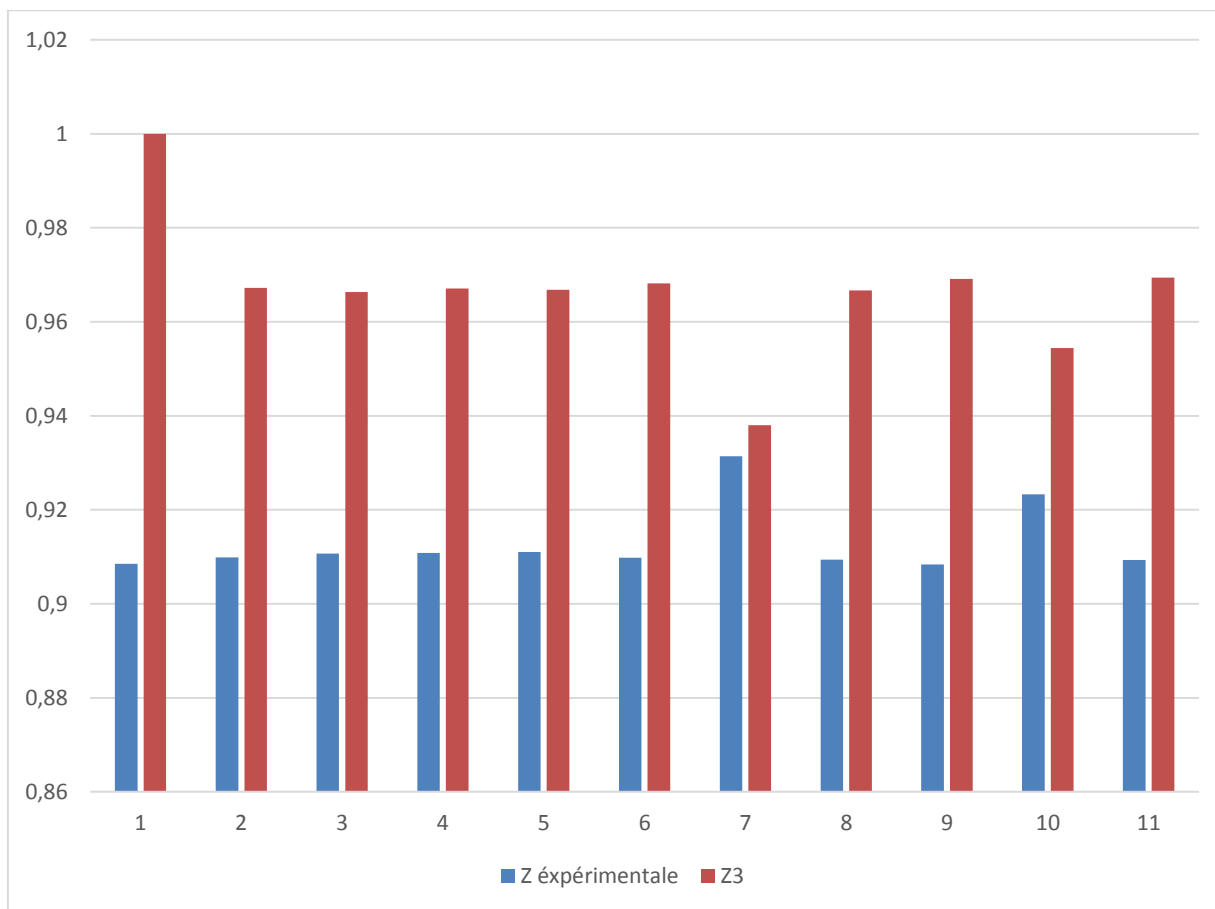


Figure 12 : Comparaison entre Z expérimentale et Z3 calculé par la nouvelle équation α du Saffari et Alireza.

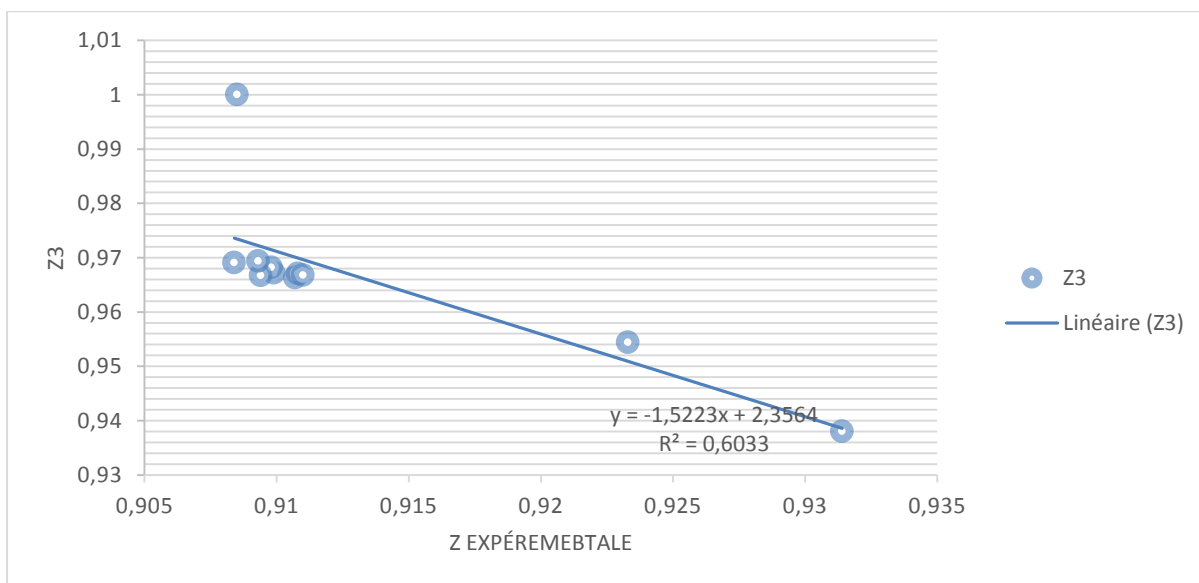


Figure 13 : Comparaison entre Z expérimentale et Z3 calculé par la nouvelle équation α du Saffari et Alireza.

Tableau XII : Etude statistique de facteur (Z) par la nouvelle corrélation du Saffari et Alireza (PR EOS) pour champ. MLN.

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,9085	1	-0,091	0,091	0,0013	-0,055	0,055	0,091	0,007	0,019
2	03-nov	0,9099	0,9672	-0,059	0,059	1,572E-05					
3	16-nov	0,9107	0,9663	-0,057	0,057	5,111E-06					
4	02- déc	0,9108	0,9671	-0,058	0,058	8,626E-06					
5	17-dec	0,911	0,9668	-0,057	0,057	5,943E-06					
6	02-jan	0,9098	0,9682	-0,06	0,06	2,54E-05					
7	15-jan	0,9314	0,938	-0,007	0,007	0,002					
8	31-jan	0,9094	0,9667	-0,059	0,059	1,596E-05					
9	15-fév	0,9084	0,9691	-0,062	0,062	5,412E-05					
10	03-mars	0,9233	0,9544	-0,032	0,032	0,001					
11	13-mars	0,9093	0,9694	-0,061	0,061	4,514E-05					

La discussion :

La nouvelle équation d'allireza et saffari fait des erreurs faibles de 0,055, mais aussi de minimiser plus l'erreur par une autre modification pour trouver des bon résultats.

Après l’analyse et l’étude statistique des données on remarque des erreurs dans chaque équation, l’erreur la plus faible se trouve dans l’équation de Coquelet et autre donc les différentes erreurs sont comme suite :

$$Ea = (\sum |Ei|)/\text{nombre d'échantillons [1]}$$

Tableau XIII : Les erreurs absolues et R² de chaque équation(Originale)

L'équation	Erreur absolue	R ²
Peng Robinson	3.91	0,2854
Androlakis	0.08	0,9709.
Coquelet	0.035	0,9795.
nouvelle équation de α Saffari et Alireza	0.055	0,6033.

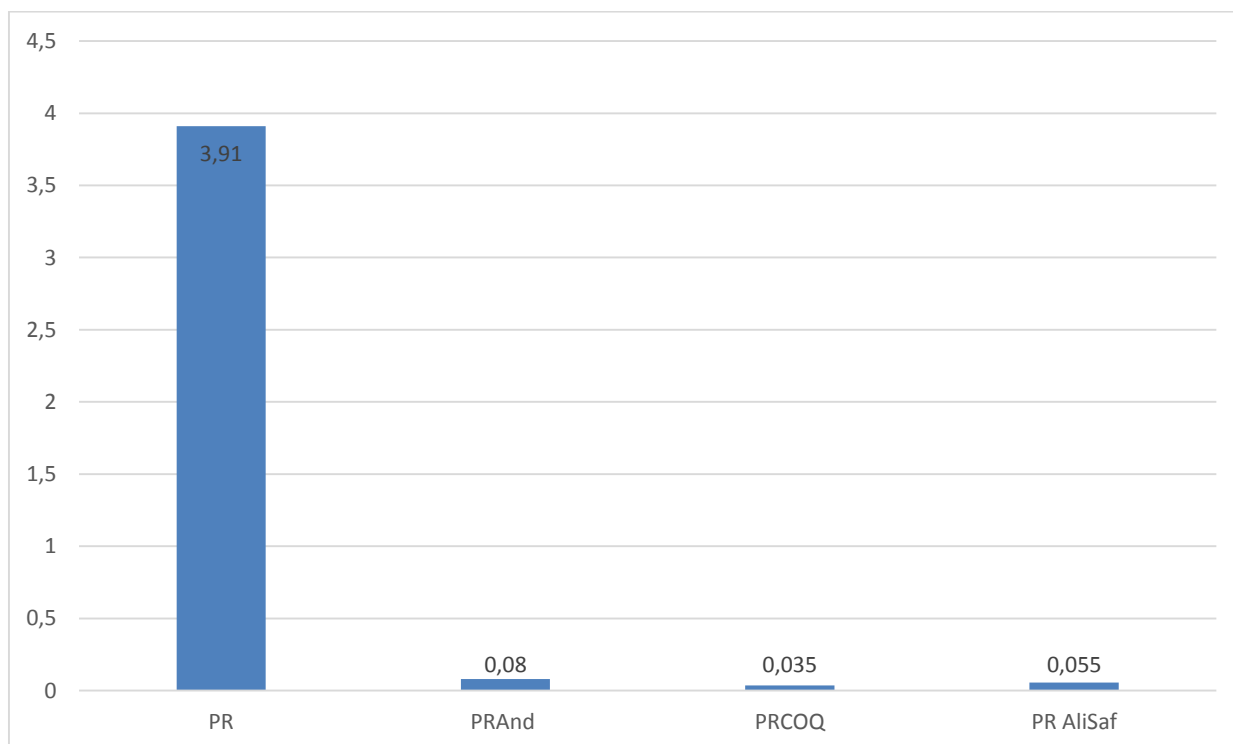


Figure 14 : Comparaison entre les erreurs des équations (original)

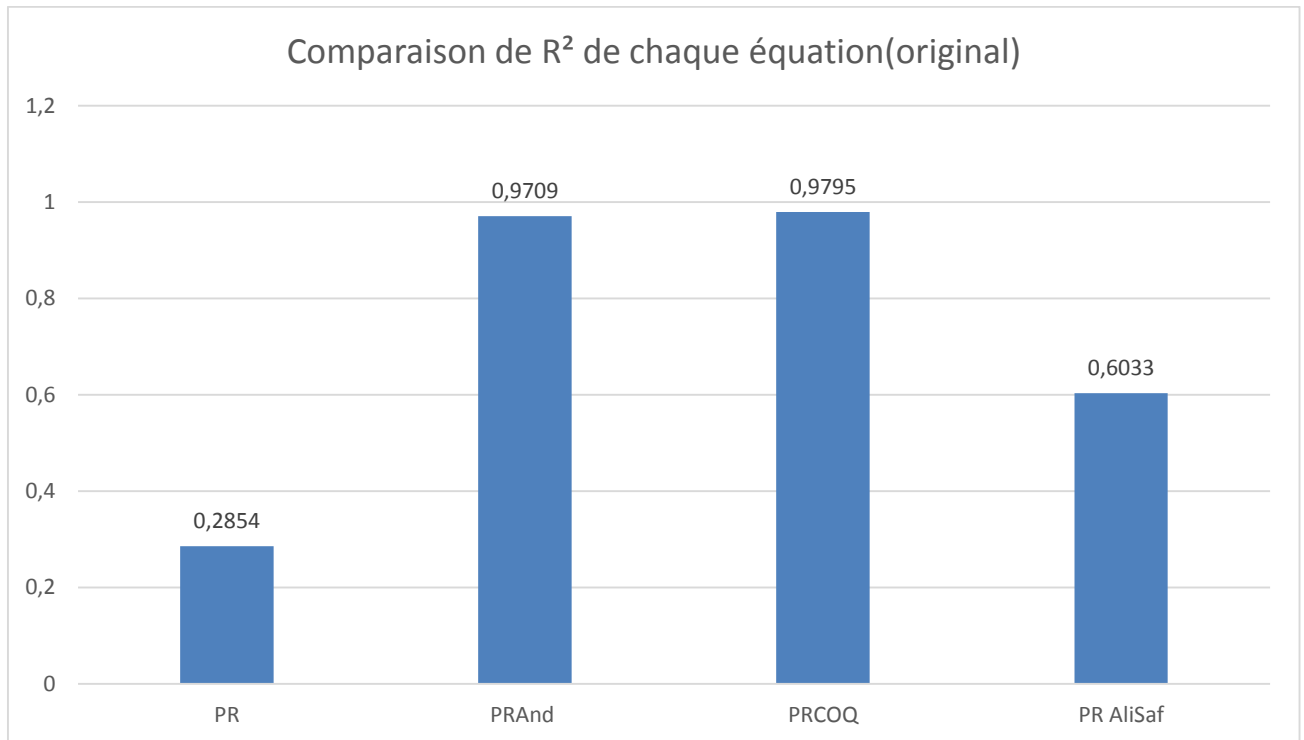


Figure 15 : Comparaison de R² de chaque équation (original)

.III.5 l'équation de Peng Robinson modifiée

Pour modifier l'équation de Peng robinson, cette modification basé sur l'ajustement des coefficients multiplié sur le facteur acentrique, on propose une nouvelle équation pour m

Donc :

$$m(i) = 0.4494 + 1.6926w + 0.39992w^2$$

Cette nouvelle modification a pour but de trouver des valeurs du facteur de compressibilité proche de valeurs expérimentales du facteur de compressibilité.

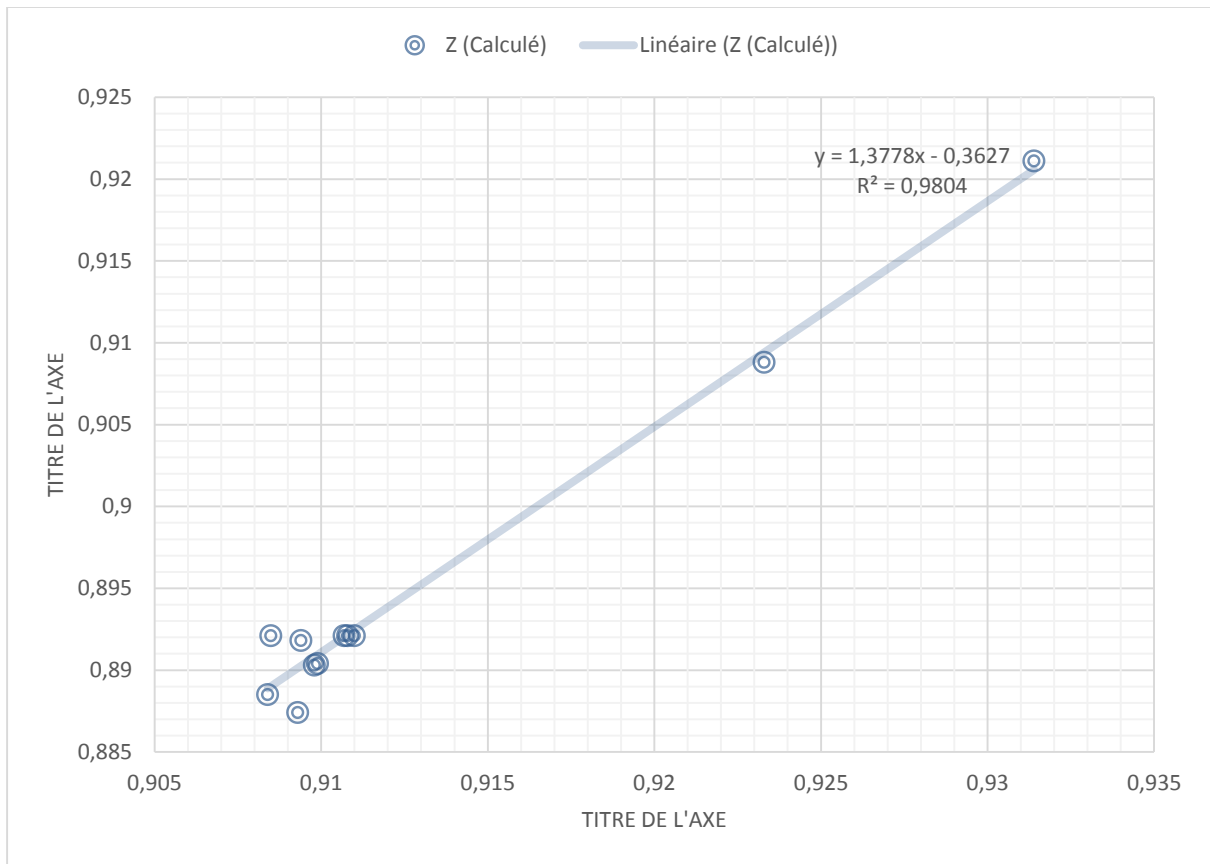


Figure 16 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Peng Robinson modifiée.

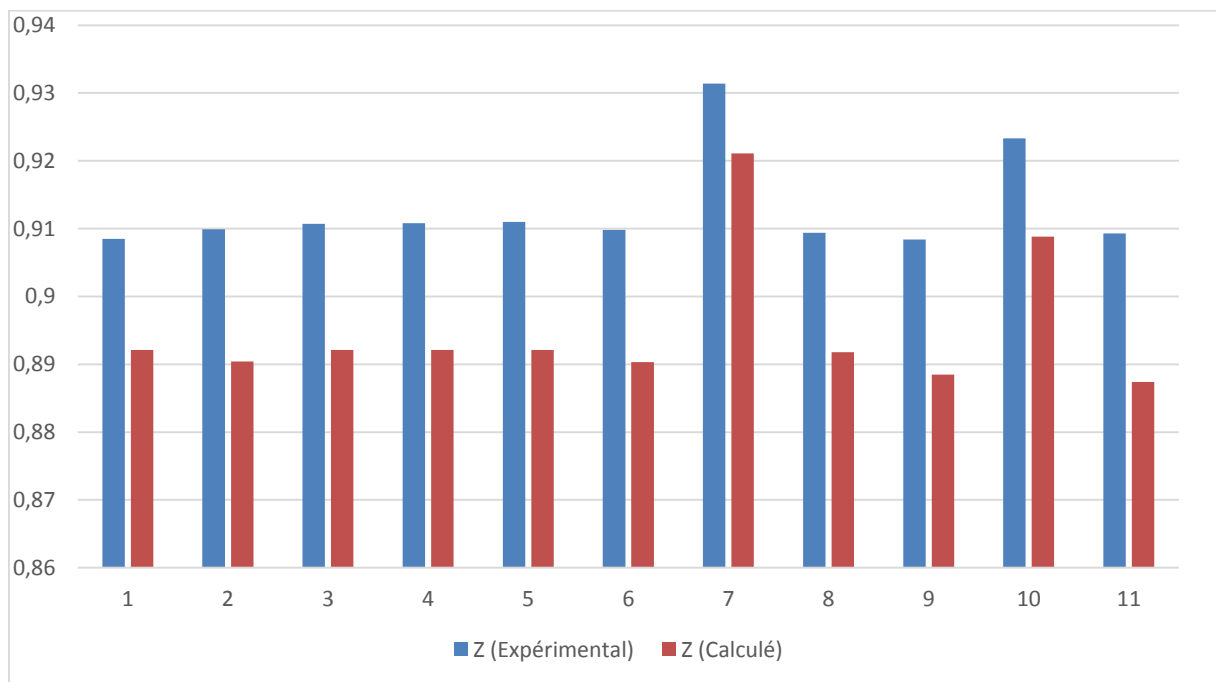


Figure 17 : Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Peng Robinson modifiée

Tableau XIV : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Peng Robinson modifiée (PR EOS) pour champ MLN

	La date	Z _{exp}	Z (cal)	E _i	E _i	(E _i -E _r) ²	E _r	E _a	E _{max}	E _{min}	S
1	17-oct	0,9085	0,8921	1,838	1,838	0,023	1,992	1,992	2,467	1,118	0,349
2	03-nov	0,9099	0,8904	2,19	2,19	0,039					
3	16-nov	0,9107	0,8921	2,084	2,084	0,008					
4	02- déc	0,9108	0,8921	2,096	2,096	0,01					
5	17-dec	0,911	0,8921	2,118	2,118	0,015					
6	02-jan	0,9098	0,8903	2,19	2,19	0,039					
7	15-jan	0,9314	0,9211	1,118	1,118	0,763					
8	31-jan	0,9094	0,8918	1,973	1,973	0,0003					
9	15-fév	0,9084	0,8885	2,239	2,239	0,061					
10	03-mars	0,9233	0,9088	1,595	1,595	0,157					
11	13-mars	0,9093	0,8874	2,467	2,467	0,226					

La discussion :

La modification fait au niveau des coefficients multipliés sur le facteur acentrique dans l'équation de m, fait une approche remarquable, dont l'erreur absolue est devenue 1,992 comparant de l'erreur enregistré de l'équation originale de Peng Robinson de 3,917.

III.6 l'équation d'Androlakis modifiée

On va modifiée les valeurs des coefficients d1, d2, d3.les valeurs sont représentées dans le tableau suivante :

Tableau XV : Les valeurs des coefficients d1, d2, d3 modifiée

	d1	d2	d3
C1	0,6244	-0,0717	0,4554
C2	0,8013	0,1206	0,4336
C3	0,9397	0,143	0,479
iC4	0,988	0,4016	0,3899
nC4	0,988	0,4016	0,3899
iC5	1,1492	0,111	0,9844
nC5	1,1492	0,111	0,9844
C6	1,2295	0,4079	0,6112
N2	0,1265	0,5645	1,6764
CO2	1,0836	-0,2195	2,6186
O2	0,525	0,013	0,02645

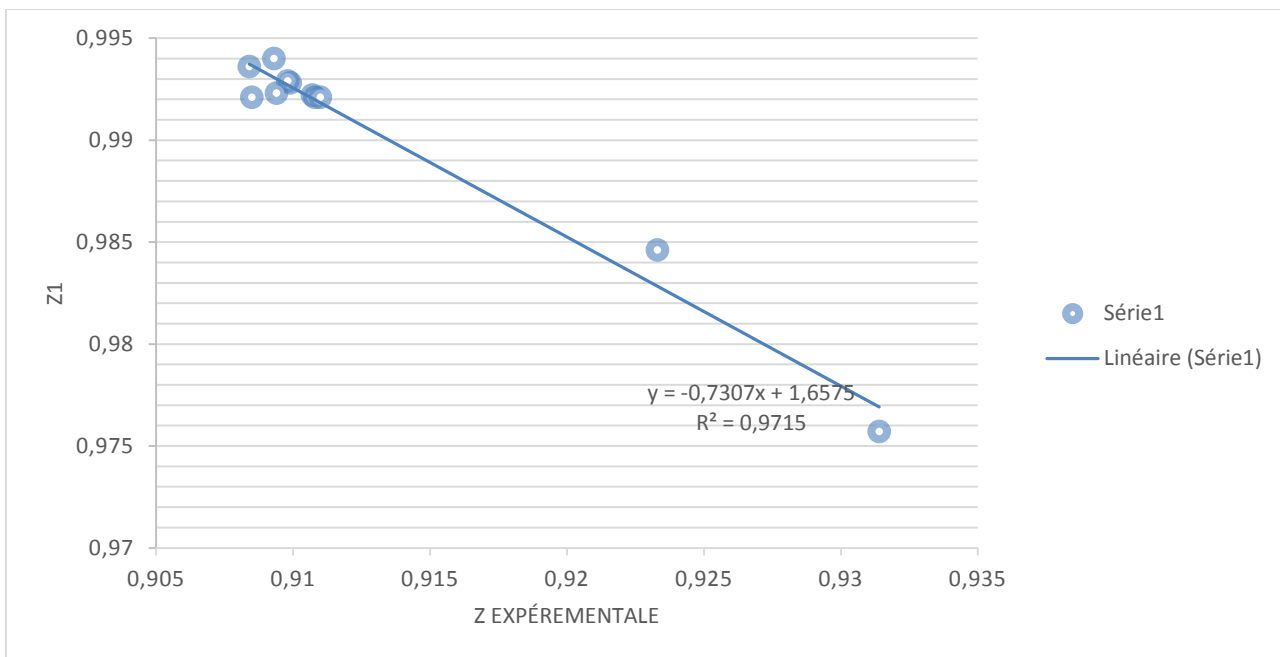


Figure 18 : Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation d'Androlakis modifier

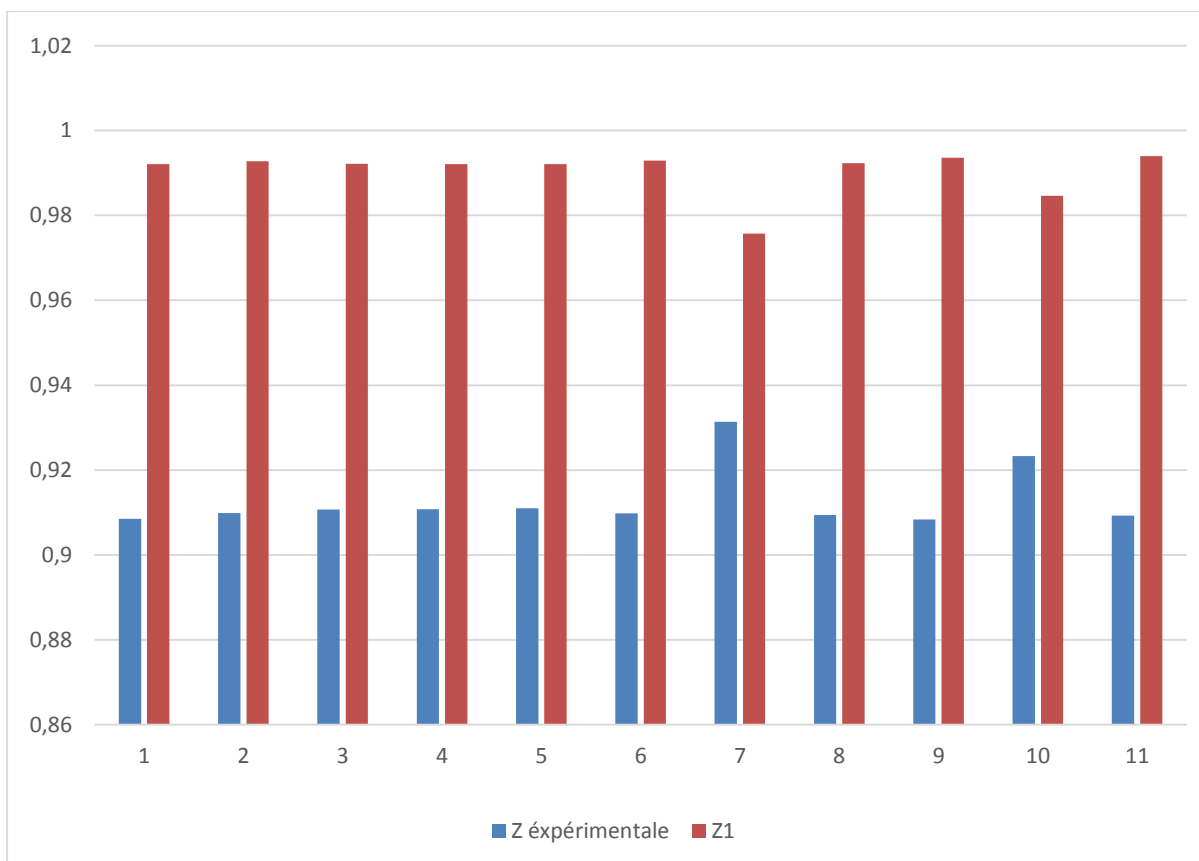


Figure 19 : Comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par l'équation d'Androlakis modifié

Tableau XVI : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation d'Androlakis modifiée pour champ MLN.

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,9085	0,9921	-0,084	0,084	3,761E-05	-0,078	0,078	0,085	0,045	0,045
2	03-nov	0,9099	0,9928	-0,083	0,083	2,882E-05					
3	16-nov	0,9107	0,9922	-0,082	0,082	1,606E-05					
4	02-déc	0,9108	0,9921	-0,081	0,081	1,455E-05					
5	17-dec	0,911	0,9921	-0,081	0,081	1,305E-05					
6	02-jan	0,9098	0,9929	-0,083	0,083	3,092E-05					
7	15-jan	0,9314	0,9757	-0,045	0,045	0,001					
8	31-jan	0,9094	0,9923	-0,083	0,083	2,927E-05					
9	15-fév	0,9084	0,9936	-0,085	0,085	5,8E-05					
10	03-mars	0,9233	0,9846	-0,062	0,062	0,0002					
	13-mars	0,9093	0,994	-0,085	0,085	5,01E-05					

La discussion :

Après la modification fait au niveau des coefficients d1, d2, d3 on trouve que l'erreur est minimisé jusqu'à une valeur de 0,078 comparant de la valeur de l'erreur de l'équation originale d'Androlakis de 0,08.

III.7 l'équation de Coquelet modifiée

Pour faire des modifications à cette équation on a ajusté les coefficients c1, c2, c3, le tableau suivant représente les coefficients c1, c2, c3.

Tableau VXXVIII : représente les coefficients c1, c2 et c3 de chaque constituant.

	c1	c2	c3
C1	0,4126	-0,0321	0,3552
C2	0,5451	-0,0088	0,3433
C3	0,563	0,3768	-0,2648
iC4	0,6478	0,2443	-0,0082
nC4	0,6478	0,2443	-0,0082
iC5	0,747	0,0445	0,3646
nC5	0,747	0,0445	0,3646
C6	0,7996	0,17	0,0866
N2	0,4617	-0,1792	0,8821
CO2	0,7114	-0,1786	1,6452
O2	0,5645	0,7856	0,5646

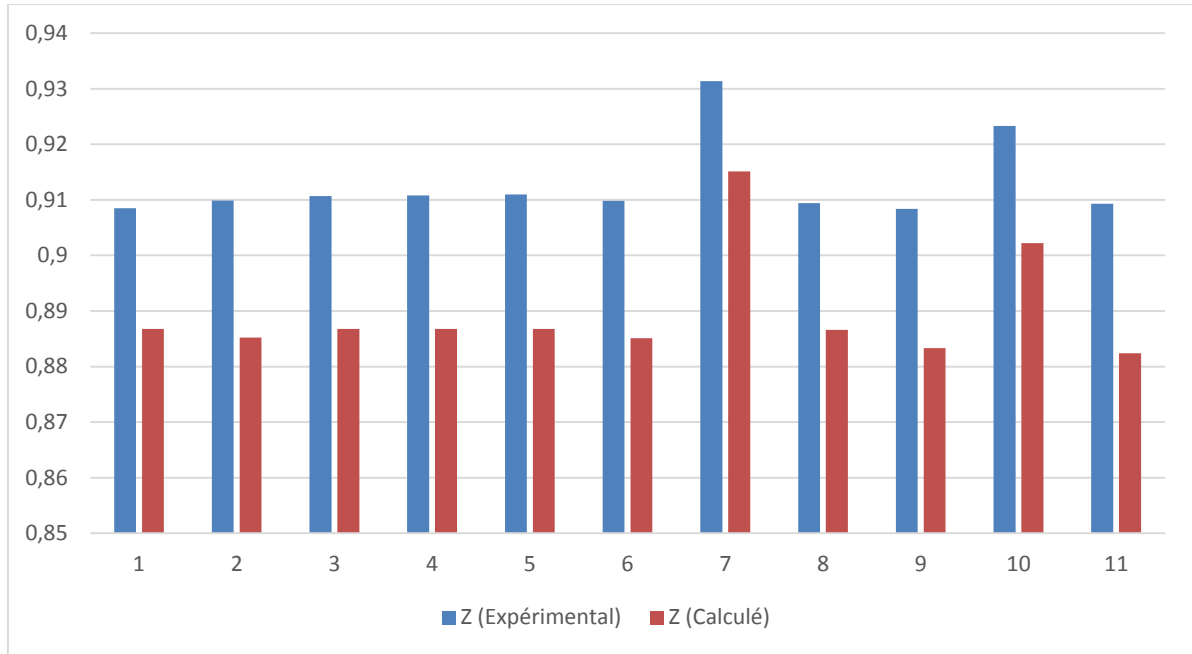


Figure 20 : comparaison de Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Coquelet modifiée

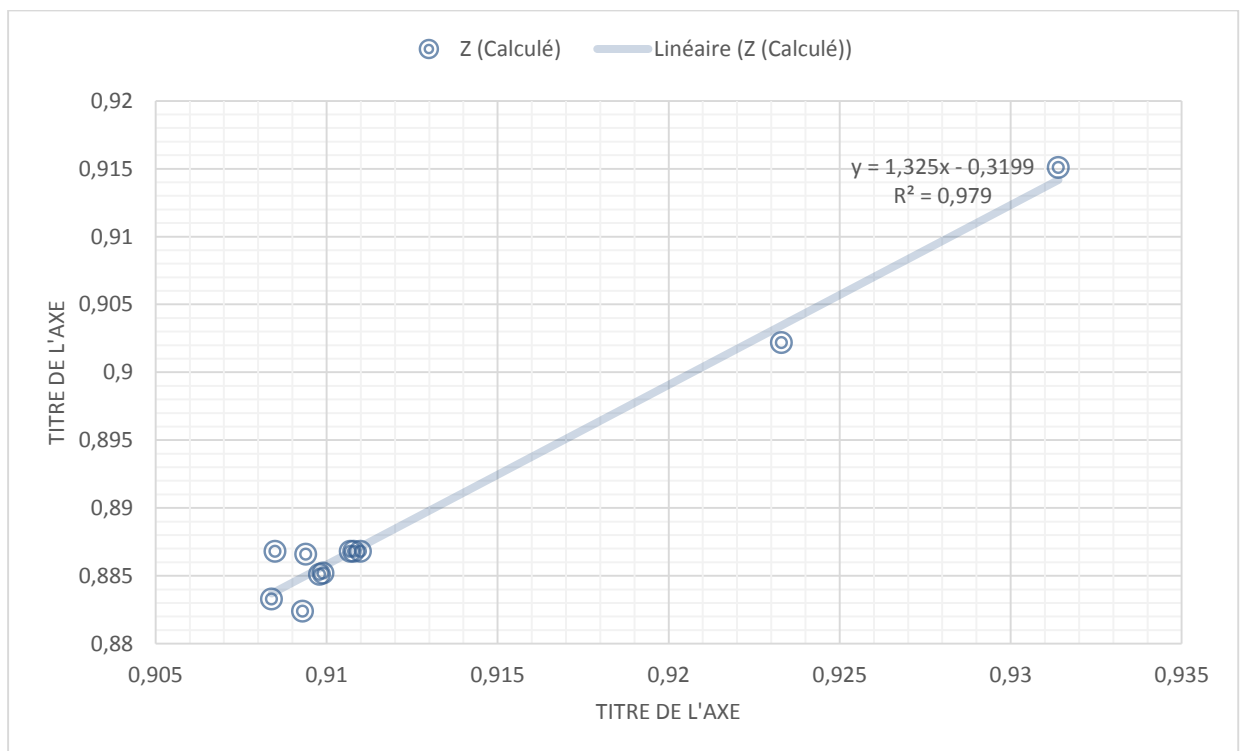


Figure 21 : comparaison de Z expérimentale et Z calculé par l'équation de Coquelet modifiée

Tableau XVIII : Etude statistique de facteur (Z) par la corrélation de Coquelet modifiée pour champ MLN

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,9085	0,8868	0,024	0,024	2,746E-06	0,026	0,026	0,03	0,017	0,003
2	03-nov	0,9099	0,8852	0,027	0,027	3,154E-06					
3	16-nov	0,9107	0,8868	0,026	0,026	6,782E-07					
4	02- déc	0,9108	0,8868	0,027	0,027	8,76E-07					
5	17-dec	0,911	0,8868	0,027	0,027	3,165E-06					
6	02-jan	0,9098	0,8851	0,027	0,027	6,913E-05					
7	15-jan	0,9314	0,9151	0,017	0,017	6,913E-05					
8	31-jan	0,9094	0,8866	0,025	0,025	1,689E-07					
9	15-fév	0,9084	0,8833	0,028	0,028	5,238E-06					
10	03-mars	0,9233	0,9022	0,023	0,023	7,507E-06					
11	13-mars	0,9093	0,8824	0,03	0,03	1,898E-05					

La discussion :

Pour l'équation de coquelet, on fait une modification au niveau des coefficients c1, c2, c3, on trouve une approche très faible est égale à 0,026 comparant de l'équation originale de α de coquelet 0,035.

III.8 La nouvelle équation α du Saffari et Alireza modifiée

On va ajuster les coefficients pour faire des valeurs d'erreurs moins que la nouvelle équation originale

Tableau XIX : Les coefficients modifié m1, m2, m3 de chaque constituant

	m1	m2	m3
C1	0,005	0.68	0,35
C2	0,535	-0.95	1,955
C3	0,3786	0,101	1,223
iC4	0,595	0,078	0,98
nC4	0,695	0,035	0,885
iC5	0,864	0,4	0,943
nC5	0,6	0,61	0,665
C6	0,954	0,768	0,861
N2	0,0045	1,48	1,654
CO2	0,007	1,795	0,718
O2	0,158	0,865	0,36

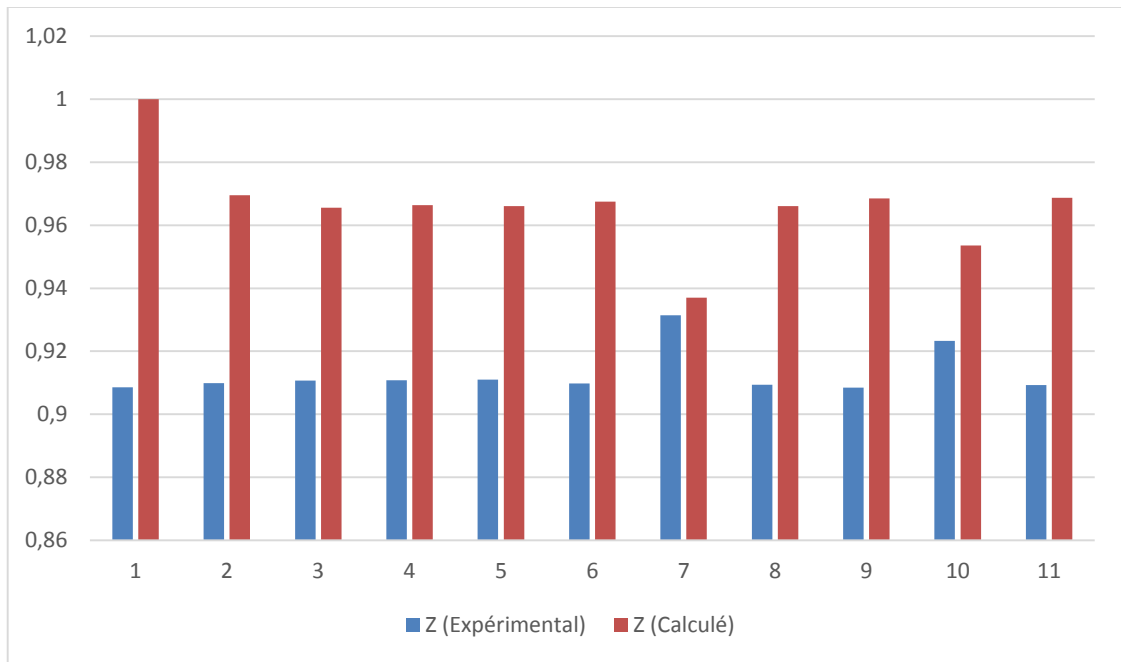


Figure 22 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par la nouvelle équation α modifiée du Saffari et Alireza

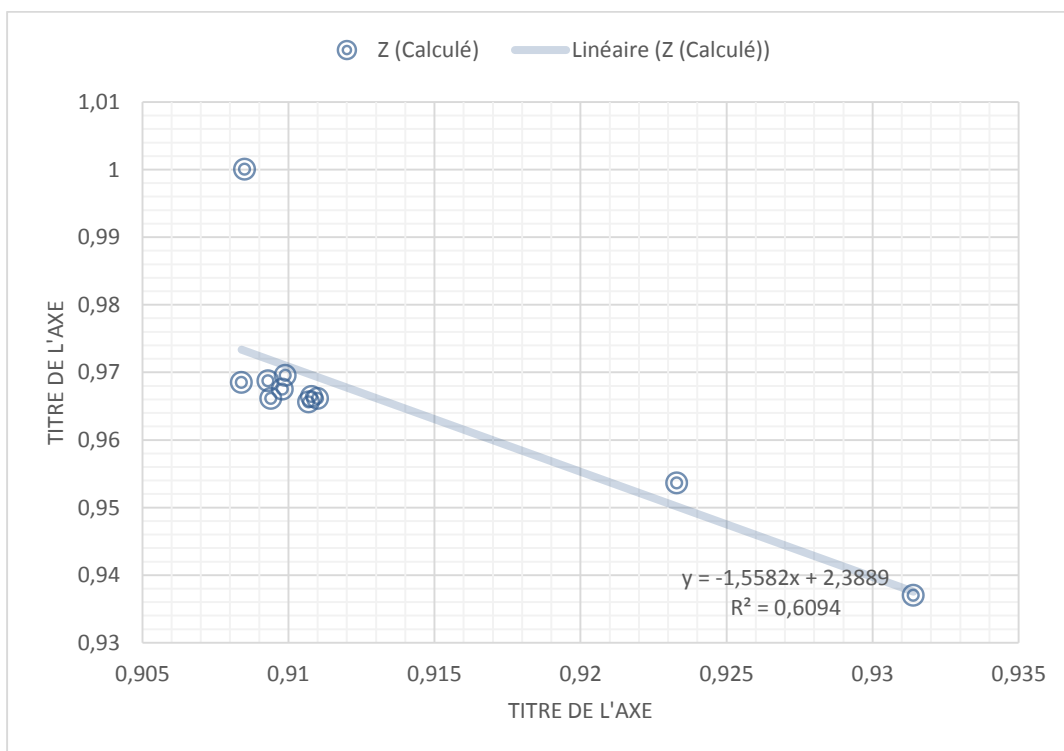


Figure 23 : comparaison entre Z expérimentale et Z calculé par la nouvelle équation α modifiée du Saffari et Alireza

Tableau XX : étude statistique de facteur (Z) par la nouvelle corrélation modifiée de Saffari et Alireza (PR EOS) pour champ MLN.

	La date	Z exp	Z (cal)	Ei	Ei	(Ei-Er) ²	Er	Ea	E max	E min	S
1	17-oct	0,9085	1	-0,091	0,091	0,001	-0,054	0,054	0,0915	0,005	0,02
2	03-nov	0,9099	0,9695	-0,061	0,061	4,329E-05					
3	16-nov	0,9107	0,9656	-0,056	0,056	3,843E-06					
4	02- déc	0,9108	0,9664	-0,057	0,057	6,957E-06					
5	17-dec	0,911	0,9661	-0,057	0,057	4,57E-06					
6	02-jan	0,9098	0,9675	-0,059	0,059	2,249E-05					
7	15-jan	0,9314	0,937	-0,005	0,0059	0,002					
8	31-jan	0,9094	0,9661	-0,058	0,058	1,439E-05					
9	15-fév	0,9084	0,9685	-0,062	0,062	5,125E-05					
10	03-mars	0,9233	0,9536	-0,031	0,031	0,0005					
11	13-mars	0,9093	0,9687	-0,061	0,061	4,126E-05					

La discussion :

L'équation de Saffari et Allireza modifiante fait des erreurs relativement faibles de son équation originale est égale à 0,054 comparant l'erreur enregistré sur l'équation originale de Saffari et allireza de 0,055.

Après l’analyse et l’étude statistique des donnés, on remarque après la modification qu’on fait sur chaque équation, l’erreur absolue est généralement diminué, l’équation de Coquelet et All reste toujours de faible erreur, donc on trouve :

Tableau XXI : L’erreurs absolue et R^2 des équation modifiée

L'équation	Erreur absolue	R^2
Peng Robinson modifiée	1.99	0,9804
Androlakis modifiée	0.07	0,9715
Coquelet modifiée	0.026	0,979
nouvelle équation de α modifiée	0.054	0,6094

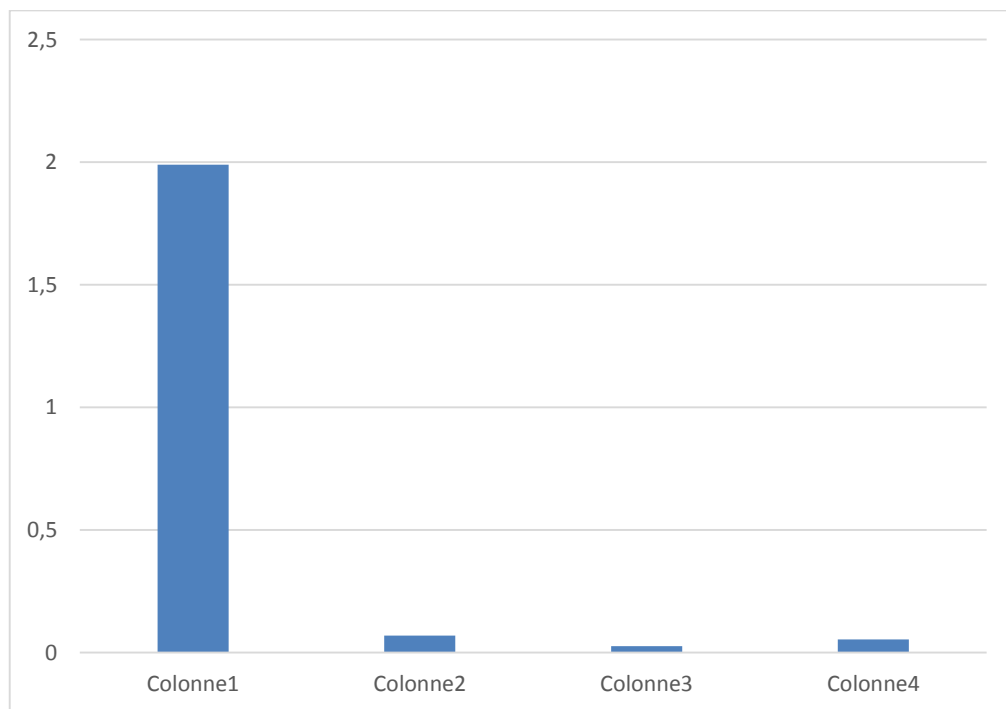


Figure 24 : Comparaison entre l'erreur de chaque équation (modifiée)

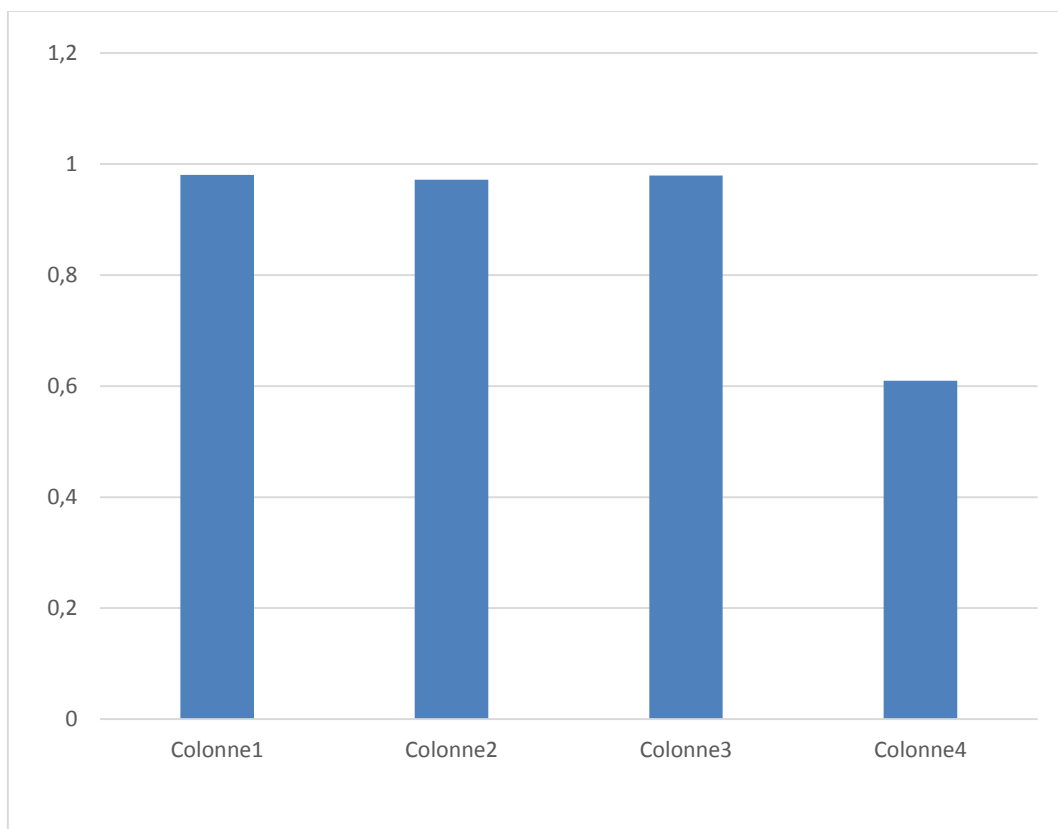


Figure 25 : Comparaison de R² de chaque équation (modifiée)

Conclusion générale

Une nouvelle fonction α est proposée pour l'EOS de PR. La forme de Coquelet et autre de cette nouvelle α mène des comportements qualitatifs corrects. Trois paramètres réglables sont optimisés pour chaque composant. Les résultats de régression des paramètres pour les composants de gaz naturel, aussi bien qu'une comparaison entre la fonction de α précédemment proposée pour l'EOS de P.R sont présentés. Selon les déviations des pressions expérimentales de vapeur, la nouvelle fonction de α du Coquelet et autre présente la meilleure exécution entre les autres formes étudiées. L'erreur absolue des prévisions de pression de vapeur pour les composants de gaz naturel est réduite à 0.035 % comparé à 3.91% obtenu à partir du P.R. original EOS. Mais après les nouvelles modifications de fonction du α proposée dans ce travail fait des erreurs moins que l'Eos original, après la modification de chaque équation on a obtenu une erreur absolue de 0.026 % comparé à 1.99 % de la fonction de α modifiée examinées. L'EOS de PR. avec la nouvelle fonction de α proposée dans ce travail à l'exactitude élevée pour les composants de gaz naturel. En conséquence, l'application de la nouvelle EOS au traitement de gaz et la simulation et la modélisation amélioreront les résultats.

Les domaines d'application de cette EOS sont la simulation du gaz naturel liquéfié, l'adoucissement du gaz naturel et la déshydratation. Selon l'exactitude élevée de nouvelle EOS, résultats de simulation sont plus précis comparé à l'EOS de P.R et les modifications précédentes de fonction α . En outre, la prolongation de la nouvelle forme de fonction α à une autre EOS cubique est en progression, puisque les résultats obtenus à partir de l'EOS de P.R. sont satisfaisants.

References bibliographies

- [1]: A New Alpha-function for the Peng Robinson Equation of State: “Application to Natural Gas”, Hamid Saffari and Alireza Zahedi, LNG research Laboratory, School of Mechanical Engineering, Iran University of Science and Technology, 16846, Tehran, Iran.
- [2]: G. Saville, *A-to-Z Guide to Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, and Fluids Engineering*, 2006 (DOI [10.1615/AtoZ.a.acentric_factor](https://doi.org/10.1615/AtoZ.a.acentric_factor)), « ACENTRIC FACTOR ».
- [3]: Carl L. Yaws, *Matheson Gas Data Book*, McGraw-Hill, 2001.
- [4] : Jean Gosse, (Constantes thermodynamique-Données thermodynamique des fluides), technique de l’ingénieur K 535 ,pp. 1-48, 1990.
- [5] : Jean Noel Foussard, Edmond Julien Stéphane Mathé et al, Les bases de la thermodynamique, cours et exercices corrigés, Paris, Dunod, 2015 3^e éd, 269 p.
- [6]: [PDF] Bp Statistical review of world energy, juin 2016.
- [7]: The world factbook –Algeria economy-, 24 juin 2015.
- [8] : HADJAJ Mohamed fodil, Hadjouj Abdelhak, Evaluation des corrélations du facteur de compressibilité (z) de gaz naturel pour des réservoirs du gaz Algérien, Ouargla 2014.
- [9] : Les équations d’états, Laloui Tarek, mémoire de fin d’étude Ouargla 2015.
- [10] : donnés de champs MLN de Hassi berkin 2016-2017.

Annexes

17-Oct-16	10:20	T-411	0,33	0,51	0,21	78,29	12,39	5,81	0,65	1,18	0,31	0,25	0,07	100,00	20,71	0,7113	11723	
	10:35	T-441	0,09	0,77	1,24	77,08	12,47	5,92	0,65	1,20	0,30	0,25	0,03	100,00	21,01	0,7277	11636	
03-Nov-16	09:00	T-411	0,01	0,39	0,20	78,81	12,59	5,84	0,61	1,07	0,25	0,21	0,02	100,00	20,53	0,7109	11708	
	10:00	T-441	0,02	0,27	0,20	78,47	12,79	6,05	0,63	1,09	0,25	0,21	0,02	100,00	20,62	0,7141	1173	
16-Nov-16	08:10	T-411	0,03	0,57	0,18	79,00	12,46	5,68	0,58	1,01	0,25	0,19	0,05	100,00	20,46	0,7084	11645	
	08:30	T-441	0,22	0,20	0,22	78,76	12,71	5,81	0,59	1,04	0,24	0,19	0,02	100,00	20,52	0,7106	11690	
02-Dec-16	09:00	T-411	0,15	0,42	0,22	78,49	12,61	5,93	0,65	1,07	0,23	0,18	0,05	100,00	20,60	0,7133	11709	
	09:30	T-441	0,13	0,54	0,21	78,40	12,72	5,90	0,59	1,05	0,24	0,19	0,03	100,00	20,58	0,7125	11686	
17-Dec-16	10:10	T-411	0,03	0,47	0,50	78,26	12,81	6,04	0,63	1,05	0,01	0,18	0,02	100,00	20,56	0,7121	11639	
	10:30	T-441	0,02	0,52	0,22	78,54	12,65	5,99	0,62	1,02	0,21	0,17	0,04	100,00	20,55	0,7118	11694	
02-Jan-17	09:00	T-411	0,15	0,37	0,18	78,64	12,77	5,98	0,60	0,96	0,20	0,15	0,00	100,00	20,48	0,7093	11,669	
	09:30	T-441	0,06	0,48	0,14	78,01	12,94	6,25	0,66	1,13	0,01	0,24	0,08	100,00	20,66	0,7155	11768	
15-Jan-17	09:10	T-411	0,12	0,46	0,23	88,07	8,28	1,78	0,35	0,54	0,08	0,06	0,05	100,00	18,32	0,6339	10540	
	09:30	T-441	0,11	0,54	0,57	88,61	7,81	1,34	0,35	0,50	0,06	0,08	0,03	100,00	18,21	0,6301	10394	
31-Jan-17	10:00	T-411	0,01	0,29	0,22	78,32	12,93	6,05	0,66	1,07	0,22	0,22	0,05	100,04	20,63	0,7146	11773	
	10:30	T-441	0,74	0,02	0,27	78,56	12,26	5,94	0,64	1,09	0,23	0,19	0,06	100,00	20,63	0,7144	11671	
15-Feb-17	10:00	T-411	0,19	0,40	0,19	78,14	12,76	6,14	0,62	1,10	0,25	0,20	0,01	100,00	20,68	0,7160	11751	
	10:30	T-441	0,03	0,39	0,18	77,71	13,02	6,37	0,65	1,15	0,26	0,21	0,03	100,00	20,80	0,7204	11848	
03-Mar-17	10:00	T-411	0,08	0,78	0,59	85,14	10,66	1,48	0,42	0,64	0,08	0,09	0,04	100,00	18,79	0,6503	10655	
	10:30	T-441	0,04	0,49	0,44	82,80	13,34	1,51	0,30	0,59	0,26	0,20	0,05	100,00	19,18	0,6640	10947	
13-Mar-17	09:00	T-411	0,02	0,60	0,32	79,05	12,27	5,73	0,57	0,99	0,22	0,18	0,05	100,00	20,45	0,7082	11,605	
	09:30	T-441	0,02	0,25	0,19	77,65	12,85	6,85	0,62	1,09	0,24	0,19	0,05	100,00	20,68	0,7163	11810	
Date	Time	Location	COMPOSITION													MWg/mol	Sp.Gr	PCSKcal/mol
			O2	N2	CO2	C1	C2	C3	IC4	NC4	IC5	NC5	C6+	TOTAL%				

Programme de Peng Robinson

```

clc; clear all; close all;

%% Les entrées
yi(1,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022
0.0002];
yi(2,:) = [0.7847 0.1279 0.0605 0.0063 0.0109 0.0025 0.0021 0.0002 0.0027 0.0020
0.0002];
yi(3,:) = [0.7876 0.1271 0.0581 0.0059 0.0104 0.0024 0.0019 0.0002 0.0020 0.0022
0.0022];
yi(4,:) = [0.7840 0.1272 0.0590 0.0059 0.0105 0.0024 0.0019 0.0003 0.0054 0.0021
0.0013];
yi(5,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022
0.0002];
yi(6,:) = [0.7801 0.1294 0.0625 0.0066 0.0113 0.0001 0.0024 0.0008 0.0048 0.0014
0.0006];
yi(7,:) = [0.8861 0.0781 0.0134 0.0035 0.0050 0.0006 0.0008 0.0003 0.0054 0.0057
0.0011];
yi(8,:) = [0.7856 0.1226 0.0594 0.0064 0.0109 0.0023 0.0019 0.0006 0.0002 0.0027
0.0074];
yi(9,:) = [0.7771 0.1302 0.0637 0.0065 0.0115 0.0026 0.0021 0.0003 0.0039 0.0018
0.0003];
yi(10,:) = [0.8280 0.1334 0.0151 0.0030 0.0059 0.0026 0.0020 0.0005 0.0049 0.0044
0.0004];
yi(11,:) = [0.7765 0.1285 0.0685 0.0062 0.0109 0.0024 0.0019 0.0005 0.0025 0.0019
0.0002];

%% Les constants
[s,z] = size(yi);
t = [1:s];
T = 554.67;
P = 536.63;
R = 10.73;
Tci = [343.08 549.72 665.64 734.76 765.36 828.72 845.46 913.32 227.34 547.56
278.0658];
Pci = [667.754952 707.78544 616.266462 529.098624 550.709286 490.373478 488.633022
436.854456 492.984162 1070.670516 731.3092];
Wi = [0.0115 0.0995 0.1523 0.177 0.2002 0.2275 0.2515 0.3013 0.225 0.04 0.022];
Kij = [0,0.005, 0.01, 0.035,0.025, 0.05, 0.03, 0.03, 0.025,0.105, 0;...
0.005,0,0.005,0.005,0.01,0.02,0.02,0.02,0.01,0.13,0;...
0.01,0.005,0,0,0,0.015,0.015,0.01,0.09,0.123,0;...
0.035,0.005,0,0,0.005,0.005,0.005,0.005,0.095,0.12,0;...
0.025,0.01,0,0.005,0,0.005,0.005,0.005,0.095,0.115,0;...
0.05,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.01,0.005,0.0050,0,0,0,0.11,0.115,0;...
0.025,0.01,0.09,0.095,0.095,0.1,0.1,0.11,0,0,0;...
0.105,0.13,0.123,0.12,0.115,0.115,0.115,0.115,0,0,0;...
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];

%% Les calculs
fori=1:11
aci(i) = 0.457235*(R*Tci(i))^2/Pci(i);
bi(i) = 0.077796*R*Tci(i)/Pci(i);
mi(i) = 0.37464+1.54226*Wi(i)-0.26992*Wi(i)^2;
alpha(i) = (1+mi(i)*(1-(sqrt(T/Tci(i))))))^2;
end

for ii=1:s
xi = yi(ii,:);
am = 0;
fori=1:11
for j=1:11

```

```

        am = am + (xi(i)*xi(j)*sqrt(aci(i)*alpha(i)*aci(j)*alpha(j))*(1-
Kij(i,j)));
end
end

bm = 0;
for i = 1:11
bm = bm + (bi(i)*xi(i));
end

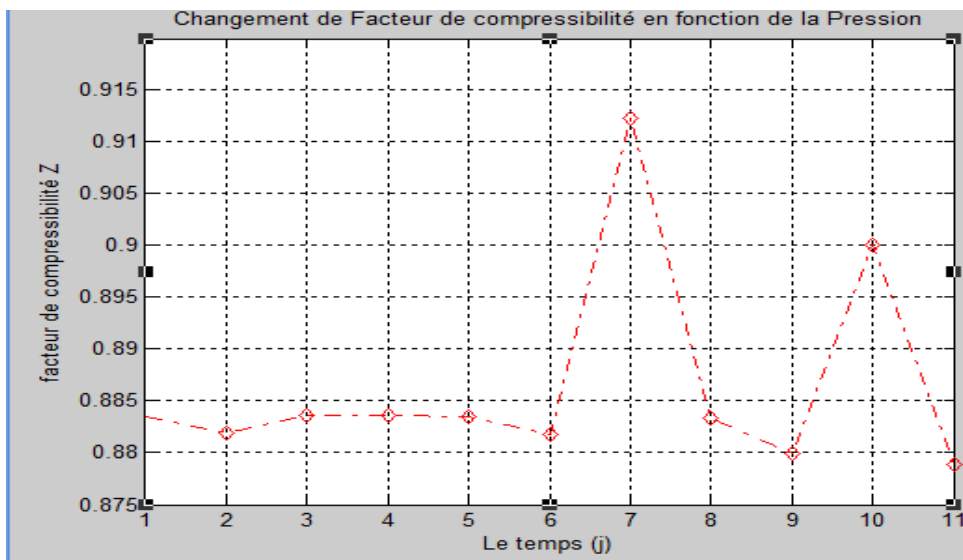
A = am*P/(R*T)^2;
B = bm*P/(R*T);

C2 = (B-1);
C3 = (A-2*B-3*(B^2));
C4 = (-A*B+(B^2)+(B^3));

coef = [1,C2,C3,C4];
Z(ii) = max(roots(coef));
amm(ii) = am;
bmm(ii) = bm;
coeff(ii,:) = coef;
end

%% Affichage
disp('la somme Totale est : ')
disp(amm)
disp('la somme des bm est : ')
disp(bmm)
disp('les coefficients de Z : ')
disp(coeff)
disp('Le Maximum des racines : ')
disp(Z)
%%
plot(t,Z, '-.rd')
xlabel('Le temps (j)')
ylabel('facteur de compressibilité Z')
title('Changement de Facteur de compressibilité en fonction de la Pression')
grid on;

```



Programme de ANDROLAKIS et autre

% les constants

```

yi(1,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(2,:) = [0.7847 0.1279 0.0605 0.0063 0.0109 0.0025 0.0021 0.0002 0.0027 0.0020 0.0002];
yi(3,:) = [0.7876 0.1271 0.0581 0.0059 0.0104 0.0024 0.0019 0.0002 0.0020 0.0022 0.0022];
yi(4,:) = [0.7840 0.1272 0.0590 0.0059 0.0105 0.0024 0.0019 0.0003 0.0054 0.0021 0.0013];
yi(5,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(6,:) = [0.7801 0.1294 0.0625 0.0066 0.0113 0.0001 0.0024 0.0008 0.0048 0.0014 0.0006];
yi(7,:) = [0.8861 0.0781 0.0134 0.0035 0.0050 0.0006 0.0008 0.0003 0.0054 0.0057 0.0011];
yi(8,:) = [0.7856 0.1226 0.0594 0.0064 0.0109 0.0023 0.0019 0.0006 0.0002 0.0027 0.0074];
yi(9,:) = [0.7771 0.1302 0.0637 0.0065 0.0115 0.0026 0.0021 0.0003 0.0039 0.0018 0.0003];
yi(10,:) = [0.8280 0.1334 0.0151 0.0030 0.0059 0.0026 0.0020 0.0005 0.0049 0.0044 0.0004];
yi(11,:) = [0.7765 0.1285 0.0685 0.0062 0.0109 0.0024 0.0019 0.0005 0.0025 0.0019 0.0002];
[s,z] = size(yi);

```

```
t = [1:s];
```

```
T = 554.67;
```

```
P = 536.63;
```

```
R = 10.73;
```

```
Tci = [343.08 549.72 665.64 734.76 765.36 828.72 845.46 913.32 227.34 547.56 278.0658];
```

```
Pci = [667.754952 707.78544 616.266462 529.098624 550.709286 490.373478 488.633022
436.854456 492.984162 1070.670516 731.3092];
```

```
Wi = [0.0115 0.0995 0.1523 0.177 0.2002 0.2275 0.2515 0.3013 0.225 0.04 0.022];
```

```
Kij = [0,0.005,0.01,0.035,0.025,0.05,0.03,0.03,0.025,0.105,0;...
```

```
0.005,0,0.005,0.005,0.01,0.02,0.02,0.02,0.01,0.13,0;...
```

```
0.01,0.005,0,0,0.015,0.015,0.01,0.09,0.123,0;...
```

```
0.035,0.005,0,0,0.005,0.005,0.005,0.005,0.095,0.12,0;...
```

```
0.025,0.01,0,0.005,0,0.005,0.005,0.005,0.095,0.115,0;...
```

```
0.05,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
```

```
0.03,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
```

```
0.03,0.02,0.01,0.005,0.0050,0,0,0,0.11,0.115,0;...
```

```
0.025,0.01,0.09,0.095,0.095,0.1,0.1,0.11,0,0,0;...
```

```
0.105,0.13,0.123,0.12,0.115,0.115,0.115,0.115,0,0,0;...
```

```
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];
```

```
d1 = [0.622 0.79 0.921 0.95 1.01 1.16 1.15 1.215 0.1255 0.65 0.65];
```

```
d2 = [0.418 0.9 0.127 0.402 0.33 0.03 0.125 0.4515 0.5656 0.5 0.0213];
```

```
d3 = [0.49 0.4336 0.489 0.11 0.36 0.1 0.965 0.545 1.671 0.0001 0.03];
```

% % les calculs

```
fori=1:11
```

```
aci(i) = 0.457235*(R*Tci(i))^2/Pci(i);
```

```
bi(i) = 0.077796*R*Tci(i)/Pci(i);
```

```
alpai(i)=(1+d1(i))*(1-(T/Tci(i))^(2/3)))+(d2(i)*(1-(T/Tci(i))^(2/3)))^2+(d3(i)*(1-
(T/Tci(i))^(2/3)))^3;
```

```
end
```

```
for ii=1:s
```

```
xi = yi(ii,:);
```

```
am = 0;
```

```
fori=1:11
```

```
for j=1:11
```

```
am =abs(am + (xi(i)*xi(j)*sqrt(aci(i)*alpai(i)*aci(j)*alpai(j))*(1-Kij(i,j))));
```

```
end
```

```
end
```

```

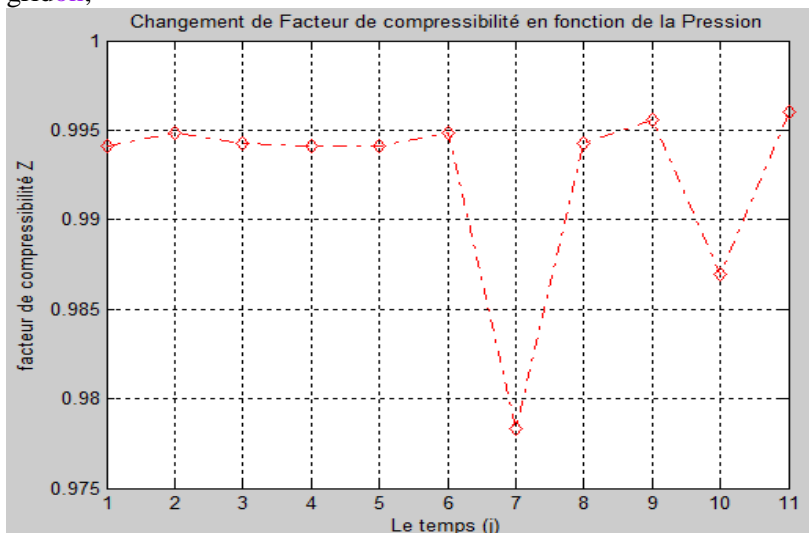
bm = 0;
fori = 1:11
bm = bm + (bi(i)*xi(i));
end

A = am*P/(R*T)^2;
B = bm*P/(R*T);

C2 = (B-1);
C3 = (A-2*B-3*(B^2));
C4 = (-A*B+(B^2)+(B^3));

coef = [1,C2,C3,C4];
Z(ii) = max(roots(coef));
amm(ii) = am;
bmm(ii) = bm;
coeff(ii,:) = coef;
end
% affichage
disp('la somme Totale est : ');
disp(amm);
disp('la somme des bm est : ');
disp(bmm);
disp('les coefficients de Z : ');
disp(coeff);
disp('Le Maximum des racines : ');
disp(Z)
% %
plot(t,Z, '-.rd')
xlabel('Le temps (j)')
ylabel('facteur de compressibilité Z')
title('Changement de Facteur de compressibilité en fonction de la Pression')
gridon;

```



Programme de coquelet et autre

```

yi(1,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(2,:) = [0.7847 0.1279 0.0605 0.0063 0.0109 0.0025 0.0021 0.0002 0.0027 0.0020 0.0002];
yi(3,:) = [0.7876 0.1271 0.0581 0.0059 0.0104 0.0024 0.0019 0.0002 0.0020 0.0022 0.0022];
yi(4,:) = [0.7840 0.1272 0.0590 0.0059 0.0105 0.0024 0.0019 0.0003 0.0054 0.0021 0.0013];
yi(5,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];

```

```

yi(6,:) = [0.7801 0.1294 0.0625 0.0066 0.0113 0.0001 0.0024 0.0008 0.0048 0.0014 0.0006];
yi(7,:) = [0.8861 0.0781 0.0134 0.0035 0.0050 0.0006 0.0008 0.0003 0.0054 0.0057 0.0011];
yi(8,:) = [0.7856 0.1226 0.0594 0.0064 0.0109 0.0023 0.0019 0.0006 0.0002 0.0027 0.0074];
yi(9,:) = [0.7771 0.1302 0.0637 0.0065 0.0115 0.0026 0.0021 0.0003 0.0039 0.0018 0.0003];
yi(10,:) = [0.8280 0.1334 0.0151 0.0030 0.0059 0.0026 0.0020 0.0005 0.0049 0.0044 0.0004];
yi(11,:) = [0.7765 0.1285 0.0685 0.0062 0.0109 0.0024 0.0019 0.0005 0.0025 0.0019 0.0002];
[s,z] = size(yi);
t = [1:s];
T = 554.67;
P = 536.63;
R = 10.73;
Tci = [343.08 549.72 665.64 734.76 765.36 828.72 845.46 913.32 227.34 547.56 278.0658];
Pci = [667.754952 707.78544 616.266462 529.098624 550.709286 490.373478 488.633022 436.854456 492.984162
1070.670516 731.3092];
Wi = [0.0115 0.0995 0.1523 0.177 0.2002 0.2275 0.2515 0.3013 0.225 0.04 0.022];
Kij = [0,0.005,0.01,0.035,0.025,0.05,0.03,0.025,0.105,0;...
0.005,0,0.005,0.005,0.01,0.02,0.02,0.02,0.01,0.13,0;...
0.01,0.005,0,0,0,0.015,0.015,0.01,0.09,0.123,0;...
0.035,0.005,0,0,0.005,0.005,0.005,0.005,0.095,0.12,0;...
0.025,0.01,0,0.005,0,0.005,0.005,0.005,0.095,0.115,0;...
0.05,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.01,0.005,0.005,0,0,0,0.11,0.115,0;...
0.025,0.01,0.09,0.095,0.095,0.1,0.1,0.11,0,0,0;...
0.105,0.13,0.123,0.12,0.115,0.115,0.115,0.115,0,0,0;...
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];
c1=[0.305 1.4 0.563 0.6478 0.6478 0.699 0.747 0.79 0.4 0.4 0.5645];
c2=[0.009 -0.5 0.3768 0.2443 0.2443 0.1 0.0445 0.17 -0.15 0.1786 0.7856];
c3=[0.931 0.01 -0.2648 -0.0082 -0.0082 0.3646 0.3646 0.0866 0.8821 0.7 0.5646];
% % les calculs
fori=1:11
aci(i) = 0.457235*(R*Tci(i))^2/Pci(i);
bi(i) = 0.077796*R*Tci(i)/Pci(i);
alpha(i)= exp(c1(i)*(1-(T/Tci(i))))*(1+c2(i)*(1-(T/Tci(i)))^(2/3))^2)+c3(i)*(1-(T/Tci(i))^(1/2)^3);
end
for ii=1:s
xi = yi(ii,:);
am = 0;
fori=1:11
for j=1:11
am = ( am + (xi(i)*xi(j))*sqrt(aci(i)*alpha(i)*aci(j)*alpha(j))*(1-Kij(i,j))));
end
end

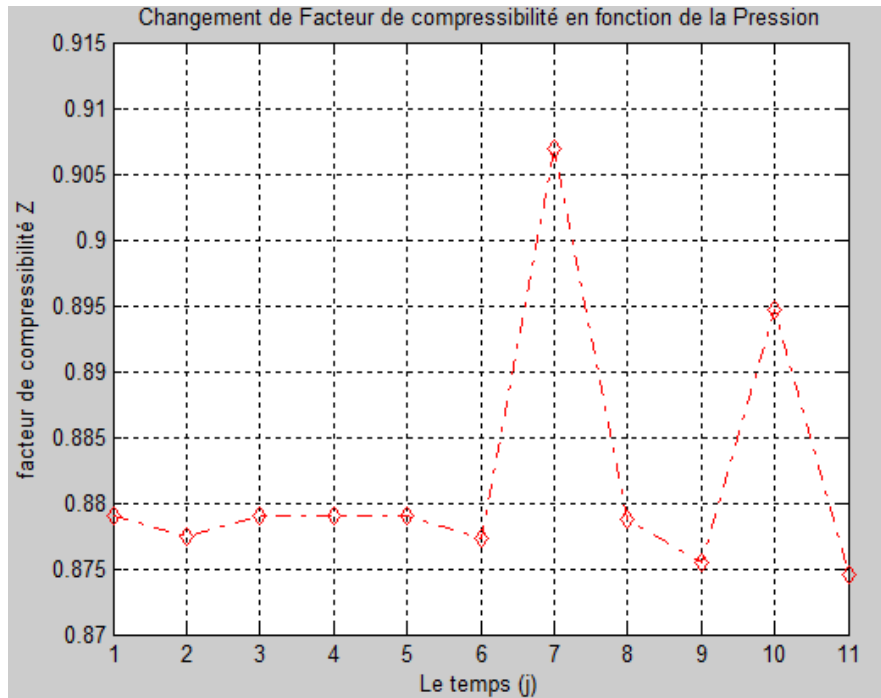
bm = 0;
fori = 1:11
bm = bm + (bi(i)*xi(i));
end

A = am*P/(R*T)^2;
B = bm*P/(R*T);

C2 = (B-1);
C3 = (A-2*B-3*(B^2));
C4 = (-A*B+(B^2)+(B^3));

coef = [1,C2,C3,C4];
Z(ii) = max(roots(coef));
amm(ii) = am;
bmm(ii) = bm;
coeff(ii,:) = coef;
end
% % affichage
disp('la somme Totale est : ');
disp(amm);
disp('la somme des bm est : ');
disp(bmm);
disp('les coefficients de Z : ');
disp(coef);
disp('Le Maximum des racines : ');
disp(Z)
% %
plot(t,Z, '-.rd')
xlabel('Le temps (j)')
ylabel('facteur de compressibilité Z')
title('Changement de Facteur de compressibilité en fonction de la Pression')
gridon;

```



Programme de Peng robinson modifié

```
clc; clear all; close all;
```

```
%% Les entrées
```

```
yi(1,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(2,:) = [0.7847 0.1279 0.0605 0.0063 0.0109 0.0025 0.0021 0.0002 0.0027 0.0020 0.0002];
yi(3,:) = [0.7876 0.1271 0.0581 0.0059 0.0104 0.0024 0.0019 0.0002 0.0020 0.0022 0.0022];
yi(4,:) = [0.7840 0.1272 0.0590 0.0059 0.0105 0.0024 0.0019 0.0003 0.0054 0.0021 0.0013];
yi(5,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(6,:) = [0.7801 0.1294 0.0625 0.0066 0.0113 0.0001 0.0024 0.0008 0.0048 0.0014 0.0006];
yi(7,:) = [0.8861 0.0781 0.0134 0.0035 0.0050 0.0006 0.0008 0.0003 0.0054 0.0057 0.0011];
yi(8,:) = [0.7856 0.1226 0.0594 0.0064 0.0109 0.0023 0.0019 0.0006 0.0002 0.0027 0.0074];
yi(9,:) = [0.7771 0.1302 0.0637 0.0065 0.0115 0.0026 0.0021 0.0003 0.0039 0.0018 0.0003];
yi(10,:) = [0.8280 0.1334 0.0151 0.0030 0.0059 0.0026 0.0020 0.0005 0.0049 0.0044 0.0004];
yi(11,:) = [0.7765 0.1285 0.0685 0.0062 0.0109 0.0024 0.0019 0.0005 0.0025 0.0019 0.0002];
```

```
%% Les constantes
```

```
[s,z] = size(yi);
t = [1:s];
T = 554.67;
P = 536.63;
R = 10.73;
Tci = [343.08 549.72 665.64 734.76 765.36 828.72 845.46 913.32 227.34 547.56 278.0658];
Pci = [667.754952 707.78544 616.266462 529.098624 550.709286 490.373478 488.633022 436.854456 492.984162
1070.670516 731.3092];
Wi = [0.0115 0.0995 0.1523 0.177 0.2002 0.2275 0.2515 0.3013 0.225 0.04 0.022];
Kij = [0,0.005,0.01,0.035,0.025,0.05,0.03,0.03,0.025,0.105,0;...
0.005,0,0.005,0.005,0.01,0.02,0.02,0.02,0.01,0.13,0;...
0.01,0.005,0,0,0,0.015,0.015,0.01,0.09,0.123,0;...
0.035,0.005,0,0,0.005,0.005,0.005,0.005,0.095,0.12,0;...
0.025,0.01,0,0.005,0,0.005,0.005,0.005,0.095,0.115,0;...
0.05,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.01,0.005,0.0050,0,0,0,0.11,0.115,0;...
0.025,0.01,0.09,0.095,0.095,0.1,0.1,0.11,0,0,0;...
0.105,0.13,0.123,0.12,0.115,0.115,0.115,0.115,0,0,0;...
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];
```

```
%% Les calculs
```

```
for i=1:11
aci(i) = 0.457235*(R*Tci(i))^2/Pci(i);
bi(i) = 0.077796*R*Tci(i)/Pci(i);
mi(i) = 0.4994+1.6926*Wi(i)-0.39992*Wi(i)^2;
alpha(i) = (1+mi(i)*(1-(sqrt(T/Tci(i))))))^2;
end
```

```
for ii=1:s
```

```

xi = yi(ii,:);
am = 0;
for i=1:11
for j=1:11
    am = am + (xi(i)*xi(j)*sqrt(aci(i)*alpha(i)*aci(j)*alpha(j))*(1-Kij(i,j)));
end
end

bm = 0;
for i = 1:11
bm = bm + (bi(i)*xi(i));
end

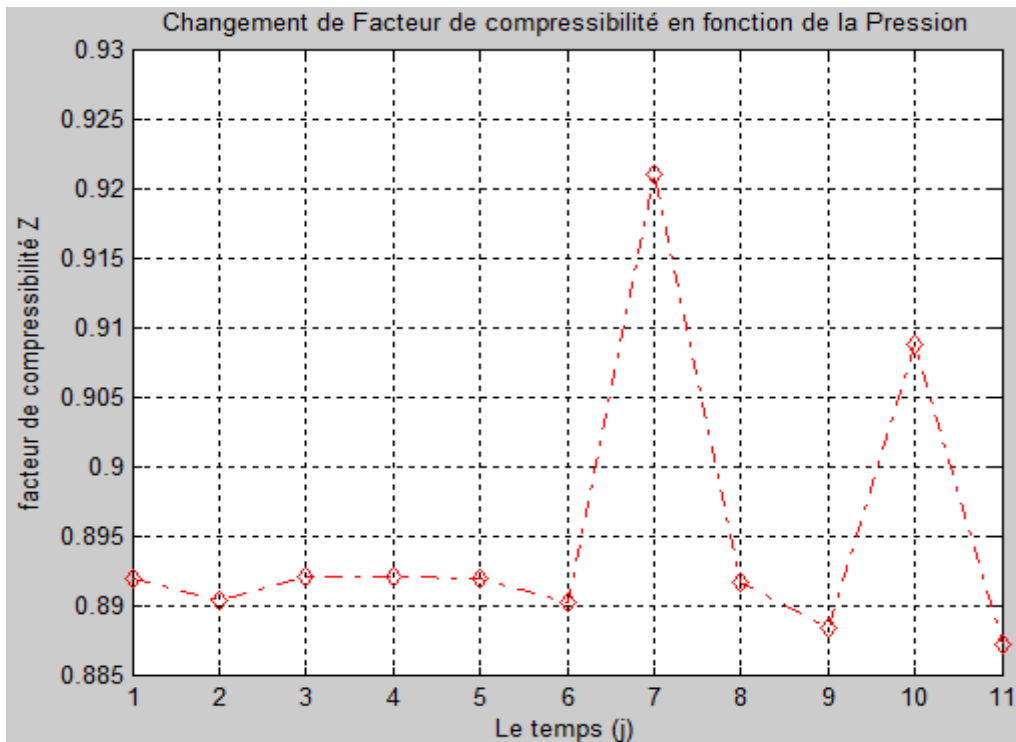
A = am*P/(R*T)^2;
B = bm*P/(R*T);

C2 = (B-1);
C3 = (A-2*B-3*(B^2));
C4 = (-A*B+(B^2)+(B^3));

coef = [1,C2,C3,C4];
Z(ii) = max(roots(coef));
amm(ii) = am;
bmm(ii) = bm;
coeff(ii,:) = coef;
end

%% Affichage
disp('la somme Totale est : ')
disp(amm)
disp('la somme des bm est : ')
disp(bmm)
disp('les coefficients de Z : ')
disp(coef)
disp('Le Maximum des racines : ')
disp(Z)
%%
plot(t,Z, '-.rd')
xlabel('Le temps (j)')
ylabel('facteur de compressibilité Z')
title('Changement de Facteur de compressibilité en fonction de la Pression')
gridon;

```



Programme d'androlakis et autre modifié

```

%% %% les constants
yi(1,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(2,:) = [0.7847 0.1279 0.0605 0.0063 0.0109 0.0025 0.0021 0.0002 0.0027 0.0020 0.0002];
yi(3,:) = [0.7876 0.1271 0.0581 0.0059 0.0104 0.0024 0.0019 0.0002 0.0020 0.0022 0.0022];
yi(4,:) = [0.7840 0.1272 0.0590 0.0059 0.0105 0.0024 0.0019 0.0003 0.0054 0.0021 0.0013];
yi(5,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(6,:) = [0.7801 0.1294 0.0625 0.0066 0.0113 0.0001 0.0024 0.0008 0.0048 0.0014 0.0006];
yi(7,:) = [0.8861 0.0781 0.0134 0.0035 0.0050 0.0006 0.0008 0.0003 0.0054 0.0057 0.0011];
yi(8,:) = [0.7856 0.1226 0.0594 0.0064 0.0109 0.0023 0.0019 0.0006 0.0002 0.0027 0.0074];
yi(9,:) = [0.7771 0.1302 0.0637 0.0065 0.0115 0.0026 0.0021 0.0003 0.0039 0.0018 0.0003];
yi(10,:) = [0.8280 0.1334 0.0151 0.0030 0.0059 0.0026 0.0020 0.0005 0.0049 0.0044 0.0004];
yi(11,:) = [0.7765 0.1285 0.0685 0.0062 0.0109 0.0024 0.0019 0.0005 0.0025 0.0019 0.0002];
[s,z] = size(yi);
t = [1:s];
T = 554.67;
P = 536.63;
R = 10.73;
Tci = [343.08 549.72 665.64 734.76 765.36 828.72 845.46 913.32 227.34 547.56 278.0658];
Pci = [667.754952 707.78544 616.266462 529.098624 550.709286 490.373478 488.633022 436.854456 492.984162
1070.670516 731.3092];
Wi = [0.0115 0.0995 0.1523 0.177 0.2002 0.2275 0.2515 0.3013 0.225 0.04 0.022];
Kij = [0,0.005,0.01,0.035,0.025,0.05,0.03,0.03,0.025,0.105,0;...
0.005,0,0.005,0.005,0.01,0.02,0.02,0.02,0.01,0.13,0;...
0.01,0.005,0,0,0.015,0.015,0.01,0.09,0.123,0;...
0.035,0.005,0,0,0.005,0.005,0.005,0.005,0.095,0.12,0;...
0.025,0.01,0,0.005,0,0.005,0.005,0.005,0.095,0.115,0;...
0.05,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.01,0.005,0.005,0,0,0.11,0.115,0;...
0.025,0.01,0.09,0.095,0.095,0.1,0.1,0.11,0,0;...
0.105,0.13,0.123,0.12,0.115,0.115,0.115,0.115,0,0;...
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];
d1=[0.6244 0.8013 0.9397 0.988 0.988 1.1492 1.1492 1.2295 0.1265 1.0836 0.525];
d2=[-0.0717 0.1206 0.143 0.4016 0.4016 0.111 0.111 0.4079 0.5645 -0.2195 0.013];
d3=[0.4554 0.4336 0.479 0.3899 0.3899 0.9844 0.9844 0.6112 1.6764 2.6186 0.02645];
%% %% les calculs
fori=1:11
aci(i) = 0.457235*(R*Tci(i))^2/Pci(i);
bi(i) = 0.077796*R*Tci(i)/Pci(i);
alpha(i)=(1+d1(i))*(1-(T/Tci(i))^(2/3))+(d2(i)*(1-(T/Tci(i))^(2/3))^2+(d3(i)*(1-(T/Tci(i))^(2/3))^3);
end
for ii=1:s
xi = yi(ii,:);
am = 0;
fori=1:11
for j=1:11
am =abs(am + (xi(i)*xi(j)*sqrt(aci(i)*alpha(i)*aci(j)*alpha(j))*(1-Kij(i,j)))));
end
end

bm = 0;
fori = 1:11
bm = bm + (bi(i)*xi(i));
end

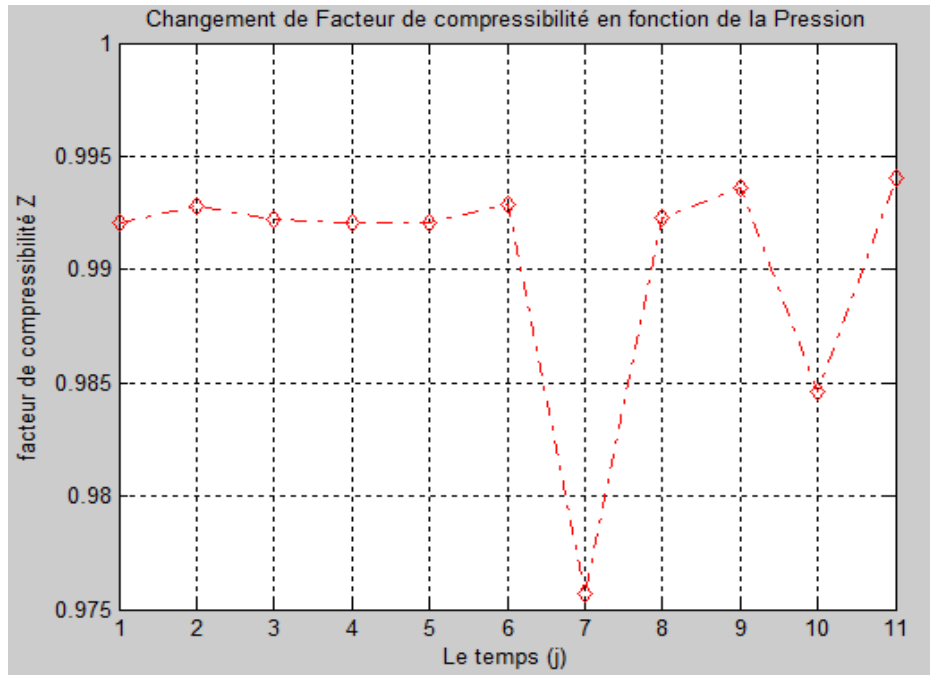
A = am*P/(R*T)^2;
B = bm*P/(R*T);

C2 = (B-1);
C3 = (A-2*B-3*(B^2));
C4 = (-A*B+(B^2)+(B^3));

coef = [1,C2,C3,C4];
Z(ii) = max(roots(coef));
amm(ii) = am;
bmm(ii) = bm;
coeff(ii,:) = coef;
end
%% affichage
disp('la somme Totale est : ');
disp(amm);
disp('la somme des bm est : ');
disp(bmm);
disp('les coefficients de Z : ');
disp(coeff);
disp('Le Maximum des racines : ');
disp(Z)
%%
plot(t,Z, '-.rd')
xlabel('Le temps (j)')

```

```
ylabel('facteur de compressibilité Z')
title('Changement de Facteur de compressibilité en fonction de la Pression')
gridon;
```



Programme de coquelet et autre modifié

```
% % les constants
yi(1,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(2,:) = [0.7847 0.1279 0.0605 0.0063 0.0109 0.0025 0.0021 0.0002 0.0027 0.0020 0.0002];
yi(3,:) = [0.7876 0.1271 0.0581 0.0059 0.0104 0.0024 0.0019 0.0002 0.0020 0.0022 0.0022];
yi(4,:) = [0.7840 0.1272 0.0590 0.0059 0.0105 0.0024 0.0019 0.0003 0.0054 0.0021 0.0013];
yi(5,:) = [0.7854 0.1265 0.0599 0.0062 0.0102 0.0021 0.0017 0.0004 0.0052 0.0022 0.0002];
yi(6,:) = [0.7801 0.1294 0.0625 0.0066 0.0113 0.0001 0.0024 0.0008 0.0048 0.0014 0.0006];
yi(7,:) = [0.8861 0.0781 0.0134 0.0035 0.0050 0.0006 0.0008 0.0003 0.0054 0.0057 0.0011];
yi(8,:) = [0.7856 0.1226 0.0594 0.0064 0.0109 0.0023 0.0019 0.0006 0.0002 0.0027 0.0074];
yi(9,:) = [0.7771 0.1302 0.0637 0.0065 0.0115 0.0026 0.0021 0.0003 0.0039 0.0018 0.0003];
yi(10,:) = [0.8280 0.1334 0.0151 0.0030 0.0059 0.0026 0.0020 0.0005 0.0049 0.0044 0.0004];
yi(11,:) = [0.7765 0.1285 0.0685 0.0062 0.0109 0.0024 0.0019 0.0005 0.0025 0.0019 0.0002];
[s,z] = size(yi);
t = [1:s];
T = 554.67;
P = 536.63;
R = 10.73;
Tci = [343.08 549.72 665.64 734.76 765.36 828.72 845.46 913.32 227.34 547.56 278.0658];
Pci = [667.754952 707.78544 616.266462 529.098624 550.709286 490.373478 488.633022 436.854456 492.984162
1070.670516 731.3092];
Wi = [0.0115 0.0995 0.1523 0.177 0.2002 0.2275 0.2515 0.3013 0.225 0.04 0.022];
Kij = [0,0.005,0.01,0.035,0.025,0.05,0.03,0.03,0.025,0.105,0;...
0.005,0,0.005,0.005,0.01,0.02,0.02,0.02,0.01,0.13,0;...
0.01,0.005,0,0,0,0.015,0.015,0.01,0.09,0.123,0;...
0.035,0.005,0,0,0.005,0.005,0.005,0.005,0.095,0.12,0;...
0.025,0.01,0,0.005,0,0.005,0.005,0.005,0.095,0.115,0;...
0.05,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.015,0.005,0.005,0,0,0,0.1,0.115,0;...
0.03,0.02,0.01,0.005,0.0050,0,0,0,0.11,0.115,0;...
0.025,0.01,0.09,0.095,0.095,0.1,0.1,0.11,0,0,0;...
0.105,0.13,0.123,0.12,0.115,0.115,0.115,0.115,0,0,0;...
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];
c1 = [0.4126 0.5451 0.563 0.6478 0.6478 0.747 0.747 0.7996 0.4617 0.7114 0.5645];
c2 = [-0.0321 -0.0088 0.3768 0.2443 0.2443 0.0445 0.0445 0.17 -0.1792 -0.1786 0.7856];
c3 = [0.3552 0.3433 -0.2648 -0.0082 -0.0082 0.3646 0.3646 0.0866 0.8821 1.6452 0.5646];
% % les calcules
for i=1:11
aci(i) = 0.457235*(R*Tci(i))^2/Pci(i);
bi(i) = 0.077796*R*Tci(i)/Pci(i);
alpha(i) = exp(c1(i)*(1-(T/Tci(i))))*(1+c2(i)*((1-(T/Tci(i)))^(2/3))^2)+c3(i)*((1-(T/Tci(i)))^(1/2))^3);
end
for ii=1:s
```

```

xi = yi(ii,:);
am = 0;
for i=1:11
for j=1:11
    am = ( am + (xi(i)*xi(j)*sqrt(aci(i)*alpha(i)*aci(j)*alpha(j))*(1-Kij(i,j))));
end
end

bm = 0;
for i = 1:11
bm = bm + (bi(i)*xi(i));
end

A = am*P/(R*T)^2;
B = bm*P/(R*T);

C2 = (B-1);
C3 = (A-2*B-3*(B^2));
C4 = (-A*B+(B^2)+(B^3));

coef = [1,C2,C3,C4];
Z(ii) = max(roots(coef));
amm(ii) = am;
bmm(ii) = bm;
coeff(ii,:) = coef;
end
%% affichage
disp('la somme Totale est : ');
disp(amm);
disp('la somme des bm est : ');
disp(bmm);
disp('les coefficients de Z : ');
disp(coeff);
disp('Le Maximum des racines : ');
disp(Z)
%%
plot(t,Z, '-.rd')
xlabel('Le temps (j)')
ylabel('facteur de compressibilité Z')
title('Changement de Facteur de compressibilité en fonction de la Pression')
gridon;

```

