



HAL
open science

Etude expérimentale et modélisation, en fonction du pH et de la concentration en NaCl, du système ternaire U(VI)-NaCl-H₂O à T = 155°C et pression de vapeur saturante

Christophe Rozsypal

► **To cite this version:**

Christophe Rozsypal. Etude expérimentale et modélisation, en fonction du pH et de la concentration en NaCl, du système ternaire U(VI)-NaCl-H₂O à T = 155°C et pression de vapeur saturante. Sciences de la Terre. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 2009. Français. NNT : 2009NAN10127 . tel-01748294

HAL Id: tel-01748294

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01748294>

Submitted on 29 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UMR : CNRS 7566
Ecole Doctorale : RP2E
D.F.D. : Géosciences

Thèse
présentée pour l'obtention du titre de
Docteur de l'Université Henri Poincaré 1
en Géosciences

par
Christophe ROZSY PAL

Etude expérimentale et modélisation, en fonction du pH et de la concentration en NaCl, du système ternaire U(VI)-NaCl-H₂O à T = 155°C et pression de vapeur saturante.

Soutenance publique le 16 Novembre 2009

Membres du jury :

Rapporteurs	Pierre TURQ, Professeur, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI Bertrand FRITZ, Directeur de recherche, CNRS et Université de Strasbourg.
Examineurs	Luis MARTINEZ, Professeur, UHP Nancy 1. Jean Paul LAVAL, Ingénieur de recherche, HDR, Université de Limoges. Jean-Michel SCHMITT, AREVA, Paris La Défense.
Directeur de thèse	Michel CUNEY, Directeur de recherche, CNRS et UHP Nancy1.
Invité	Chinh NGUYEN-TRUNG, Chargé de recherche, HDR, CNRS et UHP Nancy1.

Table des matières

Tables	3
Constantes utilisées	3
Liste des tableaux	3
Liste des figures	4
Introduction	7
1) Etat des connaissances	9
1.1) Contexte géologique	9
1.2) Contexte physicochimique	13
2) Procédure expérimentale et techniques d'analyse	18
2.1) Procédure expérimentale	18
2.1.1) Produits chimiques initiaux	18
2.1.2) Synthèse des précurseurs	18
2.1.3) Synthèse des échantillons	19
2.2) Techniques d'analyse	20
2.2.1) Spectroscopie ultraviolet-visible	20
2.2.2) Spectroscopie infrarouge	21
2.2.3) Spectroscopie Raman	22
2.2.4) Spectroscopie de structure fine étendue d'absorption de rayons X	22
2.2.5) Spectroscopie d'émission atomique dans un plasma produit par couplage inductif	23
2.2.6) Diffraction des rayons X sur poudre	24
2.2.7) Microscopie électronique	24
2.2.7.1) Microscopie électronique	24
2.2.7.2) Spectroscopie de dispersion d'énergie des photons X	25
2.2.7.3) Matériel et échantillons	25
2.2.7.3.1) Microscopie électronique en transmission	25
2.2.7.3.2) Microscopie électronique à balayage	25
3) Résultats expérimentaux	26
3.1) Solubilité de l'uranium (VI)	26
3.1.1) Analyses ICP-AES	26

3.1.2) Etablissement d'une équation empirique permettant de prédire la solubilité totale de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et P_{sat}	29
3.1.3) Détermination du pH minimal en fonction de la concentration en sodium	33
3.1.4) Détermination de la concentration maximale en uranium (VI) en fonction de la concentration en sodium	34
3.2) Solides formés	35
3.3) Spéciation de l'uranium (VI)	52
4) Discussion des résultats	60
4.1) Proposition d'une structure pour les complexes quadriuranyles	60
4.2) Etude de la courbe de solubilité de l'uranium (VI) extrapolée au cas de l'eau pure	61
4.3) Caractérisation des composés en phases solide et liquide	65
Conclusion	68
Annexes	70
Annexe 1) : Modélisation de la saumure aqueuse de chlorure de sodium	70
Annexe 2) : Application du modèle de saumure aqueuse de NaCl à 155°C et pression de vapeur saturante	91
Annexe 3) Copie de la notice du programme PolynomialEquation	97
Annexe 4) Code du programme PolynomialEquation	105
Annexe 5) Modélisation de la masse volumique d'une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température, de la pression, et de la molalité en NaCl	139
Annexe 6) Modélisation de la pression de vapeur saturante au-dessus d'une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température et de la molalité en NaCl	181
Annexe 7) Enthalpies libres molaires de formation de divers composés en fonction de la température et de la pression	206
Annexe 8) Modélisation des constantes de dissociation des composés simples électriquement neutres dans une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température et de la pression	208
Bibliographie	212
Remerciements	218

Tables

Constantes utilisées

Charge du proton	$e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ A s}$
Concentration molaire de référence	$c_0 = 1 \text{ mol L}^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8,3145 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Nombre d'Avogadro	$N = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Masse molaire de l'eau	$M_{\text{H}_2\text{O}} = 1,80153 \cdot 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$
Masse molaire du chlorure de sodium	$M_{\text{NaCl}} = 5,84428 \cdot 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$
Perméabilité magnétique du vide	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ kg m A}^{-2} \text{ s}^{-2}$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux complexes d'uranium (VI) déterminés par potentiométrie et équivalents structuraux représentés sur la figure (1)	17
Tableau 2 : Solubilité de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium, avec les incertitudes I_{Na} sur [Na] et I_{U} sur $[\text{U}^{\text{VI}}]$	27
Tableau 3 : Coefficients de l'équation (8)	31
Tableau 4 : pH minimaux atteints pour diverses concentrations en sodium	33
Tableau 5 : Rapport des quantités de sodium et d'uranium dans les solides en fonction du pH et de la concentration en sodium dans la phase liquide	35
Tableau 6 : Résultats des analyses quantitatives en EXAFS	59

Liste des figures

Figure 1 : Représentation de trois types de complexes d'uranium (VI) référencés dans la littérature avec 5 liaisons par entité uranyle	13
Figure 2 : Solubilité de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat	28
Figure 3 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat	28
Figure 4 : Solubilité expérimentale de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat	32
Figure 5 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité expérimentale de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat	32
Figure 6 : pH minimaux atteints pour diverses concentrations en sodium et application de l'équation (12)	33
Figure 7 : Solubilité maximale modélisée de l'uranium (VI) en fonction de la concentration en sodium	34
Figure 8 : Les deux types de spectres Raman obtenus pour les solides synthétisés au contact de saumures dont la concentration en sodium excède 4,8 mol / L	36
Figure 9 : Spectre d'un minéral de l'échantillon à pH = 3,71 et [Na] = 2,15 M	37
Figure 10 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M	38
Figure 11 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M	38
Figure 12 : Photographie MET d'une partie de la phase solide de l'échantillon à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M	39
Figure 13 : Analyse élémentaire le long de la ligne jaune sur la figure (12)	40
Figure 14 : Cartographie élémentaire de l'échantillon représenté sur la figure (12)	41
Figure 15 : Photographie MEB d'une partie de la phase solide de l'échantillon correspondant à pH = 12,09 et [Na] = 5,51 M	41
Figure 16 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 M	42

Figure 17 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 M	43
Figure 18 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 12,09 et [Na] = 5,51 M	43
Figure 19 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 12,09 et [Na] = 5,51 M	44
Figure 20 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M	45
Figure 21 : Photographie MET d'une partie de la phase solide de l'échantillon à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M	45
Figure 22 : Analyse élémentaire le long de la ligne jaune sur la figure (21)	46
Figure 23 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M	46
Figure 24 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M	47
Figure 25 : Spectre d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M	47
Figure 26 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 3,91 et [Na] = 0,48 mol / L	48
Figure 27 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 mol / L	49
Figure 28 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 mol / L	49
Figure 29 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,86 et [Na] = 5,11 mol / L	50
Figure 30 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 6,25 et [Na] = 2,24 mol / L	50
Figure 31 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 7,54 et [Na] = 0,45 mol / L	51
Figure 32 : Diffractogrammes X des solides de plusieurs échantillons	51
Figure 33 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2) (Bandes à 429 nm pour [Na] < 5 M et à 433nm pour [Na] > 5 M)	53
Figure 34 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations	

totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2) (Bande à 421 nm)	54
Figure 35 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2) (Bandes à 429 nm pour [Na] < 5 M et à 433nm pour [Na] > 5 M)	54
Figure 36 : Spectre Raman de l'échantillon liquide à pH = 2,92 et [Na] = 5,58 M (pic à 838 cm ⁻¹ et épaulement à 858 cm ⁻¹)	55
Figure 37 : Spectre Raman de l'échantillon liquide à pH = 2,93 et [Na] = 5,89 M (pic à 838 cm ⁻¹ et épaulement à 858 cm ⁻¹)	55
Figure 38 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 2,92 et [Na] = 5,58 M (pic à 920 cm ⁻¹)	56
Figure 39 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 2,93 et [Na] = 5,89 M (pic à 920 cm ⁻¹)	56
Figure 40 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 3,71 et [Na] = 2,15 M (pic à 923 cm ⁻¹)	57
Figure 41 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 3,91 et [Na] = 0,48 M (pic à 941 cm ⁻¹ et épaulements à 923 cm ⁻¹ et 961 cm ⁻¹)	57
Figure 42 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)	58
Figure 43 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)	58
Figure 44 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)	59
Figure 45 : Structure hypothétique des complexes quadriuranyles avec 5 liaisons par entité UO ₂ ²⁺	60
Figure 46 : Solubilité modélisée de l'uranium (VI) en fonction du pH et de [Na] à 155°C et Psat	62
Figure 47 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de [Na] à 155°C et Psat	63
Figure 48 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH dans l'eau pure à 155°C et Psat	64

Introduction

L'étude de la solubilité et de la spéciation de l'uranium (VI) dans des saumures aqueuses de NaCl dont la température est comprise entre 150°C et 200°C est fondamentale pour la compréhension des phénomènes de transport et de dépôt de cet élément et ainsi de la formation des gisements qui le contiennent. La plupart de ceux-ci sont en effet supposés se former par réduction de l'uranium (VI), transporté par un fluide, en uranium (IV) qui alors se dépose (RIC78). Les gisements d'uranium associés aux discordances, auxquels nous nous intéresserons plus particulièrement ici, se forment à proximité de l'interface entre un bassin sédimentaire et un socle riche en uranium principalement présent sous forme d'uranium (IV) (HOE78, FAY97, DER03, et DER05). A la base de ce bassin sédimentaire, où la température est comprise entre 150°C et 200°C, circulent des saumures aqueuses chlorurées à dominante sodique suffisamment oxydantes, du fait de leur équilibre avec l'hématite (Fe_2O_3) également présente à la base du bassin sédimentaire (DER05), pour oxyder l'uranium (IV) présent dans le socle. La question qui se pose alors lors de l'exploration des gisements d'uranium est de savoir si les saumures aqueuses hydrothermales (150-200°C, Psat) riches en NaCl peuvent transporter l'uranium (VI) ainsi obtenu jusqu'à l'endroit où il est réduit et se dépose pour former le gisement. Cette étude consiste donc à mesurer la solubilité de l'uranium (VI) dans des saumures aqueuses de NaCl à 155°C et Psat, en fonction de la concentration en NaCl et du pH.

A ce jour, la connaissance sur les propriétés physicochimiques de l'uranium en milieu aqueux chloruré est limitée à 25°C et 0,1 MPa (GRE92 et GUI03). Dans ces conditions, il a été établi que jusqu'à pH = 3, le cation UO_2^{2+} forme cinq complexes de type $\text{UO}_2\text{Cl}_c^{2-c}$, avec c compris entre 1 et 5, et dont l'existence a été mise en évidence à l'aide de la spectroscopie Raman (NGU92) et de l'EXAFS (ALL97). Les valeurs des constantes de formation de deux d'entre eux, à partir de UO_2^{2+} , ont pu être déterminées. Ce sont $K_1 = 10^{0,17}$ pour UO_2Cl^+ et $K_2 = 10^{-1,1}$ pour UO_2Cl_2 (GUI93). Pour des pH compris entre 4 et 7, les complexes $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})_4$ et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3\text{Cl}_3(\text{H}_2\text{O})_3^{2-}$ ont été identifiés par diffraction des rayons X sur les solides précipités à partir de phases liquides contenant 3,1 mol / L de chlorure d'uranium (VI) (ABE70). Les valeurs des constantes de formation de ces complexes restent cependant inconnues à ce jour. En se fondant sur la structure de ceux-ci, Baes et Mesmer ont également envisagé l'existence du complexe $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ (BAE76), dont l'existence a pu être mise en évidence par spectroscopie Raman (NGU91), mais sa constante

de formation est, elle aussi, inconnue. La difficulté d'obtenir des données valables sur les interactions de l'uranium (VI) avec le ligand chlorure à $\text{pH} > 4$ résulte de deux causes liées aux propriétés physicochimiques de l'uranium (VI). La première est la précipitation de celui-ci sous forme d'uranates dès que le pH est supérieur ou égal à 4. La deuxième est la coexistence de plusieurs complexes d'uranium (VI) avec les deux ligands OH^- et Cl^- à une même valeur de pH . Ainsi à $\text{pH} > 8$, les données sur l'effet du chlorure sur le comportement de l'uranium (VI) sont inexistantes. Il en est de même pour l'uranium (VI) dans les fluides hydrothermaux riches en chlorure.

Dans ce contexte, le but de ce travail consiste à déterminer expérimentalement la solubilité de l'uranium (VI) dans des saumures aqueuses de NaCl à 155°C et Psat , en fonction des deux paramètres physicochimiques que sont le pH et la concentration en NaCl. Du point de vue analytique, les produits obtenus en fin d'expérience sont caractérisés à l'aide d'une combinaison de techniques de mesures qualitatives et quantitatives :

- spectroscopies Raman et EDXS, DRX, MEB, et MET pour les phases solides.
- ICP-AES et spectroscopies Raman, FTIR ATR, UV-visible, et EXAFS pour les phases liquides.

Les données obtenues à partir des analyses qualitatives et quantitatives des phases solides et liquides devront permettre :

- de quantifier l'évolution de la solubilité de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en NaCl.
- d'identifier le ou les principaux facteurs favorisant la solubilité de l'uranium.
- de déterminer la nature des phases solides prédominantes formées et les complexes majoritaires en équilibre avec elles.

Ce manuscrit comprend quatre chapitres. Le premier chapitre décrit les différents types de gisements d'uranium associés à des fluides hydrothermaux chlorurés et passe en revue les résultats antérieurs sur la physicochimie de l'uranium (VI) solide et soluble en milieux aqueux chlorurés. Le deuxième chapitre dresse la liste des produits chimiques et du matériel utilisés, décrit le mode opératoire des expériences, et passe en revue toutes les techniques d'analyse utilisées. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats expérimentaux obtenus. Enfin, le quatrième chapitre est réservé à la discussion de ceux-ci.

1) Etat des connaissances

1.1) Contexte géologique

Des fluides riches en chlorures sont décrits comme associés au transport de l'uranium dans de nombreux types de gisements. Ceux-ci couvrent des gammes de températures comprises entre 80°C et 800°C. Les principaux gisements d'uranium dans lesquels des fluides riches en chlorures sont impliqués sont les gisements hydrothermaux diagénétiques, incluant ceux formés au sein des bassins sédimentaires et ceux associés aux discordances, les gisements hydrothermaux métamorphiques, et les gisements associés aux saumures magmatiques.

Les gisements d'uranium hydrothermaux diagénétiques formés au sein des bassins sédimentaires, dont les teneurs en uranium sont comprises entre 0,05 et 1 % pour une masse d'uranium comprise entre quelques milliers de tonnes et plusieurs dizaines de milliers de tonnes, se forment à une température comprise entre 80°C et 150°C et peuvent être tabulaires, tectonolithologiques, ou à brèches de dissolution et effondrement. Dans les gisements tabulaires, tels que ceux de la Grants Mineral Belt aux Etats-Unis, la minéralisation est disposée parallèlement au litage stratigraphique (HAN92). Dans les gisements tectonolithologiques, tels que ceux du Niger, la minéralisation est contrôlée à la fois par la stratigraphie et la tectonique (PAG05). Ces deux types de gisements sont localisés dans les grès continentaux riches en matière organique et en fluides contenant entre 1 et 2 moles de chlorure par litre. Les gisements à brèches de dissolution et effondrement se trouvent, quant à eux, en milieu carbonaté (WEN87).

Les gisements d'uranium associés aux discordances sont formés au niveau de l'interface entre un socle cristallin d'âge archéen (2,7-2,8 milliards d'années) ou paléoproterozoïque (1,8-2,2 milliards d'années) et un bassin sédimentaire oxydé déposé en milieu continental et d'âge paléoproterozoïque ou mésoproterozoïque (1,6-1,7 milliards d'années), à une température comprise entre 150°C et 200°C. Les saumures chlorurées associées au transport de l'uranium y sont beaucoup plus concentrées que dans les gisements formés au sein de bassin sédimentaires. Ce sont les gisements d'uranium les plus riches du monde avec de très grands tonnages. Les gisements les plus importants sont localisés dans le bassin de l'Athabasca, dans le Saskatchewan au Canada, avec des teneurs moyennes généralement supérieures au pourcent et jusqu'à 18% d'uranium pour des ressources de 200 000 tonnes pour le gisement

de McArthur River. Dans le district uranifère des rivières Alligator, dans les Territoires du Nord en Australie, les gisements présentent généralement des teneurs en uranium inférieures au pourcent (HOE78, FAY97, DER03, et DER05).

Les gisements d'uranium hydrothermaux métamorphiques se forment à des températures comprises entre 300°C et 400°C dans des domaines présentant une tectonique chevauchante. Les formations évaporitiques produisent des fluides oxydants contenant entre 6 et 9 moles de chlorure par litre et pouvant transporter l'uranium, tandis que les formations argileuses, riches en matière organique, produisent des fluides hydrocarbonés qui réduisent l'uranium. Les principaux gisements de ce type sont localisés en République Démocratique du Congo et en Zambie (KRI05). Certaines occurrences sont également localisées dans la chaîne du Nouveau Québec (KIS81).

Les gisements d'uranium associés à des saumures magmatiques se forment à des températures comprises entre 650°C et 800°C. Lors de l'expulsion de la phase fluide dissoute dans un magma silicaté, le chlore fractionne très fortement avec les métaux alcalins en faveur de la phase fluide aqueuse. Des fluides extrêmement enrichis en chlorures ont été identifiés dans des gisements de ce type tels que ceux de Rössing en Namibie (CUN80) ou d'Olympic Dam en Australie du Sud (HIT92). Ces gisements représentent de très larges tonnages mais de faibles teneurs en uranium. Le gisement d'Olympic Dam est ainsi le plus grand du monde, avec des ressources de deux millions de tonnes, mais avec une teneur moyenne en uranium de 350 ppm massiques. Le rôle des saumures chlorurées dans la formation de ces gisements est toutefois encore mal connu.

Seuls les gisements d'uranium associés aux discordances, sur lesquels des travaux de recherche ont été menés depuis environ une quarantaine d'années, sont ainsi suffisamment bien connus pour permettre de relier sans ambiguïté la formation de concentrations exceptionnelles d'uranium à la circulation de fluides très riches en chlorures. C'est pourquoi les conditions dans lesquelles les expériences ont été conduites dans le cadre de cette étude correspondent à celles régnant lors de la genèse de ce type de gisement. Présentons alors ceux-ci de manière plus détaillée. Ces gisements sont principalement localisés dans deux régions du monde, le bassin de l'Athabasca dans le Saskatchewan au Canada et le bassin de Kombolgie dans le Territoire du Nord en Australie.

Pour comprendre la formation de ces gisements, les géologues considèrent trois étapes successives : la source du métal qui représente de très grands volumes de roche avec une teneur faible de ce métal, le transport qui se fait généralement par des fluides aqueux qui extraient le métal de la source, et le dépôt qui représente les conditions permettant une concentration du métal dans des volumes restreints.

Au niveau de la source de l'uranium il a été montré que les minéraux, des bassins sédimentaires et du socle, contenant cet élément subissaient une altération importante et le libérait dans le bassin lors de la diagenèse (FAY97, HEC00 ; HEC03, GAB07). Un débat reste cependant ouvert entre les partisans d'un uranium provenant uniquement des formations détritiques du bassin et ceux faisant du socle métamorphique une source largement prédominante du fait de sa teneur en uranium beaucoup plus élevée. Ce débat a des conséquences directes sur les modèles de circulation des saumures diagénétiques. Il existe ainsi un modèle « per descensum », selon lequel la source de l'uranium est considérée être le bassin lui-même, et un modèle « per ascensum », nécessitant une infiltration profonde des saumures dans le socle qui serait alors la source principale d'uranium.

Au niveau du transport de l'uranium la détermination de la composition chimique des fluides, par analyse des inclusions de ceux-ci dans les roches, a permis de conforter l'hypothèse envisageant une infiltration profonde des fluides dans le socle (DER02, DER03, et DER05). Deux types de fluides ont été ainsi identifiés : une saumure diagénétique précoce à dominante sodique et une saumure plus tardive à dominante calcique. Cette seconde saumure est interprétée comme résultant de l'évolution de la première par interaction avec les minéraux calciques du socle lors de sa percolation dans celui-ci. Les teneurs en uranium observées dans ces inclusions fluides sont de l'ordre de quelques dizaines de ppm massique à mille ppm massique pour un pH estimé de l'ordre de 4 (RIC09).

Au niveau du dépôt de l'uranium le mécanisme de la réduction de cet élément est par contre beaucoup moins bien compris. Les rôles potentiels du graphite, des sulfures, ou du méthane pour cette réduction restent encore fortement débattus (LAN93, ANN01, SAN03, et WIL05). Il a cependant pu être montré que les fluides impliqués dans la genèse des minéralisations uranifères sont des fluides dérivant d'évaporites stockées dans la partie basale gréseuse du bassin lors de la diagenèse (KOT95, FAY97, KYS00, POL04, DER03, et DER05)) et les paragenèses d'altérations associées aux gisements ont également fait l'objet de nombreux travaux (BEA05, KIS06, LAV06).

Ces différents exemples de gisements d'uranium associés à des fluides aqueux riches en chlorures montrent que l'un des besoins les plus fondamentaux dans le domaine de la métallogénèse de cet élément est l'acquisition de données expérimentales sur les solubilités des différents solides d'uranium à haute température, haute pression, et en présence de concentrations élevées en chlorure. De telles données sont indispensables pour le développement d'une modélisation thermodynamique des conditions de genèse de ces gisements plus satisfaisante que celles qui ont été tentées pour les gisements d'uranium associés aux discordances protérozoïques. Les données thermodynamiques de solubilité de l'uranium actuellement disponibles dans les conditions de formation de ces gisements proviennent essentiellement de l'extrapolation de données expérimentales obtenues à température ambiante ou avec des concentrations très faibles en chlorure (KOM95, KOM96, RAF95-1, RAF95-2, et SHO97).

1.2) Contexte physicochimique

La mesure de la solubilité de l'uranium (VI) est directement liée à sa spéciation dans la phase liquide et à l'identification des composés solides dans lesquels il est présent, étant donné que cette solubilité dépend de l'équilibre entre ces deux phases.

Commençons donc par passer en revue les possibles composés solubles d'uranium (VI) en milieu aqueux sodique et chloruré. De manière à permettre au lecteur de visualiser les divers complexes d'uranium (VI) que nous allons mentionner, nous anticipons ici sur cette revue bibliographique en présentant tout d'abord leurs structures générales sur la figure (1) et pour lesquelles nous avons considéré que chaque entité uranyle UO_2^{2+} dans ces complexes forme cinq liaisons dans son plan équatorial, perpendiculaire à l'axe $\text{O}=\text{U}=\text{O}$ de UO_2^{2+} .

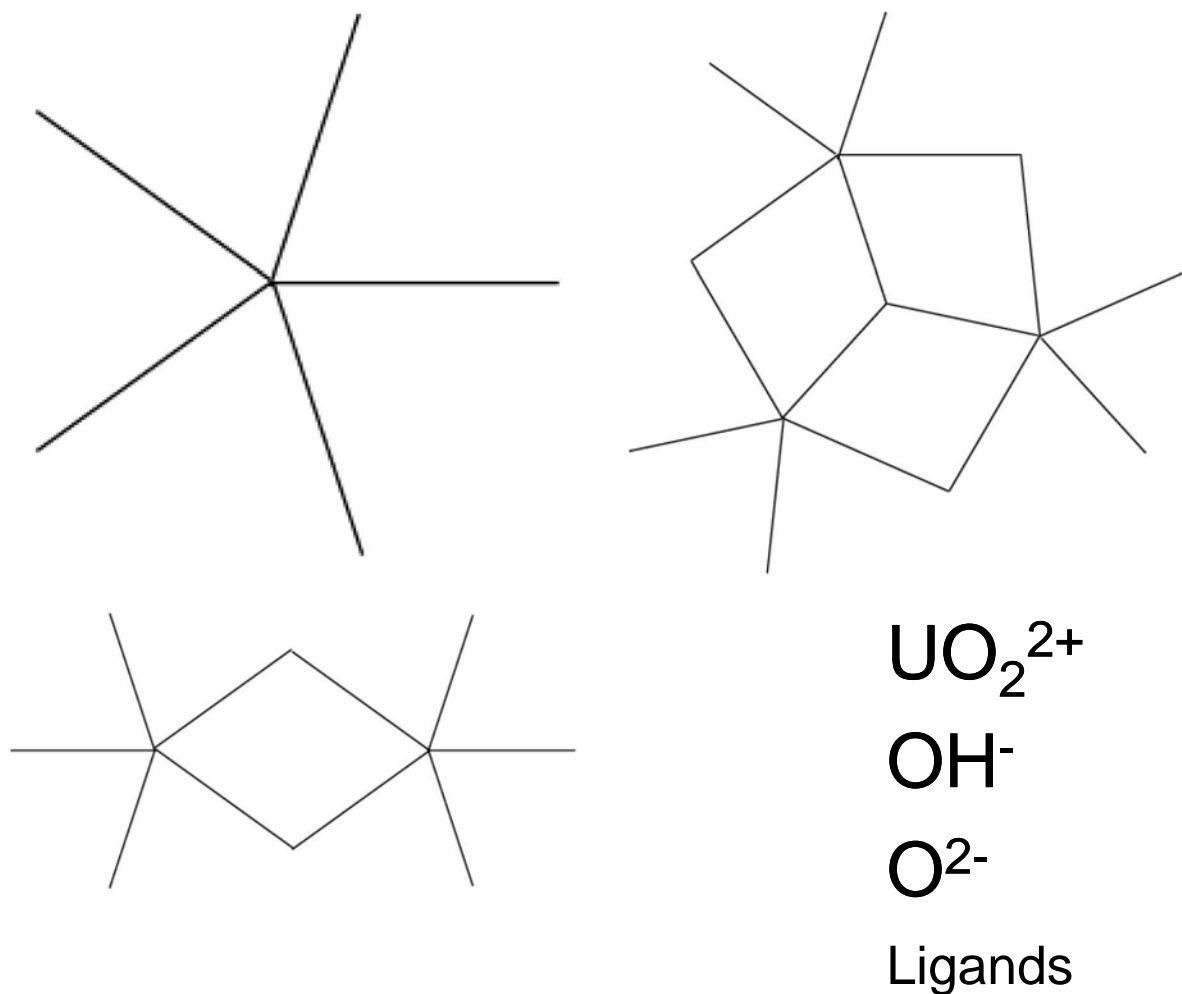


Figure 1 : Représentation de trois types de complexes d'uranium (VI) référencés dans la littérature avec 5 liaisons par entité uranyle

Nous nommerons monouranyles (M), diuranyles (D), et triuranyles (T), les complexes d'uranium (VI) représentés sur la figure (1), en fonction du nombre d'entités UO_2^{2+} qu'ils contiennent. Ces complexes ont donc pour bases UO_2^{2+} pour les complexes monouranyles, $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ pour les complexes diuranyles, et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ pour les complexes triuranyles. Notons que dans certaines études l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ est décrite comme étant l'espèce $(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_5^+$, convention que nous n'adopterons pas ici. A température et pression ambiantes, le nombre de liaisons qu'un ion uranyle peut effectuer dans son plan équatorial avec des molécules d'eau est généralement admis comme étant égal à 5 (BAR98, SPE99, WAH99, HAG05). Il se peut toutefois que le nombre de ligands puisse varier en fonction du type de complexe (M, D, ou T) et de la nature de ces ligands. En effet, remarquons premièrement que les ions OH^- et O^{2-} impliqués dans les complexes diuranyles et triuranyles possèdent trois liaisons par atome d'oxygène, alors que celui-ci a habituellement tendance à n'en former que deux. Il est donc possible que les ions uranyles présents dans ces complexes impliquent plus d'un électron par liaison de manière à compenser le déficit d'électrons de l'oxygène et donc que le nombre d'électrons restant disponibles pour effectuer une liaison avec d'éventuels ligands soit plus faible que pour les ions monouranyles. Considérons maintenant les ligands possibles dans les saumures aqueuses de $\text{NaCl} : \text{H}_2\text{O}$, OH^- , et Cl^- . La liaison d'un ion uranyle avec OH^- ou Cl^- se fera sans doute par un transfert de la charge du ligand vers l'ion uranyle, alors qu'une liaison avec une molécule d'eau impliquerait elle aussi trois liaisons sur un atome d'oxygène si nous considérons que cette liaison, dans la première sphère d'hydratation du complexe, est une liaison effective et non uniquement une polarisation des molécules d'eau. Il est donc également possible qu'un ion uranyle implique plus d'un électron dans une liaison avec une molécule d'eau, et qu'ainsi le nombre d'électrons restant disponibles pour effectuer une liaison avec d'autres ligands soit diminué. Pour ces raisons, et également pour simplifier l'écriture des complexes d'uranium (VI), nous n'écrirons pas les molécules d'eau intervenant dans les formules de ces complexes. De manière générale, un complexe d'uranium (VI) dans une saumure aqueuse de NaCl sera nommé $(\text{UO}_2)_u\text{O}_o(\text{OH})_h\text{Cl}_c^{(2u-2o-h-c)}$, alors qu'en toute rigueur il devrait être nommé $(\text{UO}_2)_u\text{O}_o(\text{OH})_h\text{Cl}_c(\text{H}_2\text{O})_x^{(2u-2o-h-c)}$. Le tableau (1) présente les principaux complexes d'uranium (VI) supposés exister sur la base d'études potentiométriques dans l'eau pure à 25°C (GRE92). Ces complexes y sont présentés selon leurs formules déterminées par cette technique et leurs formules structurales représentées sur la figure (1).

Il est difficile de savoir quand l'existence de l'ion uranyle UO_2^{2+} a été découverte et acceptée, l'uranium lui-même ayant été découvert en 1789 par Martin Klaproth, mais trois études des propriétés thermodynamiques du nitrate d'uranyle ont déjà été publiées en 1915 (DEF15), 1929 (GER29), et 1940 (COU40). La recherche sur les différents composés chimiques de l'uranium et leurs propriétés ne s'est cependant intensifiée qu'après la seconde guerre mondiale, probablement sous l'impulsion du projet Manhattan. Ainsi l'existence de l'espèce UO_2OH^+ a été envisagée pour la première fois en 1947 (GUI47 et HAR47), de même que celle de l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ (GUI47, MAC47, et SUT47). Les espèces triuranyles ont été envisagées pour la première fois en 1949 par Ahrland (AHR49) et par Sutton (SUT49) pour $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$, et par Sutton (SUT49) pour $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_4$, $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_5^-$, $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_6^{2-}$, et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_7^{3-}$, bien qu'à l'époque leur structure représentée sur la figure (1) n'était pas encore connue et n'a été déterminée à l'aide de la diffraction des rayons X qu'en 1970 (ABE70). Deux autres espèces triuranyles, $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_8^{4-}$ (PAL95) et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_9^{5-}$ (NGU00), ont également été proposées. La plupart des études sur la spéciation de l'uranium (VI) citées précédemment se fondent cependant essentiellement sur la potentiométrie pour déterminer la formule des complexes présents. Cette technique ne permet toutefois de déterminer que le rapport global du nombre d'ions hydroxyde sur le nombre d'ions uranyle dans un échantillon, et l'explication des courbes de titrage obtenues par leurs auteurs a parfois conduit ceux-ci à envisager des espèces discutables. Sutton a ainsi envisagé l'existence de $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_3^{5+}$ (SUT47), Orban et *al.* de $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_2^{6+}$ (ORB56), Gustafson et *al.* de $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_6^{2+}$ (GUS60), Peterson de $(\text{UO}_2)_5(\text{OH})_8^{2+}$ (PET61), Dunsmore et *al.* de $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_7^+$ (DUN63-1 et DUN63-2), et Viljoen de $(\text{UO}_2)_9(\text{OH})_{19}^+$ (VIL87), sans que la structure d'aucune de ces espèces n'ait jamais pu être déterminée. En terme de rapport OH / U, $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_6^{2+}$ pourrait ainsi correspondre à l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_3^+$. L'espèce $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_2^{6+}$ pourrait, quant à elle, correspondre à l'espèce $(\text{UO}_2)_2\text{OH}^{3+}$ proposée par Hietanen et Sillen (HIE59) dans laquelle un ion OH^- de la structure du complexe aurait été remplacé par une molécule d'eau. Ce type de remplacement a également été envisagé dans cette même étude pour les espèces triuranyles donnant ainsi lieu à l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2^{2+}$. Des calculs quantiques ont cependant montré que le remplacement d'un ion OH^- structural par une molécule d'eau dans les complexes diuranyle et triuranyle déstabilisait ceux-ci (TSU07). En se fondant sur les travaux d'Aberg (ABE70), Baes et Mesmer ont également envisagé que ce type de remplacement pourrait être dû à une autre espèce qu'une molécule d'eau et ont ainsi proposé l'existence de l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ en milieu chloruré (BAE76). Avant d'aller plus loin en ce qui concerne les espèces chlorurées, notons que des espèces

monouranyles plus basiques que UO_2OH^+ ont également été proposées par certains auteurs, telles que $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ (STA60), $\text{UO}_2(\text{OH})_3^-$ (STA60), $\text{UO}_2(\text{OH})_4^{2-}$ (MUS72), et $\text{UO}_2(\text{OH})_5^{3-}$ (BRO87), et qu'en terme d'espèce diuranyle basique, Israeli a proposé l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_5^-$ (ISR65). En terme d'espèces chlorurées, hormis l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ discutée plus haut, seules ont été proposées les espèces UO_2Cl^+ en 1951 (AHR51 et NEL51), $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2$ et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3\text{Cl}_3^{2-}$ en 1970 (ABE70), UO_2Cl_2 en 1978 (BED78), et UO_2Cl_3^- , $\text{UO}_2\text{Cl}_4^{2-}$, et $\text{UO}_2\text{Cl}_5^{3-}$ en 1987 (BRO87). Notons que toutes les espèces envisagées dans ce paragraphe le sont à 25°C et 1 bar. Seules quelques études sur les espèces les plus communément admises sont disponibles pour les solutions à plus haute température en milieu non chloruré. Ainsi Baes et Meyer ont fourni, pour la température de 94,4°C, une étude potentiométrique des espèces UO_2OH^+ , $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$, et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ (BAE62). D'autres études, jusqu'à 85°C (ZAN03) et 100°C (KIR04), ont également permis de montrer que plus la température augmente, plus le domaine de stabilité des différents complexes d'uranium (VI) semble se déplacer vers le milieu acide.

Intéressons nous maintenant aux solides d'uranium (VI) en milieu aqueux sodique et chloruré. Nous ne noterons pas les molécules d'eau impliquées dans ces solides, mais ils peuvent tous être plus ou moins hydratés en fonction des conditions expérimentales. Le trioxyde d'uranium UO_3 existe sous forme amorphe (HOE61 et COR64) et sous de nombreuses phases cristallines différentes telles que α (HOE61 et COR64), β (COR88), γ (MOO47, COR65, WES66, COR75, et COR88), δ (HOE61 et COR64), et ϵ (HOE61 et COR64). En milieu aqueux, l'uranium (VI) existe également sous les formes $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2$ β (DEF15, ROB66, LEM80, et WAG82) et γ (HOE73), et la forme $(\text{UO}_2)_8\text{O}_2(\text{OH})_{12}$ (FIN96, FIN98, TOR94, et DIA98). En milieu chloruré existent également des oxychlorures d'uranium dont la formule anhydre générale peut être écrite $\text{U}_{(u+c)}\text{O}_{(3u+2c)}\text{Cl}_{2c}$. Toutes les combinaisons possibles de u et c supérieurs à 0 impliquent une infinité d'oxychlorures d'uranium possibles, mais seules ont pu être déterminées les propriétés thermodynamiques de UO_2Cl_2 (GRE56, PRI73, COR79, FUG83, et OHA85) et UO_2ClOH (PRI73 et FUG83). En milieu sodique, existent également des uranates de sodium dont la formule anhydre générale peut être écrite $\text{Na}_{2n}\text{U}_u\text{O}_{(n+3u)}$. Là encore, toutes les combinaisons possibles de n et u supérieurs à 0 engendrent une infinité de possibilités et, à nouveau, seules certaines propriétés thermodynamiques de quelques uranates de sodium sont connues. Ce sont Na_2UO_4 sous les formes cristallines α (OHA73, COR78, et TSO85) et β (OHA76 et TSO85), Na_4UO_5 (TSO85) $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ (COR82, TSO85, YAM98), $\text{Na}_2\text{U}_6\text{O}_{19}$ (DIA98), et $\text{Na}_6\text{U}_7\text{O}_{24}$ (COR71, COR78, et MOR82). D'autres phases, dont les propriétés thermodynamiques n'ont pas encore été déterminées, telles que $\text{Na}_2\text{U}_3\text{O}_{10}$ (RIC51)

et $\text{Na}(\text{UO}_2)_4\text{O}_2(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})_2$ (BUR02) ont également été envisagées. Nous pouvons alors décrire un solide anhydre d'uranium (VI) en milieu NaCl par la formule générale $\text{Na}_{2n}\text{U}_{(u+c)}\text{O}_{(n+3u+2c)}\text{Cl}_{2c}$, bien qu'aucun composé d'uranium (VI) contenant à la fois du sodium et du chlore n'ait encore été envisagé et donc que, pour tous les composés connus, n et c ne sont pas simultanément non nuls.

Afin de déterminer les composés, en phases liquide et solide, de l'uranium (VI) en fonction du pH dans les saumures aqueuses de NaCl à 155°C et Psat, et également de pouvoir déterminer sa solubilité, nous avons suivi la procédure expérimentale et utilisé les techniques d'analyse décrites au chapitre (2) et les résultats de ces expériences sont présentés au chapitre (3) et discutés au chapitre (4).

Formule potentiométrique	Formule structurale
UO_2^{2+}	UO_2^{2+}
UO_2OH^+	UO_2OH^+
$(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$	$(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$
$(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_4^{2+}$	$(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})^{2+}$?
$(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_5^+$	$(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$
$(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_7^+$?
$\text{UO}_2(\text{OH})_3$	$\text{UO}_2(\text{OH})_2$
$(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_7^-$	$(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_5^-$
$\text{UO}_2(\text{OH})_3^-$	$\text{UO}_2(\text{OH})_3^-$
$\text{UO}_2(\text{OH})_4^{2-}$	$\text{UO}_2(\text{OH})_4^{2-}$

Tableau 1 : Principaux complexes d'uranium (VI) déterminés par potentiométrie et équivalents structuraux représentés sur la figure (1)

2) Procédure expérimentale et techniques d'analyse

Ce chapitre présente premièrement les synthèses effectuées au G2R (UHP Nancy 1) afin de déterminer de solubilité de l'uranium (VI) à 155°C et Psat, et deuxièmement les techniques d'analyse utilisées afin de déterminer la composition des phases liquides et solides obtenues en fin d'expérience. Les résultats de ces expériences seront présentés dans le chapitre (3) et discutés dans le chapitre (4).

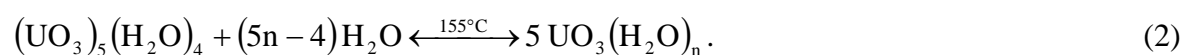
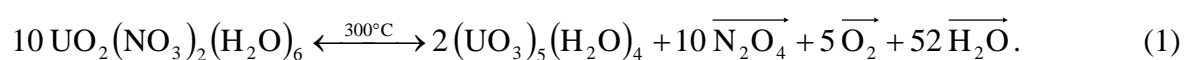
2.1) Procédure expérimentale

2.1.1) Produits chimiques initiaux

L'uranium utilisé au cours des expériences a été fourni par Fluka sous forme de nitrate d'uranyle hexahydrate $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_6$. L'acide chlorhydrique a été fourni par Riedel de Haen sous forme de mélange HCl-H₂O à 37 % d'HCl en masse. L'hydroxyde de sodium a été fourni par J.T. Baker sous forme d'ampoules scellées de NaOH à 6,67 mol / L dans H₂O ou par Prolabo sous forme de pastilles solides de NaOH, ces dernières n'ayant été utilisées que pour la préparation des mélanges aqueux d'hydroxyde de sodium de concentration supérieure à 6,67 mol / L en NaOH. L'eau utilisée est de l'eau distillée dont la résistance par unité de longueur est de 18,2 MOhm / cm. L'argon utilisé en boîte à gants a été fourni Air Products.

2.1.2) Synthèse des précurseurs

Le trioxyde d'uranium hydraté $(\text{UO}_3)_5(\text{H}_2\text{O})_4$ a été préparé, selon la réaction (1), par chauffage du nitrate d'uranyle hexahydrate à 300°C (LOD65). $(\text{UO}_3)_5(\text{H}_2\text{O})_4$ a ensuite été conditionné par mise en autoclave en présence d'eau distillée à 155°C et pression de vapeur saturante, selon la réaction (2).



2.1.3) Synthèse des échantillons

Des mélanges HCl-H₂O à diverses concentrations comprises entre 1 et 12 mol / L ont été préparés en diluant l'acide chlorhydrique concentré dans l'eau distillée. Des mélanges NaOH-H₂O aux mêmes concentrations ont été préparés en dissolvant le solide initial dans l'eau distillée pour les concentrations supérieures à 6,67 mol / L en NaOH ou par dilution du produit fourni par J.T.Baker pour les concentrations inférieures. Une saumure de chlorure de sodium à la concentration N mol / L est alors préparée par mélange en proportions égales de HCl et NaOH à la concentration 2N mol / L. Environ 500 mg d'(UO₃)₅(H₂O)_n sont introduits dans 15 mL de NaCl à N mol / L ajusté à des valeurs initiales de pH comprises entre 3 et 13 avec HCl à 2N mol / L ou NaOH à 2N mol / L afin de ne pas modifier la force ionique du milieu réactionnel et de pas introduire d'autres espèces dans celui-ci. Chaque échantillon (mélange (UO₃)₅(H₂O)_n solide et solvant aqueux) est introduit un godet dans en téflon d'une capacité de 20 mL, lui-même placé dans un autoclave en acier inoxydable, chauffé à 155°C sous pression de vapeur saturante à l'intérieur d'une étuve. Après deux semaines, chaque autoclave est sorti de l'étuve et ramené rapidement à température ambiante par une trempe de 5 minutes dans l'eau. L'autoclave est ensuite transféré dans une boîte à gants saturée d'argon où elle est ouverte. Le pH du solvant liquide après trempe est mesuré à l'aide d'une électrode de Ross combinée verre – référence et, s'il a varié, est réajusté à sa valeur initiale avec HCl à 2N mol / L ou NaOH à 2N mol / L. Les autoclaves sont alors remis à l'étuve pour 2 semaines et la procédure est répétée jusqu'à ce que le pH reste à sa valeur initiale. La durée totale de chaque expérience s'est alors révélée être d'environ 4 mois en milieu acide et jusqu'à 6 mois en milieu basique. L'échantillon est ensuite extrait de l'autoclave et les phases liquides et solides sont séparées sur une colonne de filtration à 220 nanomètres de diamètre de pore. Les solides, récupérés sous forme d'une pâte hydratée, sont lyophilisés pendant 1 semaine, broyés dans un mortier en agate, rincés à l'eau distillée afin d'éliminer les éventuels dépôts de sel, puis à nouveau lyophilisés pendant 1 semaine. 45 expériences de ce type ont ainsi été réalisées.

2.2) Techniques d'analyse

2.2.1) Spectroscopie ultraviolet-visible

Chaque espèce chimique possède un certain nombre d'électrons répartis sur ses orbitales moléculaires qui sont les différentes combinaisons possibles des orbitales atomiques des atomes constituant cette espèce, chaque orbitale atomique ou moléculaire correspondant à un niveau d'énergie bien déterminé. Le peuplement électronique et les énergies des orbitales moléculaires d'une espèce chimique peuvent ainsi être utilisées pour caractériser cette espèce. La spectroscopie ultraviolet-visible (UV-visible) consiste à balayer l'échantillon à analyser avec un rayonnement dont la longueur d'onde varie de 200 nm à 800 nm. Pour les longueurs d'onde correspondant à la différence d'énergie entre une orbitale moléculaire occupée par un électron et une orbitale moléculaire inoccupée, une partie du rayonnement est absorbée par l'échantillon et l'électron effectue alors une transition depuis l'orbitale qu'il occupe vers l'orbitale vide. La longueur d'onde à laquelle le rayonnement est absorbé est donc caractéristique de la différence d'énergie entre les orbitales moléculaires, occupées et inoccupées, de l'espèce chimique absorbant ce rayonnement, et permet ainsi d'identifier cette espèce. La quantité de rayonnement absorbée par l'échantillon à cette longueur d'onde est, quant à elle, proportionnelle à la concentration de cette espèce chimique dans cet échantillon, et permet ainsi de déterminer cette concentration. Toute espèce chimique pouvant absorber un rayonnement dont la longueur d'onde est comprise entre 200 nm et 800 nm est ainsi identifiable et quantifiable par spectroscopie ultraviolet-visible.

Le spectrophotomètre utilisé est un Varian Cary 5G dans lequel sont placées deux cuves en quartz, l'une contenant la phase liquide à analyser et l'autre le liquide de référence, choisi comme étant l'eau distillée. Des cuves en quartz de différentes longueurs de trajet optique ont été utilisées en fonction de la teneur en uranium (VI) des échantillons. Afin de faciliter la comparaison des spectres obtenus, ceux-ci sont présentés pour un trajet optique ramené à une longueur de 1 m. Les spectres sont enregistrés pour des longueurs d'onde comprises entre 200 nm et 600 nm par pas de 0,02 nm à une vitesse de variation de la longueur d'onde du faisceau de 8 nm par minute. Ces analyses ont été effectuées au LCPME, UHP Nancy 1.

2.2.2) Spectroscopie infrarouge

Les positions d'équilibre des atomes d'une fonction chimique sont déterminées par les forces de liaison entre ceux-ci. L'absorption du rayonnement infrarouge par cette fonction déplace ses atomes de leurs positions d'équilibre et engendre ainsi des forces de rappel qui la mettent en vibration. Les fréquences propres de vibration des fonctions chimiques étant celles du rayonnement infrarouge que chacune d'elles absorbe, elles constituent leurs signatures infrarouges. L'intensité du rayonnement absorbée par une fonction chimique est alors proportionnelle à la variation du moment dipolaire engendrée par la vibration de cette fonction. Toute fonction chimique pouvant absorber un rayonnement infrarouge induisant une variation de son moment dipolaire est ainsi identifiable par spectroscopie infrarouge.

Le spectromètre infrarouge (IR) utilisé est un Perkin Elmer 2000 à transformée de Fourier (FT) équipé d'un détecteur en sulfate de triglycine deutériée. Le domaine étudié est le moyen infrarouge sur une gamme s'étendant de 600 cm^{-1} à 4000 cm^{-1} . Les échantillons liquides sont analysés en réflexion totale atténuée (ATR) sur un accessoire à cristal en diamant à 9 réflexions, placé dans le compartiment échantillon du spectromètre. Une goutte d'échantillon liquide est déposée à la surface du diamant dans lequel circule le faisceau infrarouge qui est totalement réfléchi, dans l'approximation classique, à l'interface entre le diamant et l'échantillon. Cependant, d'un point de vue quantique, la probabilité de présence des photons infrarouges est non nulle à l'extérieur du cristal et décroît de manière exponentielle à l'intérieur de l'échantillon. Une faible proportion des photons du faisceau initial interagit donc avec l'échantillon, sur une épaisseur de quelques micromètres, avant d'être dirigée vers le détecteur par un jeu de miroirs. Les spectres en unité d'absorbance sont obtenus par combinaison des spectres de l'échantillon et de la référence, constituée d'une goutte du liquide correspondant à l'échantillon avant solubilisation de l'uranium. 200 accumulations sont effectuées pour chaque spectre. Ces analyses ont été effectuées au LCPME, UHP Nancy 1.

2.2.3) Spectroscopie Raman

Un photon de haute fréquence par rapport aux fréquences propres de vibration d'une fonction chimique peut être diffusé inélastiquement par celle-ci, c'est-à-dire que le niveau d'énergie vibrationnelle de cette fonction n'est pas le même avant et après la diffusion. La différence entre ces deux niveaux d'énergie correspond alors à une des fréquences propres de vibration de la fonction chimique diffusante. L'intensité de la lumière diffusée est, quant à elle, proportionnelle au carré de la variation de la polarisabilité de cette fonction, la polarisabilité d'une fonction chimique pouvant être considérée comme la capacité de son nuage électronique à se déformer. Toute fonction chimique pouvant diffuser la lumière en subissant une variation de polarisabilité est ainsi identifiable par spectroscopie Raman.

Le spectromètre utilisé est un Jobin-Yvon Spex dont la source de lumière est un laser à hélium et néon à 632,8 nm et la détection se fait en rétrodiffusion. Trois accumulations de quinze minutes chacune sont effectuées sur les phases liquides placées dans une cuve en quartz chauffée à 100°C grâce à cellule à haute température mise au point au laboratoire. Trois accumulations de quarante secondes sont effectuées sur les échantillons solides déposés sur un support en téflon et recouverts par une plaque de quartz. Ces analyses ont été effectuées au LCPME, UHP Nancy 1.

2.2.4) Spectroscopie de structure fine étendue d'absorption de rayons X

La spectroscopie de structure fine étendue d'absorption de rayons X (EXAFS) consiste à envoyer un rayonnement X sur l'échantillon à analyser de manière à arracher un électron proche du noyau atomique d'un des éléments présents dans cet échantillon. La nature corpusculaire et ondulatoire de l'électron entraîne l'équivalence de l'éjection de cet électron et de l'émission de l'onde associée à cet électron, cette onde étant alors diffractée par les atomes environnants réagissant en émettant eux aussi chacun une onde. Les interférences entre toutes les ondes émises entraînent alors des variations de l'absorption des rayons X caractéristiques de la nature des atomes ayant diffracté l'onde initiale et de leur position par rapport à l'atome dont l'électron a été arraché.

Les échantillons liquides ont été introduits dans des capillaires en verre placés sur le parcours des rayons X. Trois acquisitions de 45 minutes chacune ont été réalisées pour chaque échantillon. Ces expériences ont été effectuées sur la ligne FAME de l'ESRF à Grenoble.

2.2.5) Spectroscopie d'émission atomique dans un plasma produit par couplage inductif

Cette spectrométrie d'émission atomique (AES) s'effectue sur des solutions, ce qui impose la dissolution de l'échantillon à analyser s'il est solide. La solution est pulvérisée au sein d'un plasma d'argon produit par couplage inductif (ICP) et dont la température avoisine 10000°C. Cette température très élevée dissocie tout d'abord la matière en atomes et ions libres et excite ensuite ces derniers. Leur retour à un état stable s'accompagne d'une émission de photons dans l'ultraviolet et le visible. La détection et le comptage de ces photons conduisent à une quantification, en comparant le signal mesuré pour un échantillon à celui obtenu pour des solutions de composition connue.

Le spectromètre utilisé est un Jobin-Yvon Ultima à argon. Un volume de chaque échantillon liquide, calculé de manière à ce que les concentrations en éléments après dilution soient compatibles avec le spectromètre, est dilué dans 20 mL de HCl (0,6 M). 40 mg de chaque échantillon solide sont également dissous dans HCl (0,6 M). Les échantillons de référence pour le sodium sont préparés par dilution, dans HCl (0,6 M), d'une solution calibrée d'hydroxyde de sodium. Les échantillons de référence pour l'uranium sont préparés par dilution, dans HCl (0,6 M), d'une solution calibrée d'uranium dissous dans HCl (0,6 M), à laquelle on ajoute la quantité d'hydroxyde de sodium nécessaire à ce que la concentration en sodium égale celle des échantillons à analyser, ceci afin de prendre en compte les interactions entre le solvant et l'ion sodium présent en quantités importantes. La solution calibrée d'uranium a été préparée par dissolution, dans HCl (0,6 M), d'une certaine masse d' $(\text{UO}_3)_5(\text{H}_2\text{O})_n$. 5 mL de cette solution sont ensuite prélevés et introduits dans un creuset en silice de masse connue, cette opération ayant été répétée six fois. Les six creusets en silice sont placés sur une plaque chauffante afin d'évaporer l'eau et l'acide chlorhydrique présents et d'obtenir du trioxyde d'uranium sous une forme plus ou moins hydratée. Les creusets sont alors placés dans un four à moufle à 800°C pendant 48 heures de manière à synthétiser U_3O_8 anhydre (SHA02). La pesée du creuset permet, par différence, de déterminer la masse d' U_3O_8 , et donc d'uranium, correspondant à 5 mL de solution. Les six expériences ont permis de déterminer que la solution était calibrée à 0,17466 mol / L (+/- 1%) en uranium. Les longueurs d'onde analysées sont 588,995 nm pour le sodium et 385,958 nm pour l'uranium. Ces analyses ont été effectuées au LCPME, UHP Nancy 1.

2.2.6) Diffraction des rayons X sur poudre

La longueur d'onde des rayons X étant de l'ordre de grandeur des distances interatomiques, les interférences des rayons diffusés par les nuages électroniques des atomes constituant les phases cristallines d'un échantillon vont être alternativement constructives ou destructives. Selon la direction de l'espace, le flux de photons X, alors respectivement important ou très faible, donnera ainsi lieu ou non à des pics de diffraction, formant une signature de la phase cristalline. Il est ainsi possible de déterminer la nature de chaque phase cristalline au sein d'une poudre.

Les données de diffraction des rayons X (DRX) ont été mesurées sur un diffractomètre Brüker D5000 muni d'un monochromateur en graphite utilisant le rayonnement $K\alpha$ du cuivre et d'un détecteur Sol-X éliminant le rayonnement de fluorescence. Les échantillons ont été analysés sous un angle 2θ compris entre 8° et 60° par pas de $0,012^\circ$ avec un temps d'acquisition de 175 s par pas. Les diffractogrammes ont ensuite été analysés à l'aide de la suite logicielle Diffrac+ et comparés aux diagrammes de référence de la base de données PDF-4. Ces analyses ont été effectuées au SPCTS, Université de Limoges.

2.2.7) Microscopie électronique

Ces analyses ont été effectuées au SCMEM, UHP Nancy 1.

2.2.7.1) Microscopie électronique

Une source, composée d'un filament porté à haute température, émet un faisceau d'électrons focalisé par une cathode puis accélérés par une anode. Ce faisceau est ensuite dirigé, grâce à un système de bobines électromagnétiques, vers l'échantillon à examiner placé sur une platine goniométrique dans le plan objet de l'objectif. Celui-ci est une bobine électromagnétique donnant, dans son plan image, une image agrandie de l'objet, appelée image intermédiaire. Enfin, une autre bobine électromagnétique donne une image agrandie de l'image intermédiaire, observable sur un écran fluorescent, placé dans le plan image de cette bobine. Cet écran peut être escamoté, pour permettre aux électrons d'impressionner une plaque photographique. Pour favoriser le déplacement des électrons à l'intérieur du microscope, des pompes à vide maintiennent dans l'appareil un vide poussé.

2.2.7.2) Spectroscopie de dispersion d'énergie des photons X

Lorsque les électrons du faisceau d'un microscope électronique traversent ou balaye un échantillon, certains d'entre eux peuvent arracher un ou plusieurs électrons des orbitales internes des atomes constituant cet échantillon. Chacun de ces atomes se trouve alors dans un état excité et revient à un état plus stable par un transfert d'électron d'une orbitale externe vers une orbitale interne. Ce transfert s'accompagne d'une émission de photons X, dont les énergies sont caractéristiques des atomes initialement ionisés, permettant ainsi d'identifier ceux-ci par spectroscopie de dispersion d'énergie des photons X (EDXS).

2.2.7.3) Matériel et échantillons

2.2.7.3.1) Microscopie électronique en transmission

Le microscope électronique en transmission (MET) utilisé est un Philips CM 20 dont l'anode portée à 200kV permet une résolution de 0,305 nm. Les échantillons sont constitués d'une goutte de suspension diluée dans l'éthanol et dispersée par ultrasons, puis placée sur une grille de cuivre recouverte de carbone amorphe.

2.2.7.3.2) Microscopie électronique à balayage

Le microscope électronique à balayage (MEB) utilisé est un Hitachi S 4800 dont l'anode portée à 15kV permet une résolution de 1 nm. Les échantillons sont constitués d'une goutte de suspension diluée dans l'éthanol et dispersée par ultrasons, puis placée sur un support en aluminium recouvert de carbone amorphe.

3) Résultats expérimentaux

Ce chapitre présente les résultats, qui seront discutés plus en détail au chapitre (4), des mesures de solubilité et des analyses effectuées sur les phases solides et liquides obtenues en fin d'expérience.

3.1) Solubilité de l'uranium (VI)

3.1.1) Analyses ICP-AES

Les mesures de pH et les résultats des analyses ICP en sodium et en uranium sont reportés dans le tableau (1) et sur les figures (2) et (3). L'électrode de Ross utilisée étant toutefois sensible aux ions Na^+ , le pH mesuré nécessite d'être corrigé grâce à une table de valeurs fournie avec la notice de cette électrode. Cette correction ne modifie la valeur du pH mesuré qu'en milieu basique aux hautes teneurs en sodium et ceci de façon très faible. Nous avons alors effectué cette correction en considérant que tout le sodium en solution est sous forme de d'ions Na^+ , de manière à assurer la cohérence de nos données avec le modèle de Pitzer que nous utiliserons (PIT83). Il faut cependant noter qu'il existe, dans les saumures à haute température, des complexes neutres NaCl et NaOH en faible quantité (HEL69), et la concentration mesurée en sodium par ICP est la somme des concentrations de Na^+ , de NaCl , et de NaOH . La concentration en uranium (VI) dans neuf échantillons en milieu neutre se situe sous la limite de détection de l'ICP et l'incertitude sur cette concentration est supérieure à 100% pour deux autres échantillons (tableau (1)). Nous n'utiliserons donc pas ces valeurs lors de la détermination de la surface expérimentale de solubilité de l'uranium (VI) à 155°C et pression de vapeur saturante. Les valeurs élevées des incertitudes sur la concentration en uranium (VI) en milieux neutre et basique (tableau (1)), ainsi que la forte dépendance, en milieu acide, de la solubilité de l'uranium (VI) par rapport au pH (figure (2)), pour lequel l'incertitude estimée est de quelques %, auxquelles il faut également ajouter l'incertitude sur les mesures de la concentration en sodium, impliquent de plus que, pour un concentration en sodium et un pH fixés, l'incertitude sur la concentration en uranium (VI) est probablement plus grande que celle indiquée dans le tableau (1).

pH mesuré	pH corrigé	[Na] (mol / L)	I _{Na} (%)	[U ^{VI}] (mol / L)	I _U (%)
2,92	2,92	5,58	2,87	0,29942145	4,02
2,93	2,93	5,89	0,54	0,28009170	4,05
3,12	3,12	2,54	4,39	0,46846020	5,06
3,23	3,23	3,49	3,58	0,16002495	3,52
3,32	3,32	4,23	0,25	0,15365160	7,20
3,50	3,50	0,50	2,66	0,11954115	4,54
3,71	3,71	2,15	4,88	0,05779350	3,49
3,91	3,91	0,48	3,07	0,02493720	5,34
4,25	4,25	5,00	1,81	0,00129712	1,13
4,26	4,26	2,41	2,14	0,00408775	3,48
4,52	4,52	5,27	1,26	0,00001723	8,02
4,51	4,52	5,90	1,63	0,00000359	53,90
4,65	4,65	2,21	2,44	0,00106910	4,90
4,86	4,86	5,11	0,88	0,00007668	2,23
5,03	5,04	5,94	3,48	0,00000724	26,03
5,15	5,15	0,50	1,17	0,00013744	2,32
5,21	5,21	0,52	2,14	0,00015632	2,19
5,42	5,42	0,53	5,46	indéetectable	
5,51	5,51	5,56	3,31	0,00000193	64,25
5,63	5,64	5,86	1,20	indéetectable	
5,82	5,82	5,01	2,68	0,00000084	123,38
6,25	6,25	2,24	2,49	indéetectable	
6,27	6,27	4,49	0,57	indéetectable	
6,57	6,57	0,50	0,09	0,00000204	41,19
6,71	6,71	0,52	4,17	indéetectable	
6,90	6,90	0,35	1,99	indéetectable	
6,97	6,97	4,24	2,16	0,00000316	39,83
7,29	7,29	3,39	2,55	indéetectable	
7,54	7,54	0,45	2,73	indéetectable	
7,59	7,59	2,27	1,94	0,00000162	55,26
7,84	7,84	2,46	2,91	indéetectable	
8,86	8,86	2,28	1,93	0,00001310	12,87
10,73	10,75	5,08	2,34	0,00000189	69,50
11,50	11,52	4,83	2,32	0,00000061	248,01
11,65	11,66	4,00	1,03	0,00000243	82,37
11,77	11,77	2,41	2,90	0,00000576	28,71
11,91	11,92	3,76	2,31	0,00000249	50,92
12,07	12,08	3,58	0,69	0,00000269	65,26
12,06	12,09	5,51	3,04	0,00000351	30,19
12,08	12,11	5,84	1,31	0,00000278	24,05
12,74	12,75	1,86	3,66	0,00000611	10,06
12,80	12,83	3,84	0,76	0,00000600	28,16
12,94	12,96	2,65	1,63	0,00000824	4,63
13,27	13,30	3,88	4,94	0,00001706	7,78
13,37	13,42	6,21	2,78	0,00000109	36,77

Tableau 2 : Solubilité de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium, avec les incertitudes I_{Na} sur [Na] et I_U sur [U^{VI}]

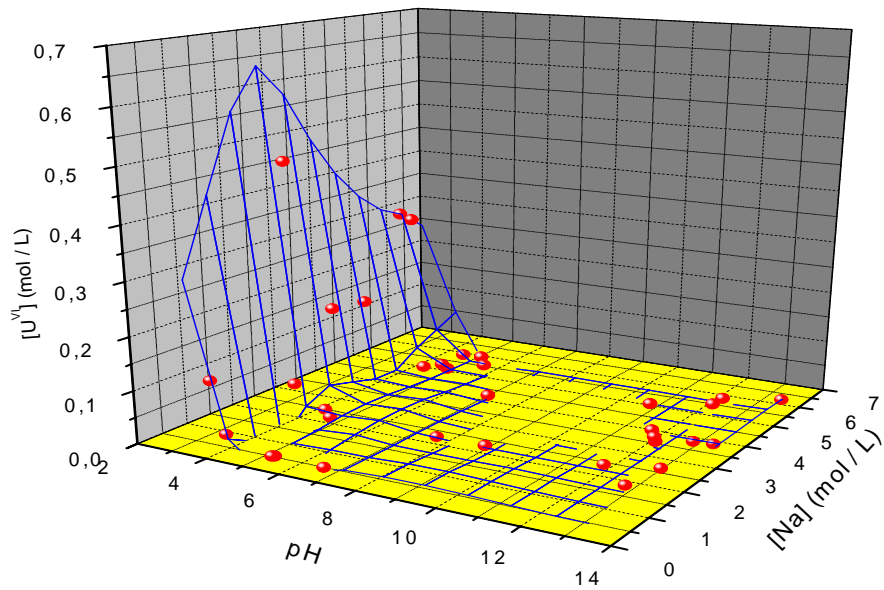


Figure 2 : Solubilité expérimentale de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

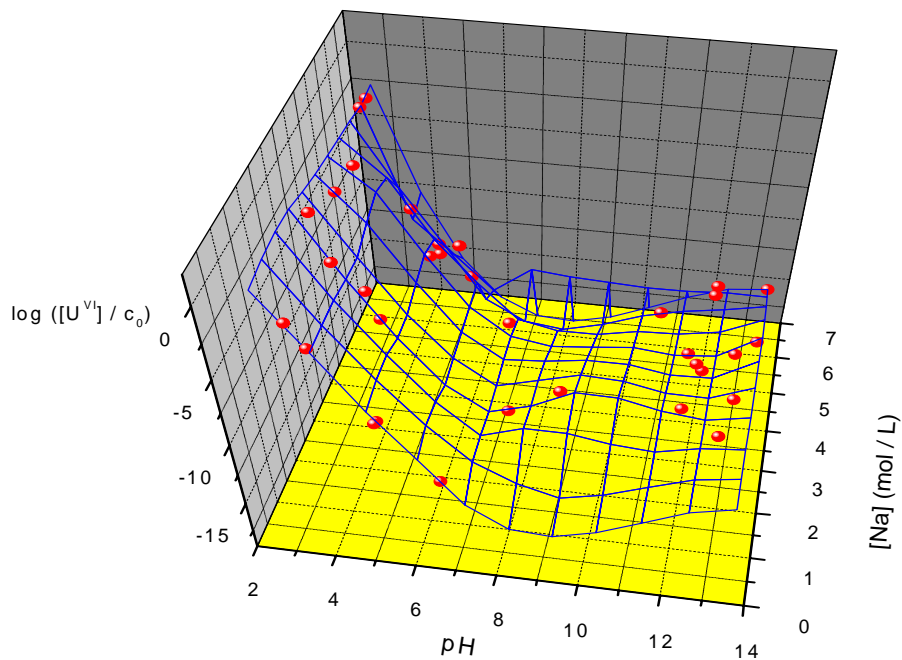


Figure 3 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité expérimentale de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

3.1.2) Etablissement d'une équation empirique permettant de prédire la solubilité totale de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

Au cours de cette étude, nous avons tenté de déterminer l'évolution des concentrations des différentes espèces présentes en fonction de la concentration en NaCl et du pH. Comme nous le verrons au paragraphe (3.3), de très nombreuses espèces d'uranium (VI) sont présentes, même dans un domaine de pH relativement restreint, et nous n'avons pas pu déterminer l'évolution de la concentration de chacune d'entre elles. Nos différentes tentatives nous ont cependant permis de déterminer une équation empirique permettant de calculer la solubilité totale de l'uranium (VI) à 155°C et Psat en fonction de la concentration en NaCl et du pH. Commençons par noter respectivement $[U^{VI}]_j$, $[Na]_j$, et pH_j , la concentration en uranium (VI), la concentration en sodium, et le pH, de la phase liquide de l'échantillon j mesurés à 25°C et 101325 Pa. Notons également c_{ij} la concentration en uranium (VI) due à un complexe i dans l'échantillon j. Il nous faut maintenant déterminer par quelle fonction mathématique nous pouvons définir la concentration d'une espèce donnée, sachant que cette fonction doit satisfaire plusieurs contraintes. Il s'agit premièrement de trouver une fonction capable de modéliser les grands écarts de solubilité de l'uranium (VI) en fonction de la variation de la concentration en NaCl et du pH tout en restant toujours positive. La fonction exponentielle possède ces caractéristiques. Il s'agit ensuite de trouver une fonction dont la variation en fonction de ces paramètres soit suffisamment faible pour être réaliste. Une quadrique peut alors être envisagée. Il s'agit enfin de paramétrer cette fonction de manière à ce que son évolution puisse représenter celle de la concentration d'une espèce chimique, c'est-à-dire de présenter un maximum unique en fonction des paramètres dont dépend cette concentration. Le paraboloïde elliptique négatif, cas particulier de quadrique, peut répondre à cette contrainte. Nous avons donc tenté de modéliser la concentration de chaque complexe d'uranium (VI) noté i par l'exponentielle d'un paraboloïde elliptique négatif, autrement dit par une équation de type (3) avec $a_{02i} \leq 0$, $a_{20i} \leq 0$, et $c_0 = 1 \text{ mol / L}$.

$$c_{ij} = c_0 \exp\left(a_{00i} + a_{01i}[Na]_j + a_{02i}[Na]_j^2 + a_{10i}pH_j + a_{11i}[Na]_j pH_j + a_{20i}pH_j^2\right). \quad (3)$$

Nous avons donc cherché à déterminer les coefficients a pour chaque espèce i sachant qu'ils doivent satisfaire à la conservation de l'uranium total dans chaque échantillon j , exprimée par l'inéquation (3). I_{U_j} , I_{Na_j} , et I_{pH_j} sont les incertitudes relatives sur les mesures respectives de la concentration en uranium (VI), de la concentration en sodium, et du pH dans l'échantillon j , et α_{Na_j} et α_{pH_j} sont des paramètres devant satisfaire aux inéquations respectives (4) et (5). Les valeurs de I_{U_j} et I_{Na_j} sont données dans le tableau (5). La valeur de I_{pH_j} a été arbitrairement fixée à 2,335 % pour tous les échantillons, ce qui correspond à l'incertitude moyenne sur la mesure de la concentration en sodium.

$$\left\{ \begin{array}{l} [U^{VI}]_j (100 - I_{U_j}) \leq \\ 100c_0 \sum_{i=1}^{i=N} \exp(a_{00i} + a_{01i} \alpha_{Na_j} [Na]_j + a_{02i} (\alpha_{Na_j} [Na]_j)^2 + a_{10i} \alpha_{pH_j} pH_j + a_{11i} \alpha_{Na_j} \alpha_{pH_j} [Na]_j pH_j + a_{20i} (\alpha_{pH_j} pH_j)^2) \\ \leq [U^{VI}]_j (100 + I_{U_j}) \\ 100 - I_{Na_j} \leq 100 \alpha_{Na_j} \leq 100 + I_{Na_j} \\ 100 - I_{pH_j} \leq 100 \alpha_{pH_j} \leq 100 + I_{pH_j} \end{array} \right.$$

(3) à (5)

Nous avons défini, par les équations (6) et (7), les grandeurs respectives α_{MCA} et α_{MCR} que nous avons minimisées, en testant plusieurs valeurs de N , et représentant les sommes des carrés des déviations, respectivement absolues et relatives, entre les concentrations en uranium (VI) calculées et mesurées. Seuls sont considérés les 34 échantillons j pour lesquels l'incertitude I_{U_j} est inférieure à 100 %.

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{MCA} = \sum_{j=1}^{j=34} \left(c_0 \sum_{i=1}^{i=N} \exp(a_{00i} + a_{01i} [Na]_j + a_{02i} [Na]_j^2 + a_{10i} pH_j + a_{11i} [Na]_j pH_j + a_{20i} pH_j^2) - [U^{VI}]_j \right)^2 \\ \alpha_{MCR} = \sum_{j=1}^{j=34} \left(\frac{c_0 \sum_{i=1}^{i=N} \exp(a_{00i} + a_{01i} [Na]_j + a_{02i} [Na]_j^2 + a_{10i} pH_j + a_{11i} [Na]_j pH_j + a_{20i} pH_j^2) - [U^{VI}]_j}{[U^{VI}]_j} \right)^2 \end{array} \right.$$

(6) et (7)

Le tableau (2) donne les coefficients des quatre paraboloïdes elliptiques négatifs obtenus, qui étaient censés nous permettre de décrire chacun l'évolution d'un complexe d'uranium (VI). Comme nous l'avons cependant indiqué au chapitre (1) et comme nous le verrons au paragraphe (3.3), il existe bien plus de quatre complexes d'uranium (VI) présents. Ces exponentielles de paraboloïdes elliptiques négatifs ne nous ont donc pas permis de calculer les évolutions des concentrations de chacun de ces complexes en fonction de la concentration en NaCl et du pH à 155°C et Psat. Leur somme nous permet toutefois de calculer la solubilité totale de l'uranium (VI) dans ces conditions, selon l'équation (8) dont la représentation est donnée sur la figure (4) et celle de son logarithme décimal sur la figure (5). Sur la figure (4), nous pouvons observer que la solubilité de l'uranium (VI) pourrait atteindre près de 2 mol / L à pH = 2,9 et [Na] = 1,5 mol / L. Une telle concentration en uranium (VI) n'est cependant jamais atteinte car ce pH n'est jamais atteint à cette concentration en sodium, point sur lequel nous reviendrons au paragraphe (3.1.3).

i	a _{00i}	a _{01i}	a _{02i}	a _{10i}	a _{11i}	a _{20i}
1	-24,97288	2,03205	-0,02947	1,06611	-0,17102	0
2	-33,38486	1,07536	-0,28021	20,51443	0,56653	-4,01001
3	8,66205	1,85888	-0,50285	-2,90336	-0,12257	-0,10031
4	-44,00776	-1,62303	-2,45122	10,31031	-0,88808	-0,86319

Tableau 3 : Coefficients de l'équation (8)

$$\begin{aligned}
 [U^{VI}] = c_0 \exp & \left(-24,97288 + 2,03205[Na] - 0,02947[Na]^2 + 1,06611pH - 0,17102[Na]pH \right) \\
 & + \exp \left(-33,38486 + 1,07536[Na] - 0,28021[Na]^2 + 20,51443pH + 0,56653[Na]pH - 4,01001pH^2 \right) \cdot (8) \\
 & + \exp \left(8,66205 + 1,85888[Na] - 0,50285[Na]^2 - 2,90336pH - 0,12257[Na]pH - 0,10031pH^2 \right) \\
 & + \exp \left(-44,00776 - 1,62303[Na] - 2,45122[Na]^2 + 10,31031pH - 0,88808[Na]pH - 0,86319pH^2 \right)
 \end{aligned}$$

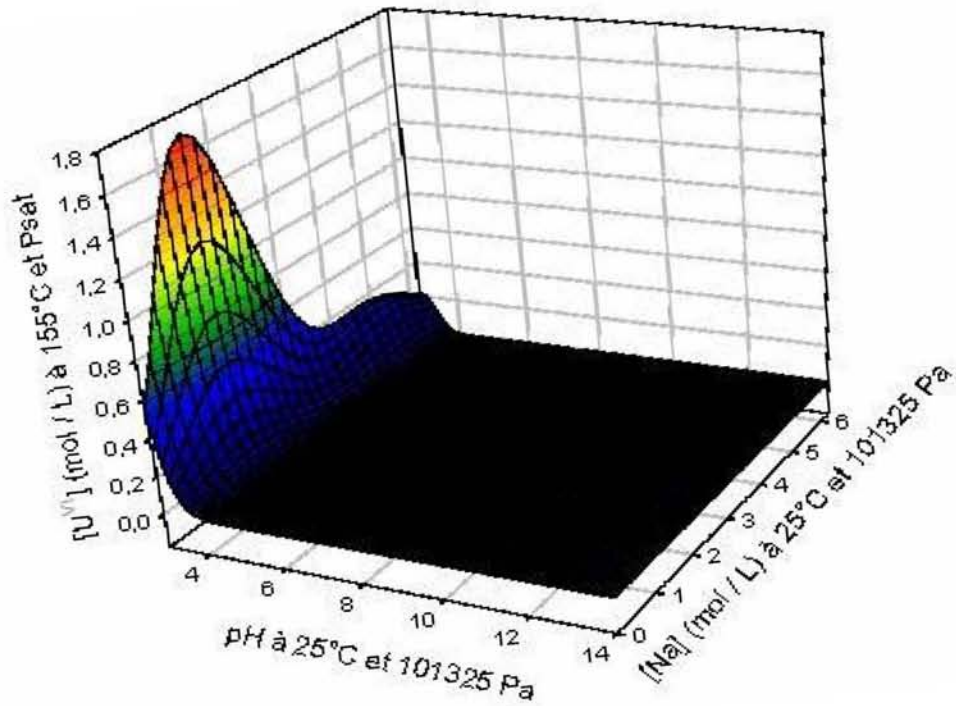


Figure 4 : Solubilité modélisée de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

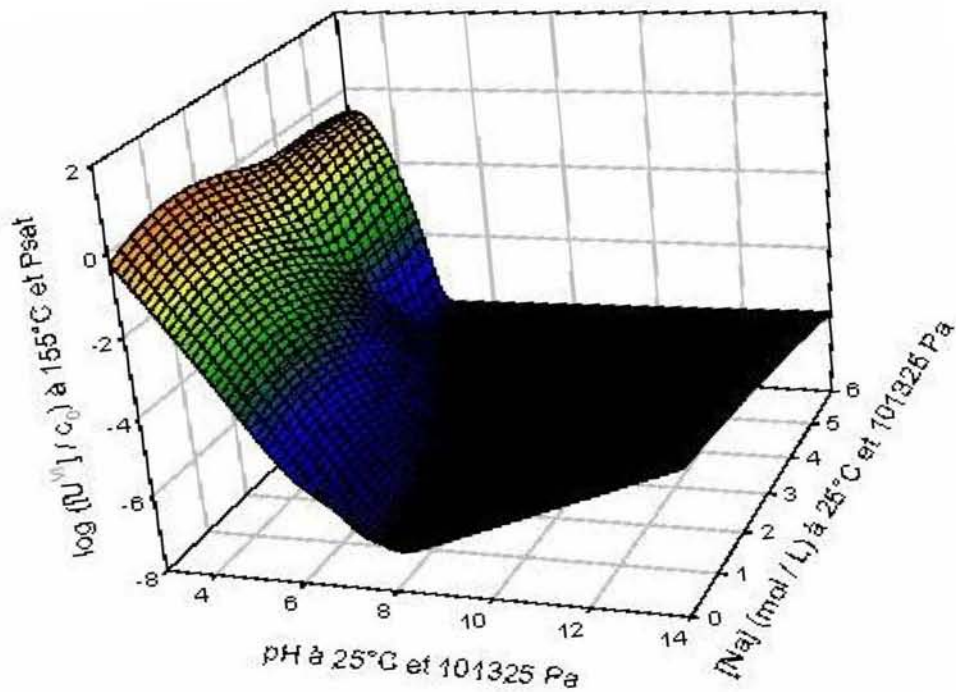


Figure 5 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

3.1.3) Détermination du pH minimal en fonction de la concentration en sodium

Au cours de nos expériences, nous avons pu observer que tant que la phase liquide était en équilibre avec une phase solide, le pH de la phase liquide se stabilisait à un pH minimal, variant en fonction de la concentration en sodium. Nous pouvons donc déterminer, par régression multilinéaire, l'équation reliant ce pH minimal à la concentration en sodium. Considérons en effet les valeurs de pH et de concentration en sodium données dans les deux premières colonnes du tableau (3) et représentées sur la figure (6). Nous modélisons alors le pH minimal par l'équation (9), dont la représentation est également donnée sur la figure (6), et les valeurs calculées du pH également reportées dans le tableau (3).

[Na] (mol / L)	pH entre	pH calcule	Deviation absolue sur le pH	Deviation relative sur le pH
5,58	2,92	2,92	-2,75E-03	-9,42E-04
5,89	2,93	2,93	2,35E-03	8,03E-04
2,54	3,12	3,12	6,34E-04	2,03E-04
0,5	3,5	3,50	-2,36E-04	-6,74E-05

Tableau 4 : pH minimaux atteints pour diverses concentrations en sodium

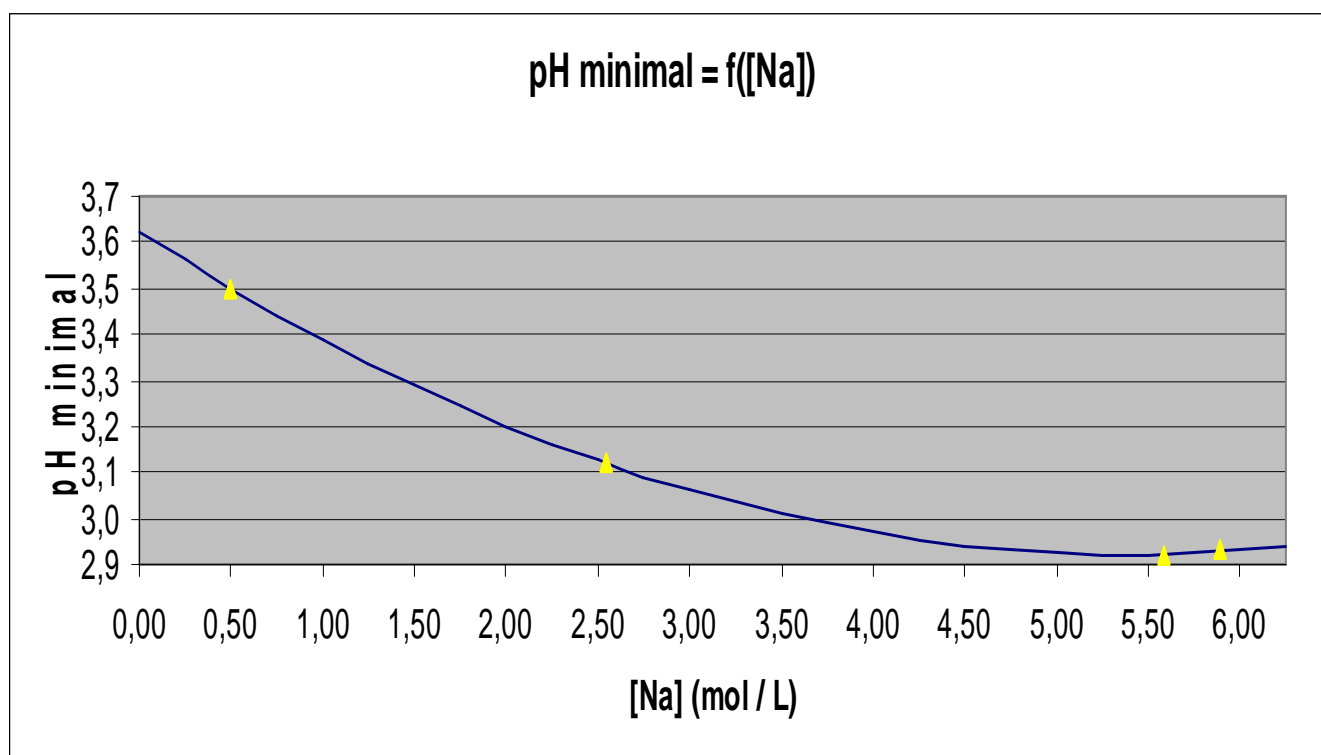


Figure 6 : pH minimaux atteints pour diverses concentrations en sodium et application de l'équation (9)

$$\text{pH} = 3,62409 - 0,25972[\text{Na}] + 0,02402[\text{Na}]^2. \quad (9)$$

3.1.4) Détermination de la concentration maximale en uranium (VI) en fonction de la concentration en sodium

Le fait qu'à chaque concentration en sodium corresponde un pH minimal et que, comme nous pouvons le remarquer sur les figures (4) et (5), la solubilité de l'uranium (VI) soit maximale en milieu acide, implique que nous pouvons déterminer la solubilité maximale de l'uranium (VI) en fonction de la concentration en sodium, qui sera alors la solubilité de l'uranium (VI) au pH minimal que cette concentration en sodium permet d'atteindre. Cette concentration maximale est représentée sur la figure (7) et correspond à l'intersection de la surface représentée sur la figure (4) avec la surface verticale dont la figure (6) est la projection. De façon plus mathématique, elle correspond à l'application de l'équation (8) dans laquelle le pH est remplacé par sa valeur donnée par l'équation (9).

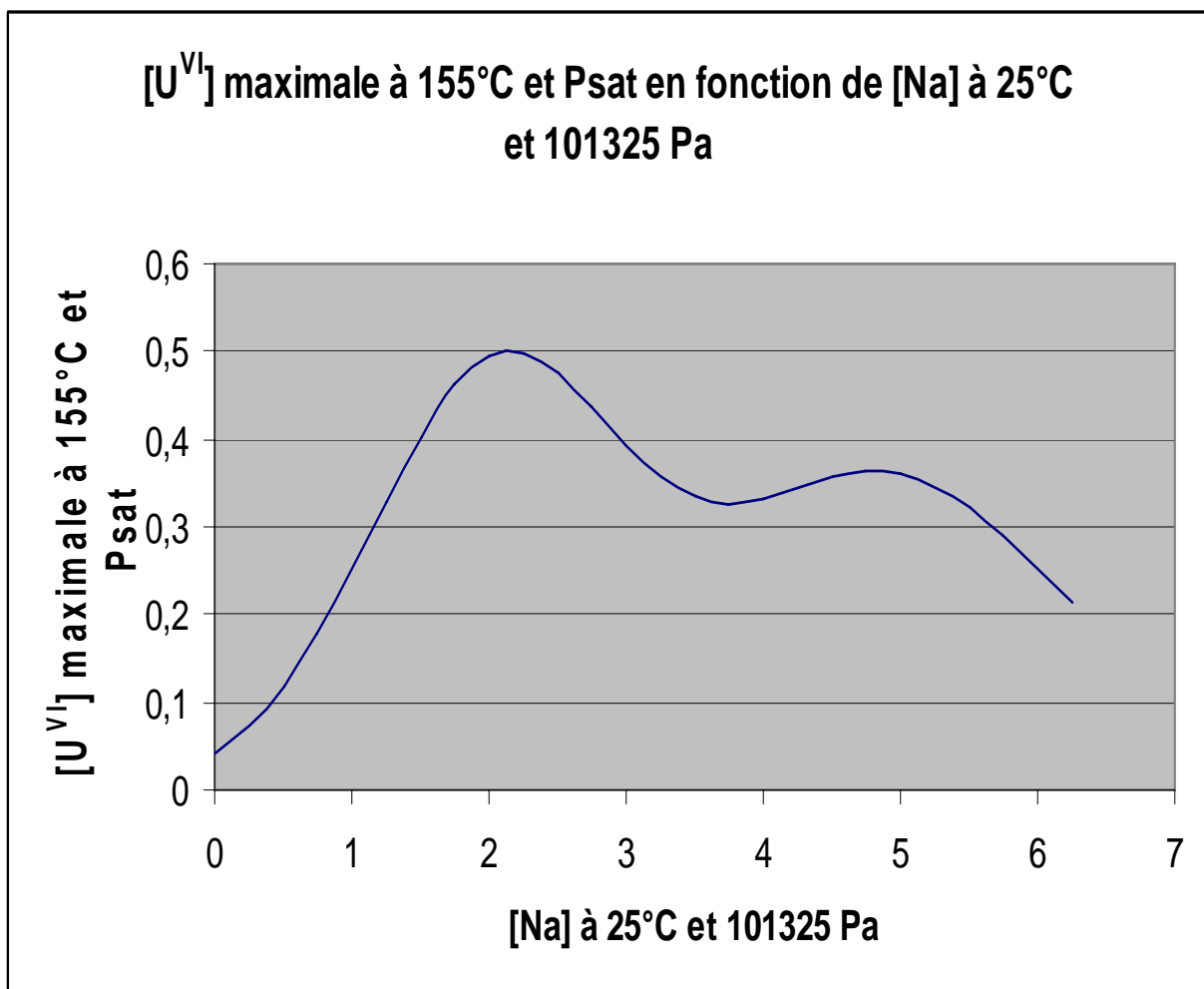


Figure 7 : Solubilité maximale modélisée de l'uranium (VI) en fonction de la concentration en sodium

3.2) Solides formés

pH	[Na] (mol / L)	Na / U	Na / U minimal	Na / U maximal
2,92	5,58	6,89	6,80	6,98
2,93	5,89	14,44	14,06	14,83
3,12	2,54	1,37	1,33	1,42
3,23	3,49	3,48	3,44	3,52
3,32	4,23	1,51	1,48	1,55
3,50	0,50	0,23	0,21	0,26
3,71	2,15	1,01	0,98	1,04
3,91	0,48	0,23	0,22	0,25
4,25	5,00	11,31	11,04	11,60
4,26	2,41	5,17	5,14	5,21
4,52	5,27	6,79	6,75	6,82
4,52	5,90	17,86	17,71	18,00
4,65	2,21	5,05	4,93	5,18
4,86	5,11	8,63	8,34	8,93
5,04	5,94	13,04	12,59	13,51
5,15	0,50	6,92	6,73	7,10
5,21	0,52	2,86	2,79	2,93
5,42	0,53	8,06	7,94	8,17
5,51	5,56	9,92	9,73	10,11
5,64	5,86	9,52	9,28	9,76
5,82	5,01	9,19	8,98	9,40
6,25	2,24	10,08	9,79	10,38
6,27	4,49	9,66	9,50	9,82
6,57	0,50	7,36	7,25	7,48
6,71	0,52	8,29	8,16	8,41
6,90	0,35	7,12	7,03	7,21
6,97	4,24	10,28	10,17	10,40
7,29	3,39	10,04	9,83	10,26
7,54	0,45	7,42	7,32	7,52
7,59	2,27	8,06	7,95	8,17
7,84	2,46	8,61	8,49	8,73
8,86	2,28	11,61	11,36	11,87
10,75	5,08	10,53	10,32	10,74
11,52	4,83	9,84	9,57	10,12
11,66	4,00	11,60	11,31	11,90
11,77	2,41	10,15	9,99	10,31
11,92	3,76	12,26	12,07	12,45
12,08	3,58	10,69	10,52	10,86
12,09	5,51	23,88	23,62	24,16
12,11	5,84	14,02	13,62	14,44
12,75	1,86	10,66	10,45	10,87
12,83	3,84	11,56	11,34	11,78
12,96	2,65	10,74	10,52	10,96
13,30	3,88	10,37	10,17	10,57
13,42	6,21	15,13	14,86	15,40

Tableau 5 : Rapport des quantités de sodium et d'uranium dans les solides en fonction du pH et de la concentration en sodium dans la phase liquide

Le tableau (4) présente les rapports, mesurés par ICP, de la quantité de sodium sur la quantité d'uranium dans chaque échantillon solide issu de nos expériences en fonction du pH et de la concentration en sodium dans la phase liquide. Nous pouvons observer des rapports anormalement élevés pour la plupart des échantillons formés en milieux neutre et basique ou à concentration élevée en sodium. La figure (8) présente les deux types de spectres Raman que nous avons obtenus pour les solides synthétisés au contact de saumures dont la concentration en sodium est supérieure à 4,8 mol / L. Le spectre correspondant aux pH supérieurs ou égaux à 5,51 est très similaire à celui de $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ (VOL98). Le spectre correspondant aux pH inférieurs ou égaux à 5,04 ne correspond ni à celui de $\alpha\text{-Na}_2\text{UO}_4$ (VOL98), ni à celui de $(\text{UO}_2)_8\text{O}_2(\text{OH})_{12}$ (FRO07), ni à un mélange de ces phases.

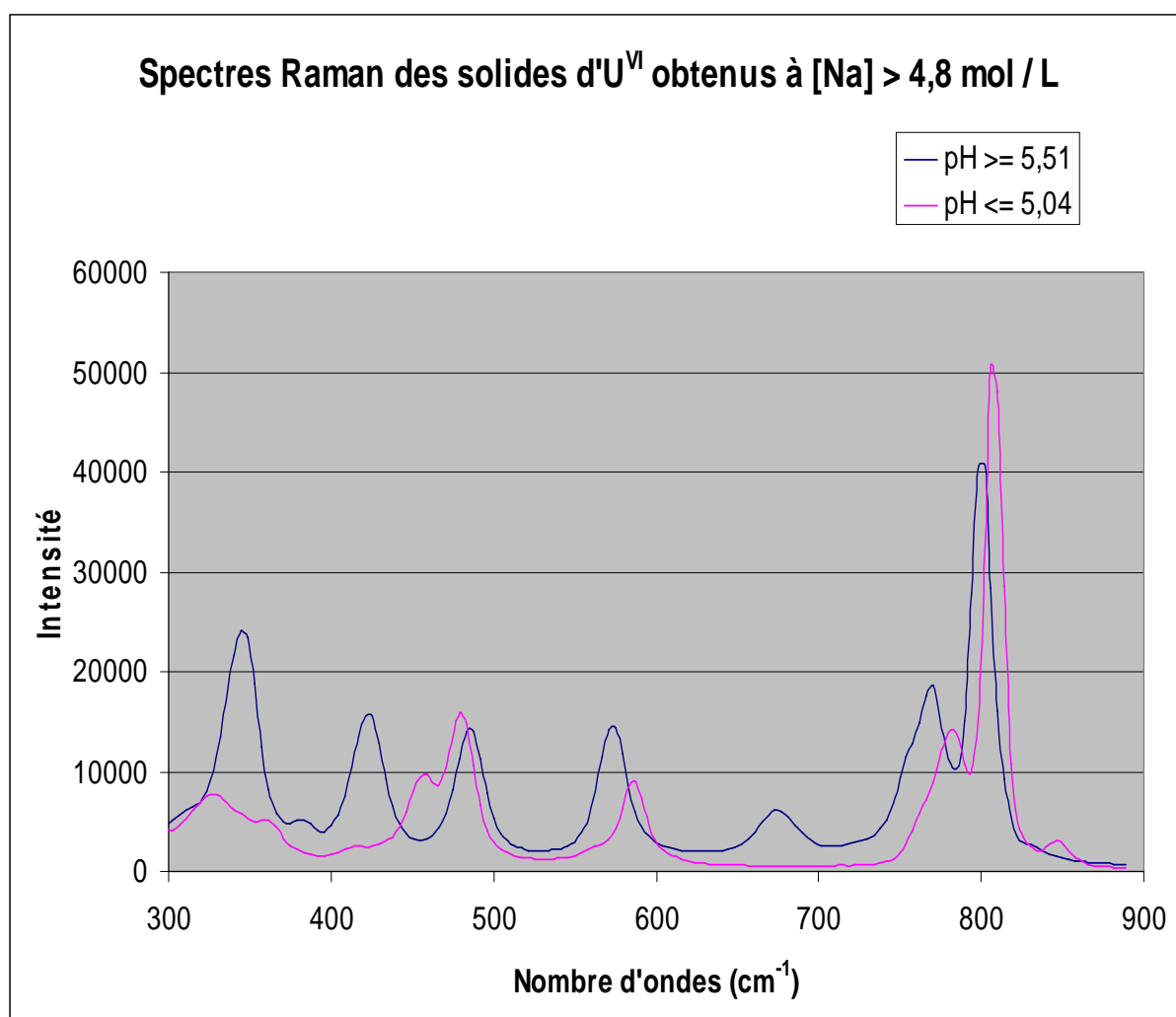


Figure 8 : Les deux types de spectres Raman obtenus pour les solides synthétisés au contact de saumures dont la concentration en sodium excède 4,8 mol / L

La spectroscopie de dispersion des photons X réalisés avec les microscopes électroniques en transmission et à balayage nous a également permis de caractériser certaines phases solides. Les pourcentages molaires des différents éléments analysés sont donnés dans la dernière colonne du tableau situé sous chaque spectre. La bande à 2,508 keV n'est pas marquée mais correspond à la raie $M\zeta$ de l'uranium. La figure (9) semble donc indiquer la présence d' UO_3 légèrement hydraté, la figure (10) celle de $Na_2U_2O_7$ anhydre, et la figure (11) celle de NaCl. Notons cependant que les stoechiométries des solides déterminées par cette technique d'analyse ne sont qu'approximatives, point sur lequel nous reviendrons au paragraphe (4.3).

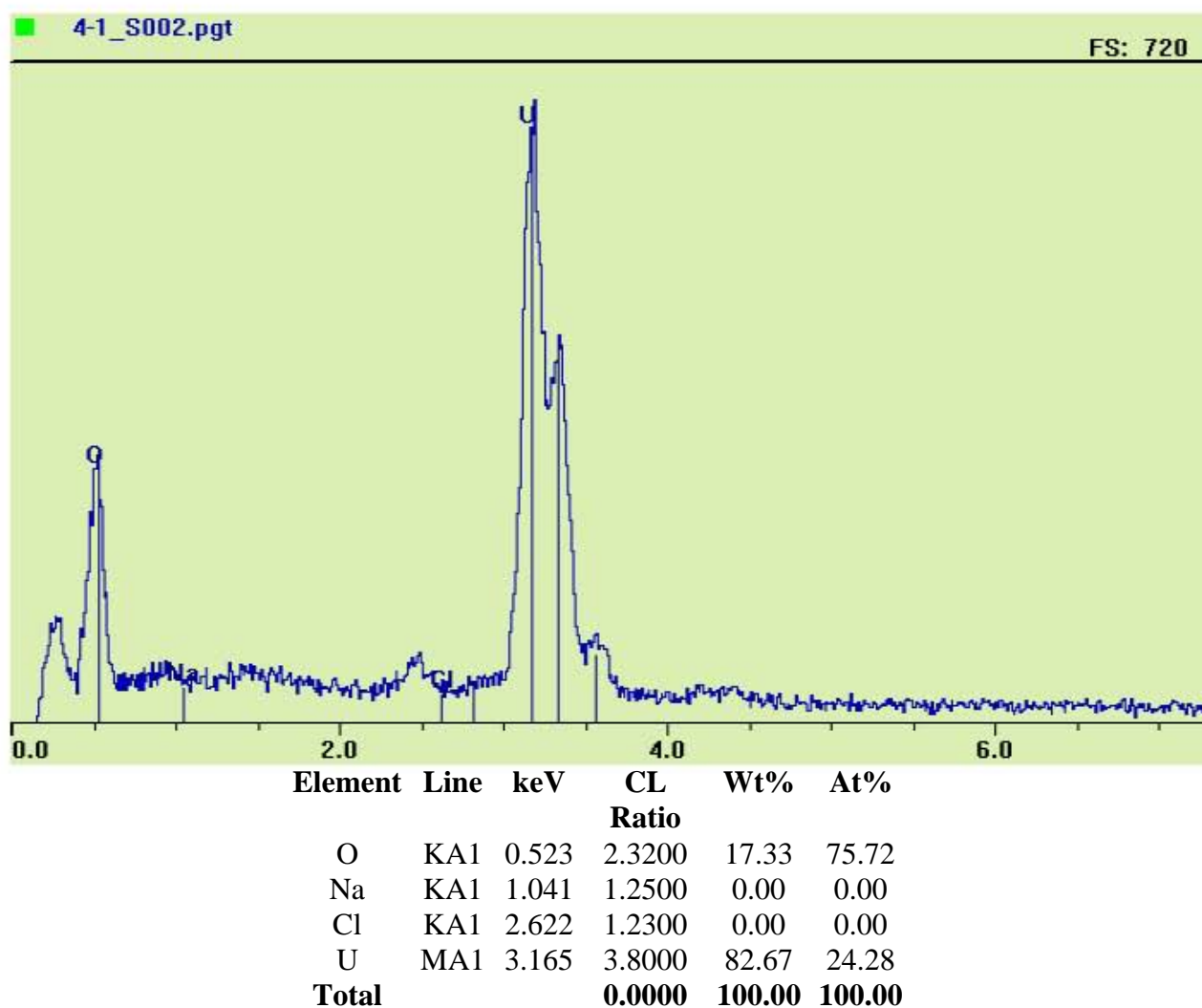


Figure 9 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon à pH = 3,71 et [Na] = 2,15 M

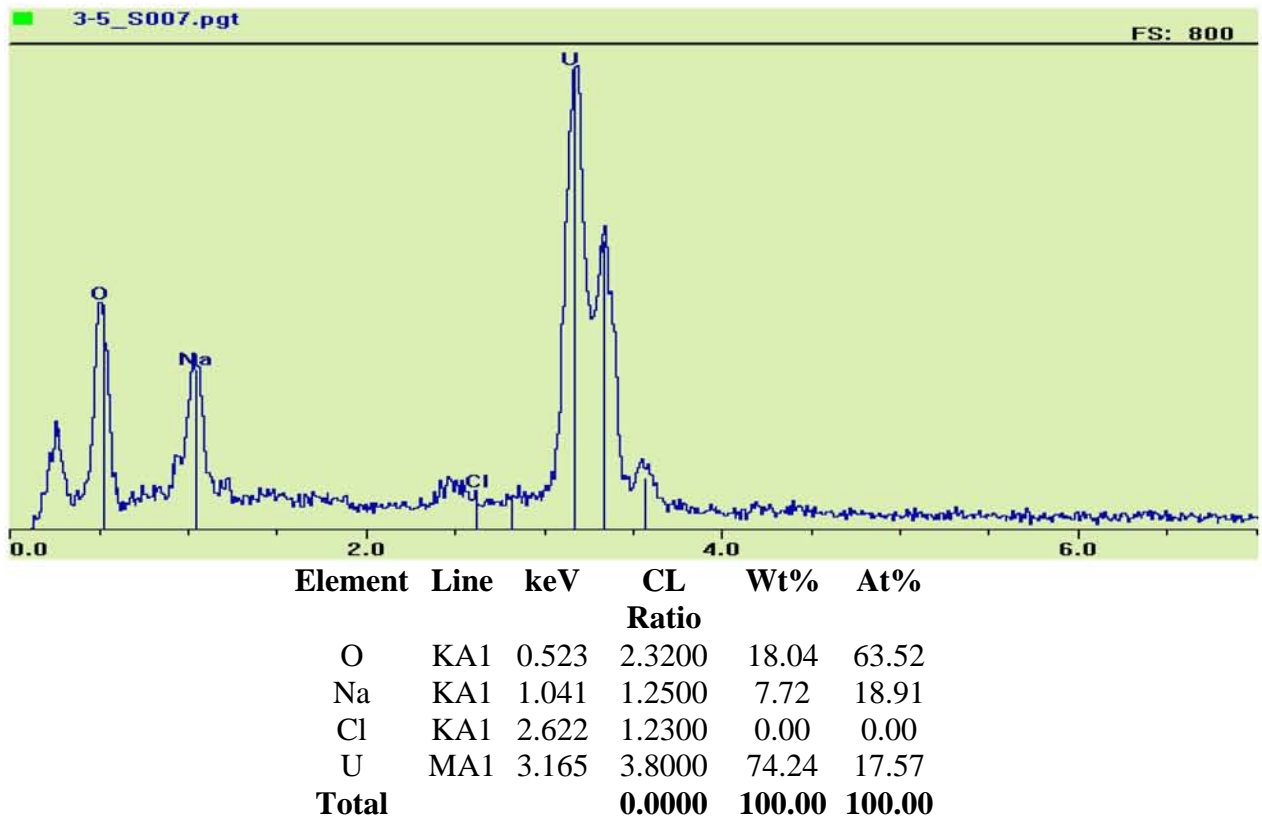


Figure 10 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M

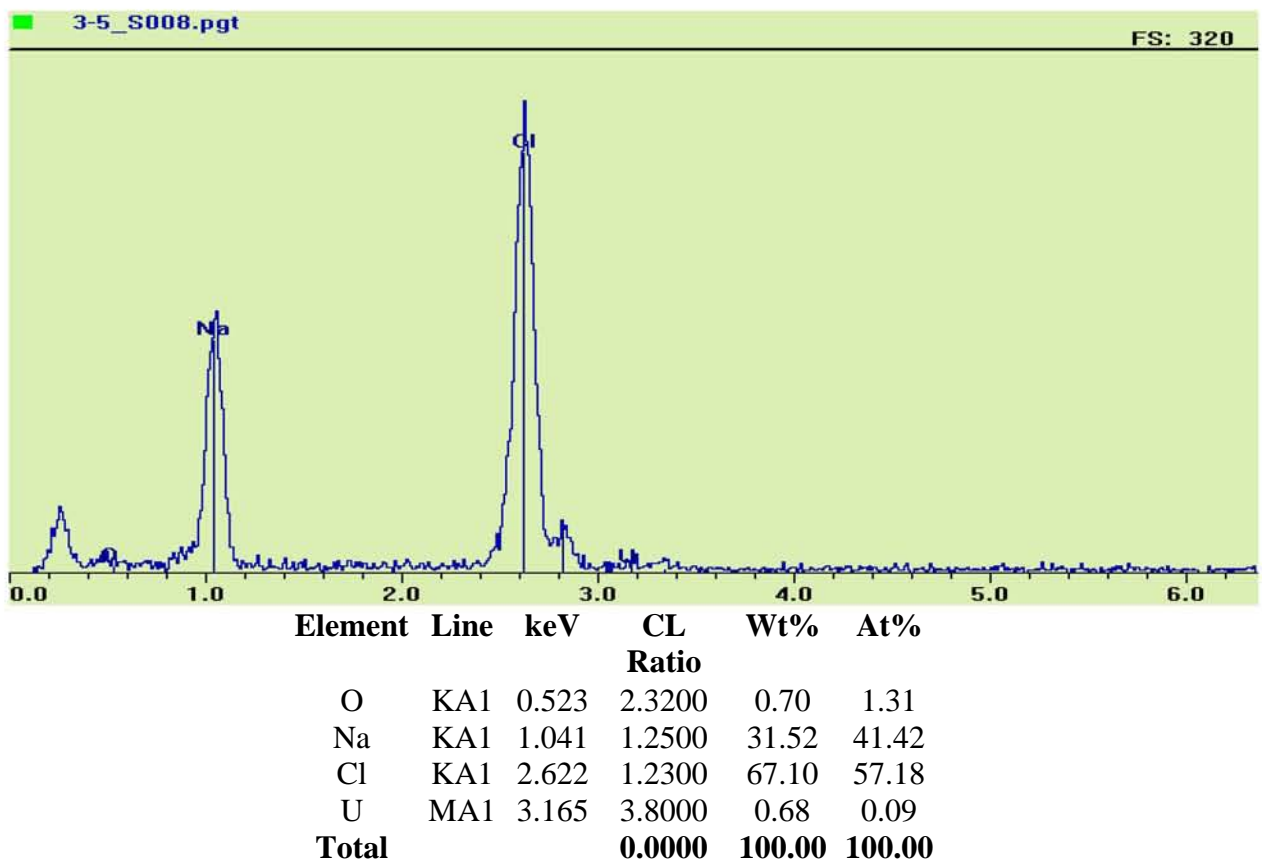


Figure 11 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M

En fait NaCl n'est pas un solide que l'on trouve indépendamment des autres minéraux contenus dans ces échantillons mais semble être très fortement adsorbé sur les uranates de sodium tel que le montre la figure (12) sur laquelle les cristaux les plus sombres, à droite, sont ceux d'un uranate de sodium, et l'hexagone plus clair, à gauche, est un cristal de NaCl qui semble s'être développé autour des cristaux de l'uranate de sodium. Les éléments constitutifs des solides ont été analysés le long de la ligne jaune sur la figure (12) et les intensités correspondantes sont reportées sur la figure (13). Une cartographie élémentaire a également été réalisée lors de cette prise de vue et les intensités correspondant aux différents éléments ont été reportées sur la figure (14). Les contrastes du microscope électronique à balayage permettent, quant à eux, de mieux discerner, sur la figure (15) que sur la figure (12), le chlorure de sodium adsorbé sur les uranates de sodium.

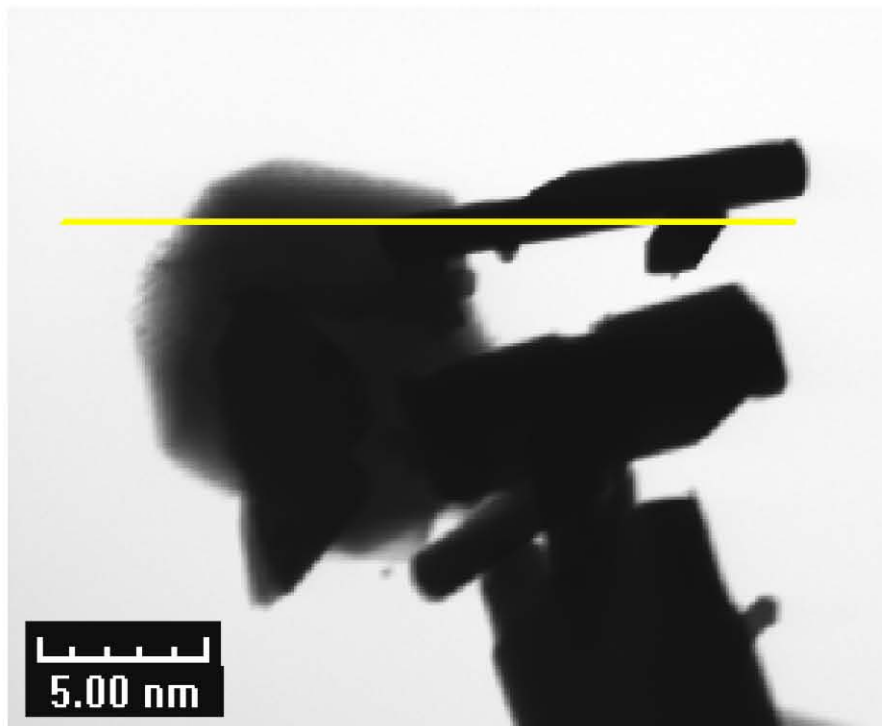


Figure 12 : Photographie MET d'une partie de la phase solide de l'échantillon à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M

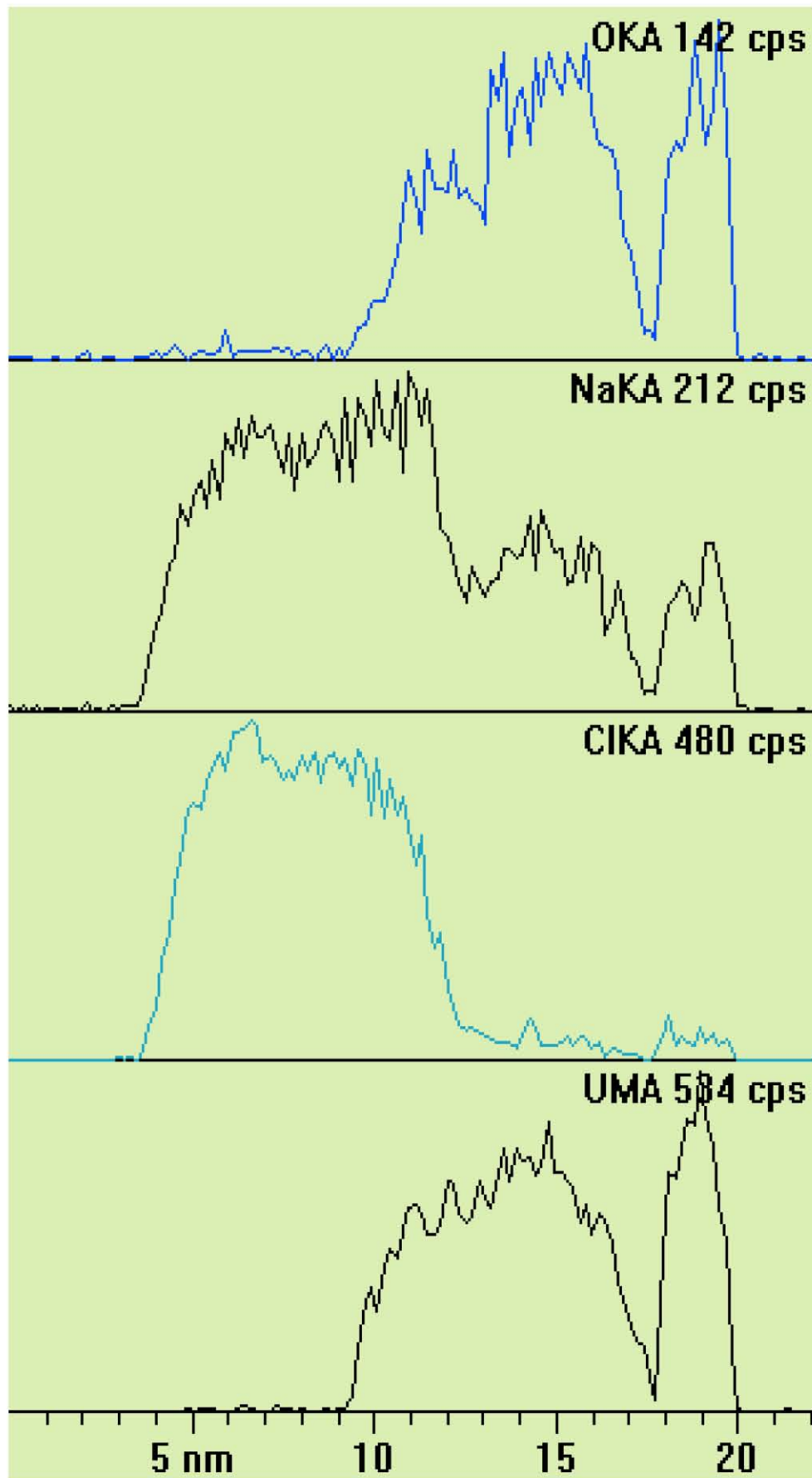


Figure 13 : Analyse élémentaire le long de la ligne jaune sur la figure (12)

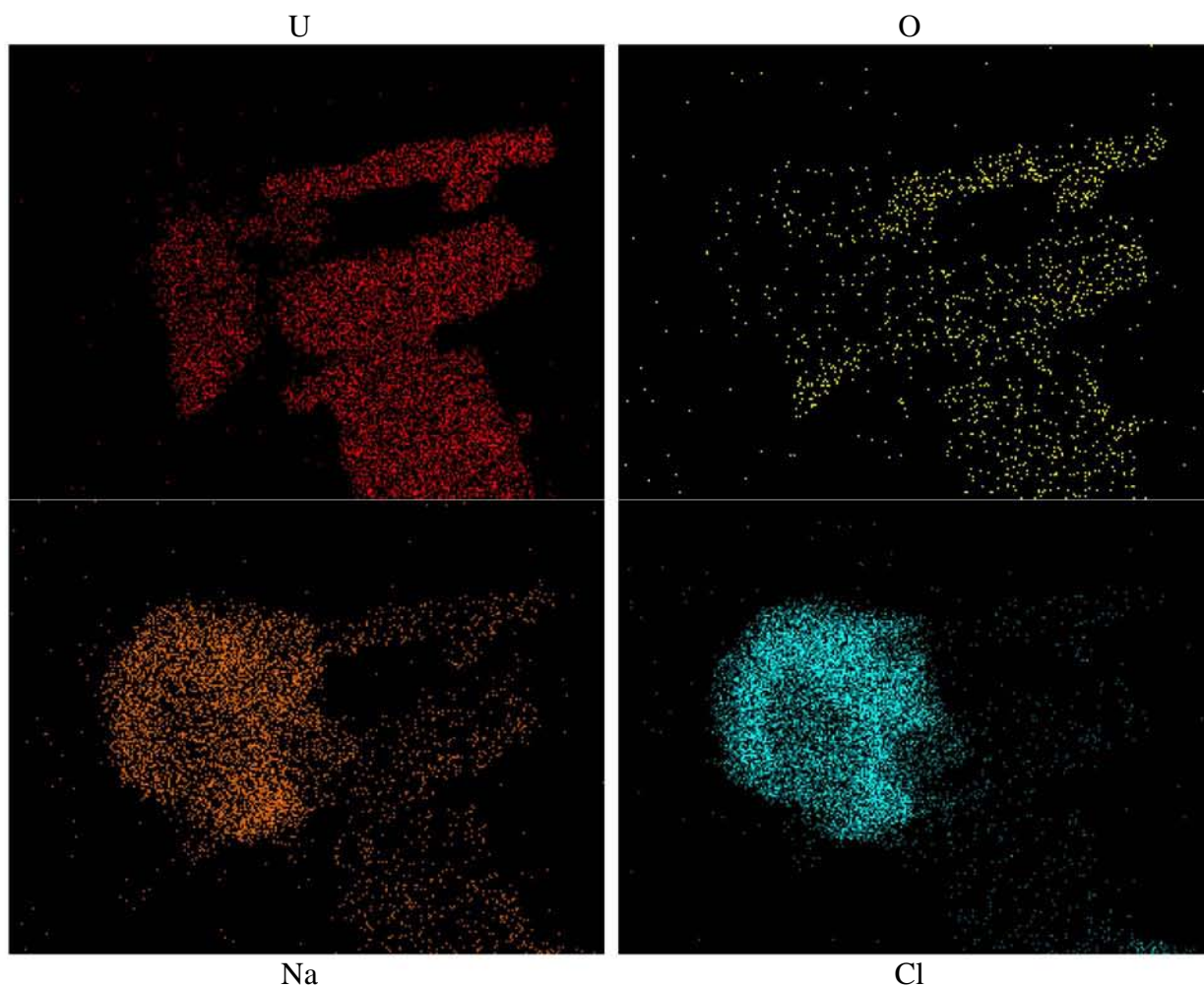


Figure 14 : Cartographie élémentaire de l'échantillon représenté sur la figure (12)

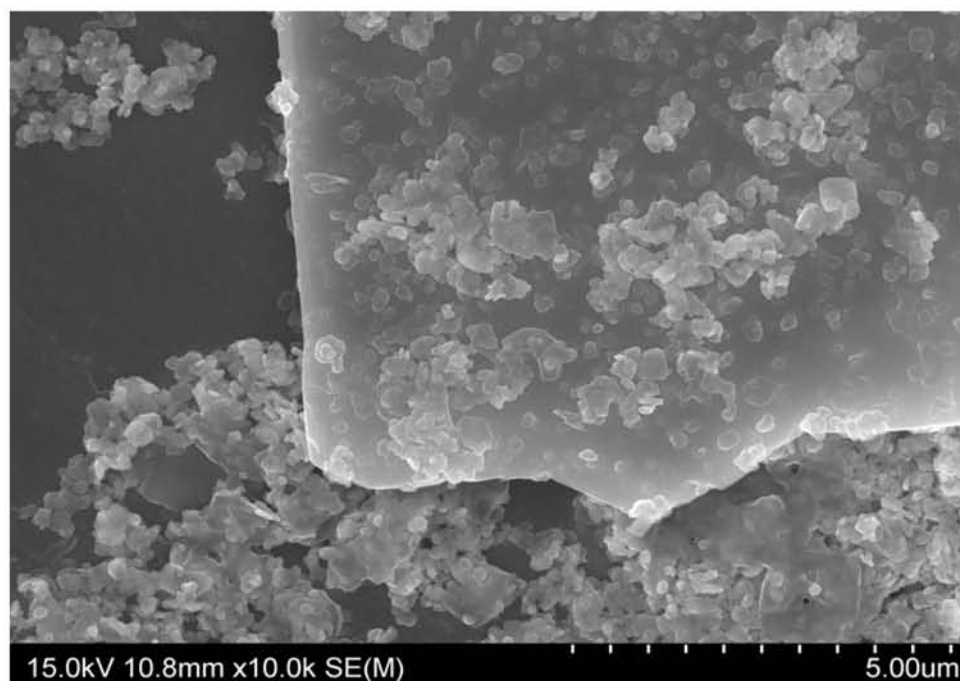


Figure 15 : Photographie MEB d'une partie de la phase solide de l'échantillon correspondant à $\text{pH} = 12,09$ et $[\text{Na}] = 5,51 \text{ M}$

De nombreux uranates de sodium, tels que $\text{Na}_2\text{U}_4\text{O}_{13}$ (figure (16)), $\text{Na}_2\text{U}_3\text{O}_{10}$ (figure (17)), $\text{Na}_4\text{U}_3\text{O}_{11}$ (figure (18)), et $\text{Na}_6\text{U}_4\text{O}_{15}$ (figure (19)), ont de plus été détectés dans les échantillons correspondant aux valeurs de pH supérieures ou égales à 4.

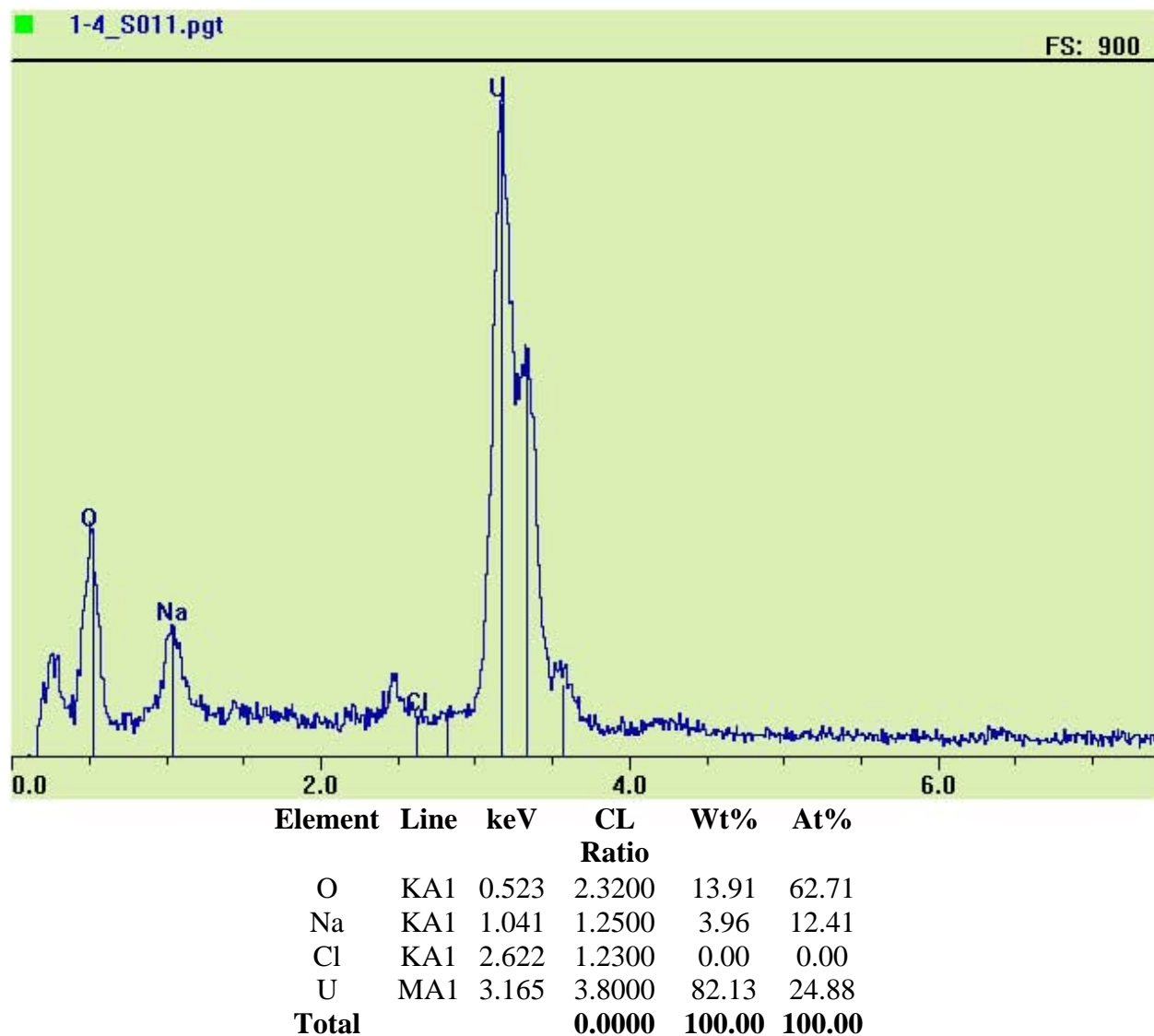


Figure 16 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 M

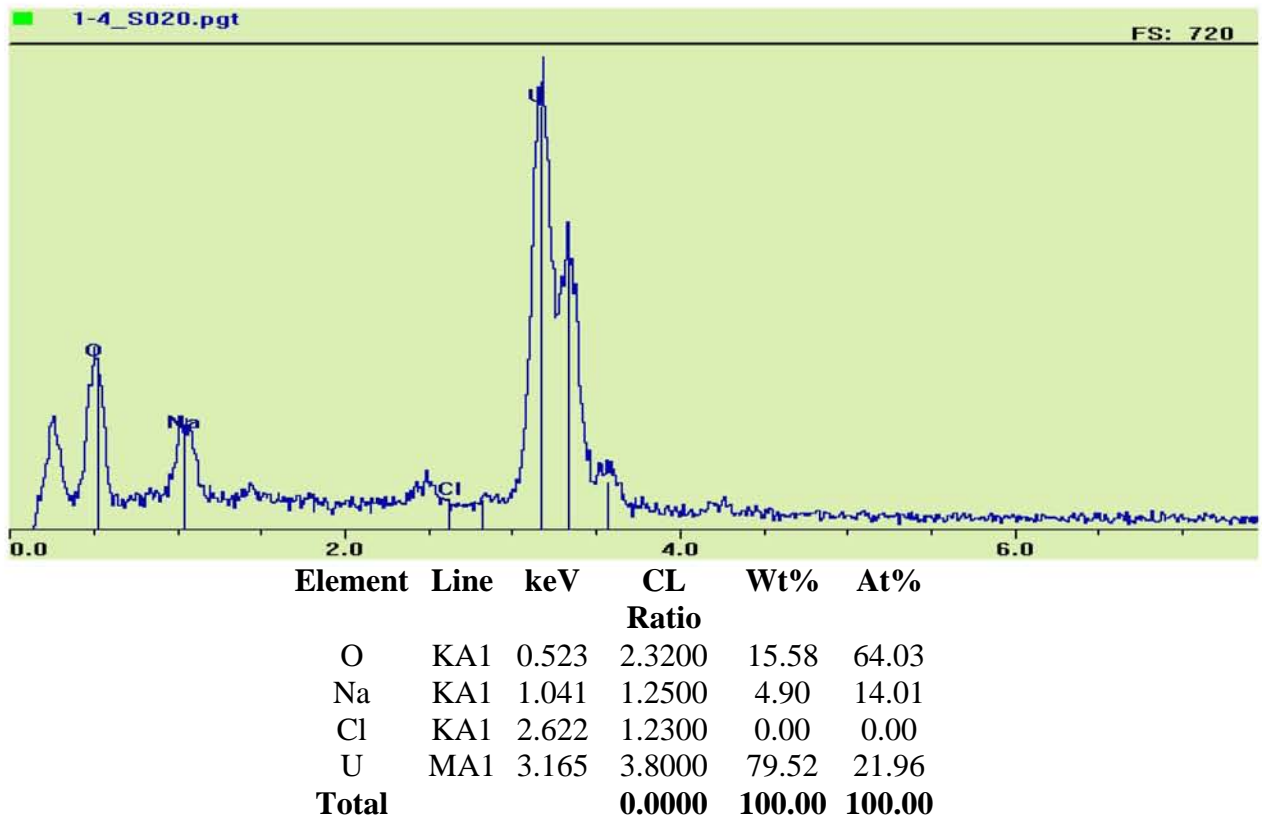


Figure 17 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 M

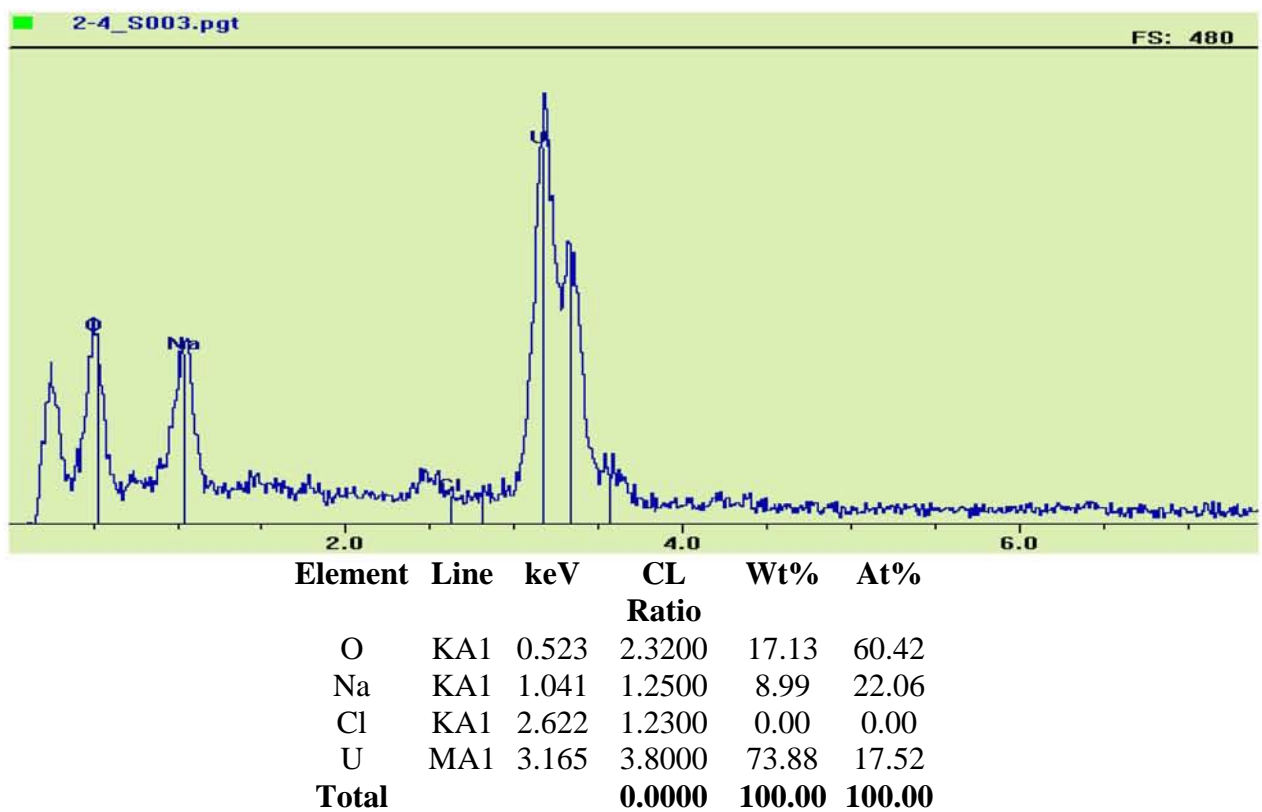
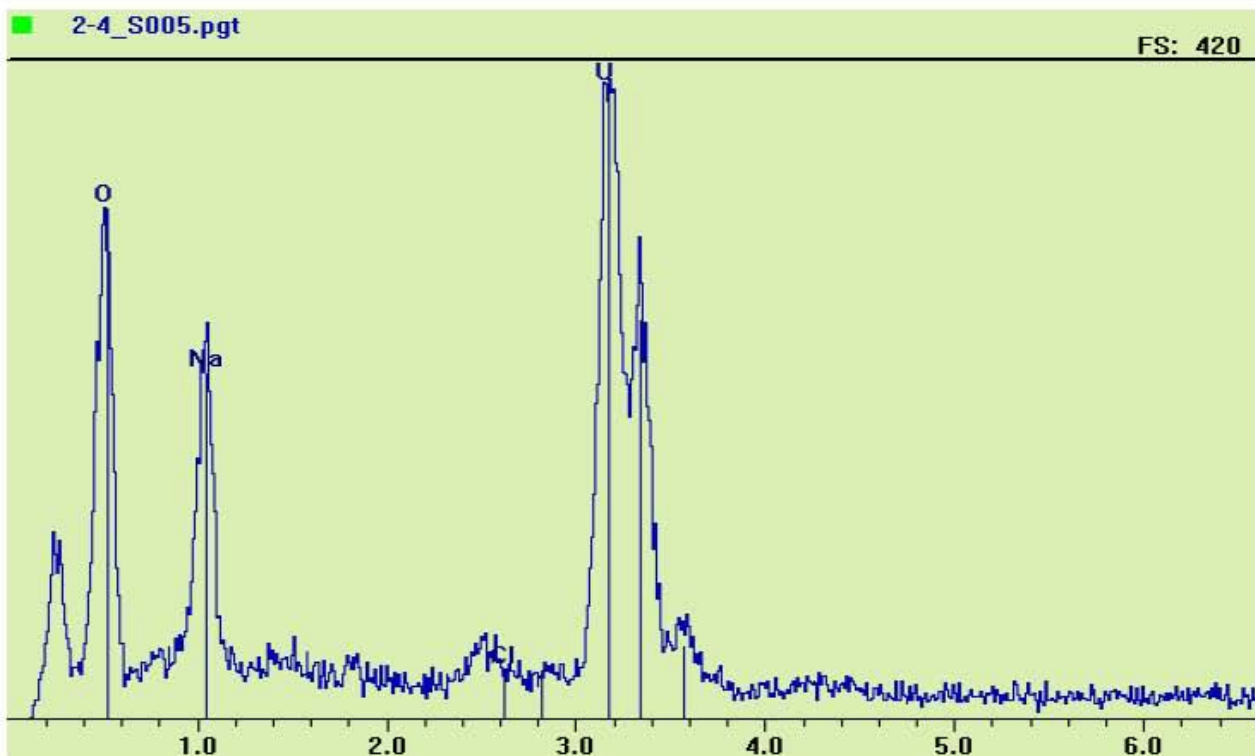


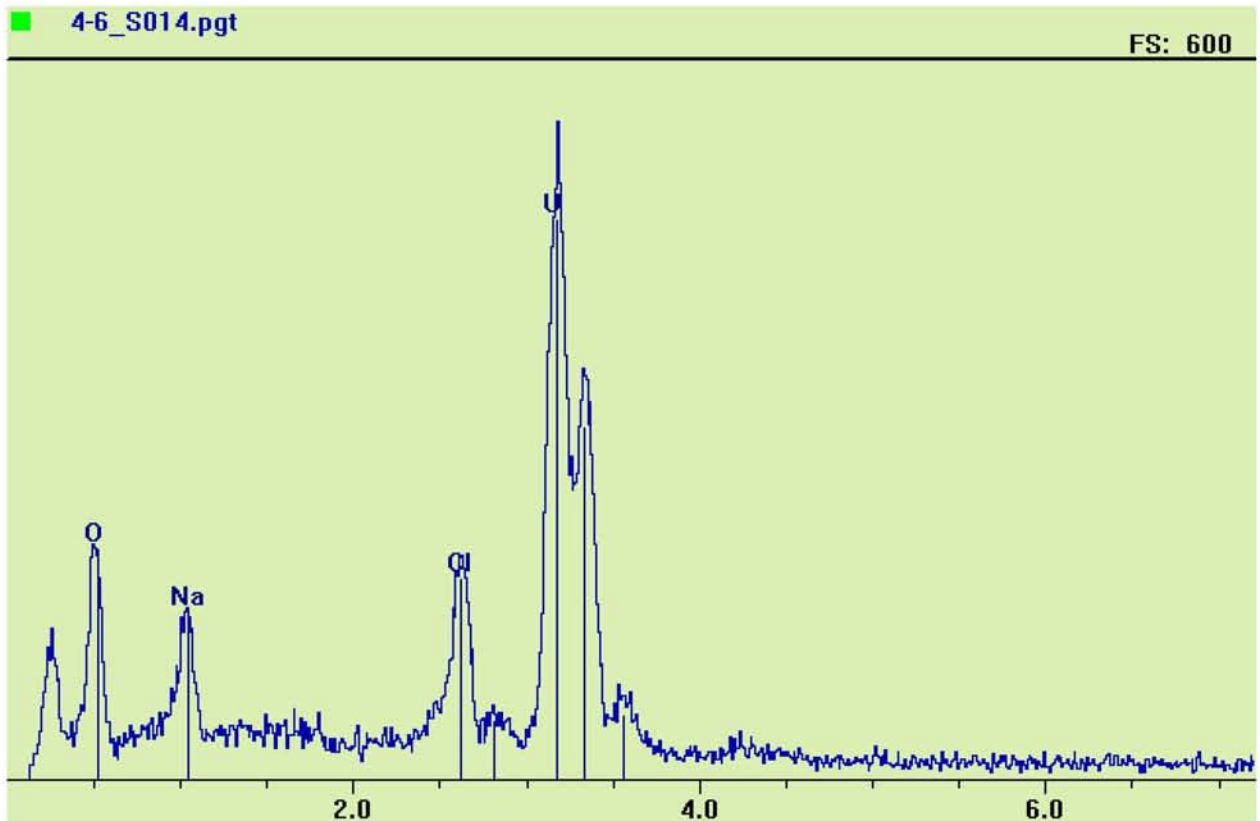
Figure 18 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 12,09 et [Na] = 5,51 M



Element	Line	keV	CL	Wt%	At%
			Ratio		
O	KA1	0.523	2.3200	24.62	68.38
Na	KA1	1.041	1.2500	9.96	19.24
Cl	KA1	2.622	1.2300	0.16	0.20
U	MA1	3.165	3.8000	65.26	12.18
Total			0.0000	100.00	100.00

Figure 19 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 12,09 et [Na] = 5,51 M

Enfin, nous avons également pu détecter la présence de minéraux d'uranium contenant à la fois Na et Cl tel que le montre la figure (20) dont la photographie MET est donnée en figure (21). Afin de nous assurer qu'il ne s'agissait pas de NaCl adsorbé sur un autre minéral, les éléments constitutifs des solides ont été analysés le long de la ligne jaune sur la figure (21) et les résultats sont reportés sur la figure (22), sur laquelle nous voyons clairement que les proportions relatives des divers éléments restent toujours les mêmes. Il s'agirait donc bien du solide $\text{Na}_2\text{U}_3\text{O}_9\text{Cl}_2$. Nous avons pu observer d'autres composés de ce type, par exemple $\text{Na}_2\text{U}_4\text{O}_{12}\text{Cl}_2$ (figure (23)), $\text{Na}_4\text{U}_{10}\text{O}_{31}\text{Cl}_2$ (figure (24)), et $\text{Na}_2\text{U}_{12}\text{O}_{34}\text{Cl}_6$ (figure (25)).



Element	Line	keV	CL Ratio	Wt%	At%
O	KA1	0.523	2.3200	14.09	54.70
Na	KA1	1.041	1.2500	5.06	13.66
Cl	KA1	2.622	1.2300	7.07	12.39
U	MA1	3.165	3.8000	73.78	19.25
Total			0.0000	100.00	100.00

Figure 20 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M

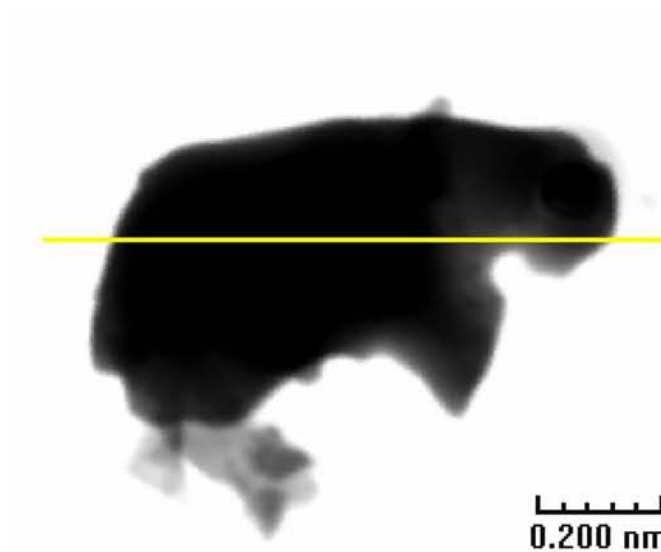


Figure 21 : Photographie MET d'une partie de la phase solide de l'échantillon à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M

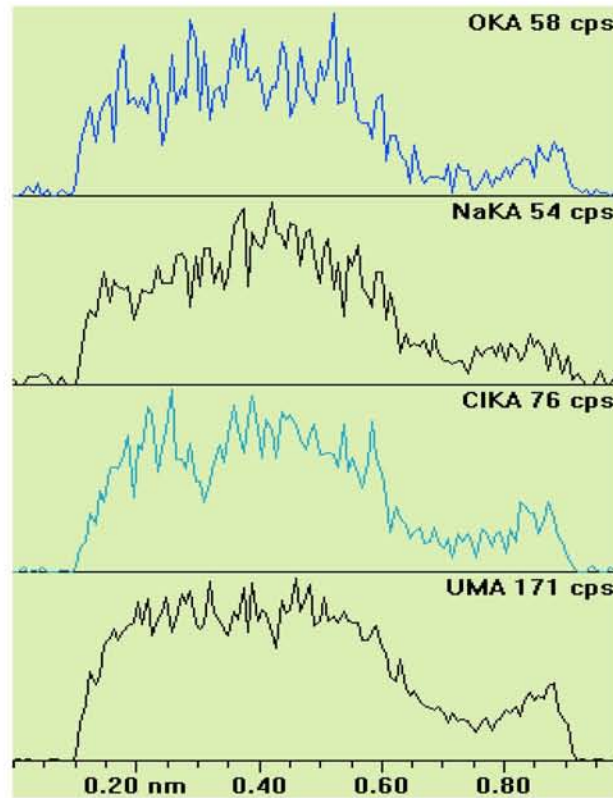


Figure 22 : Analyse élémentaire le long de la ligne jaune sur la figure (21)

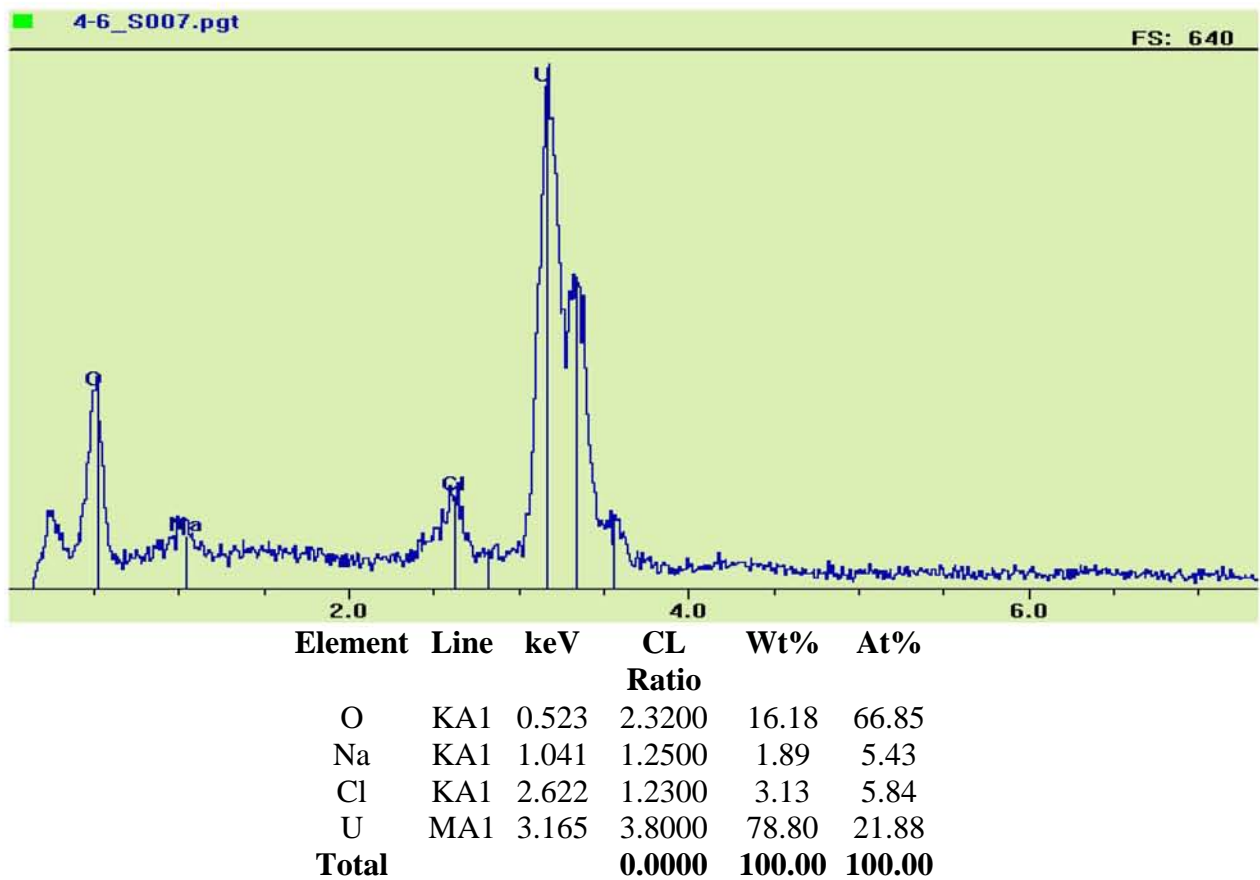
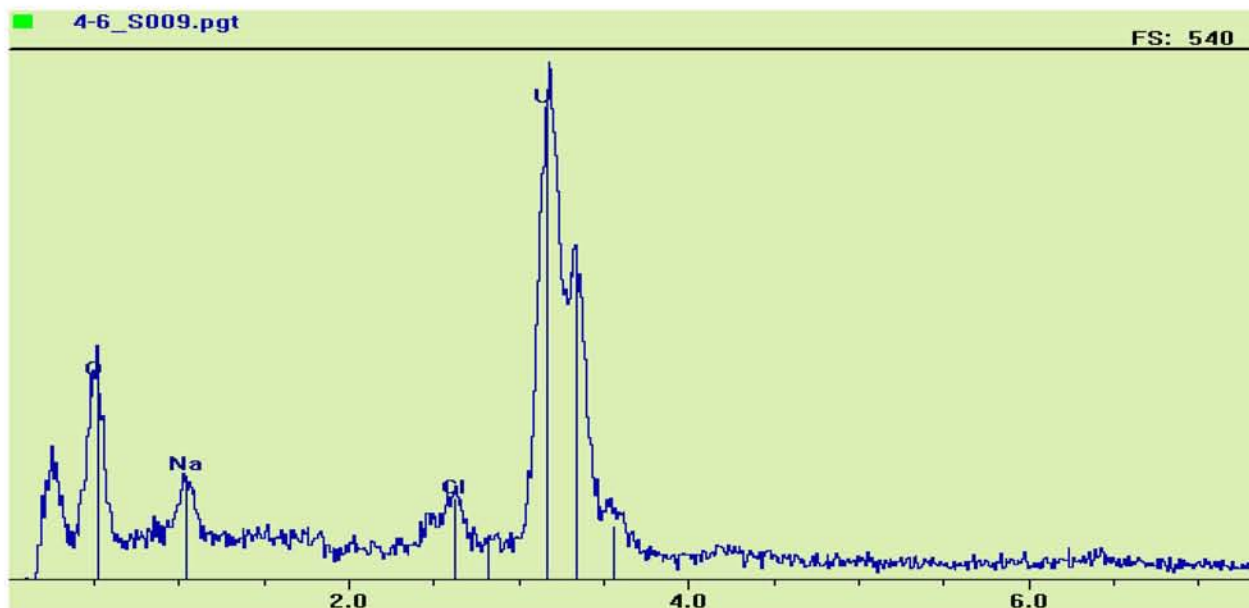
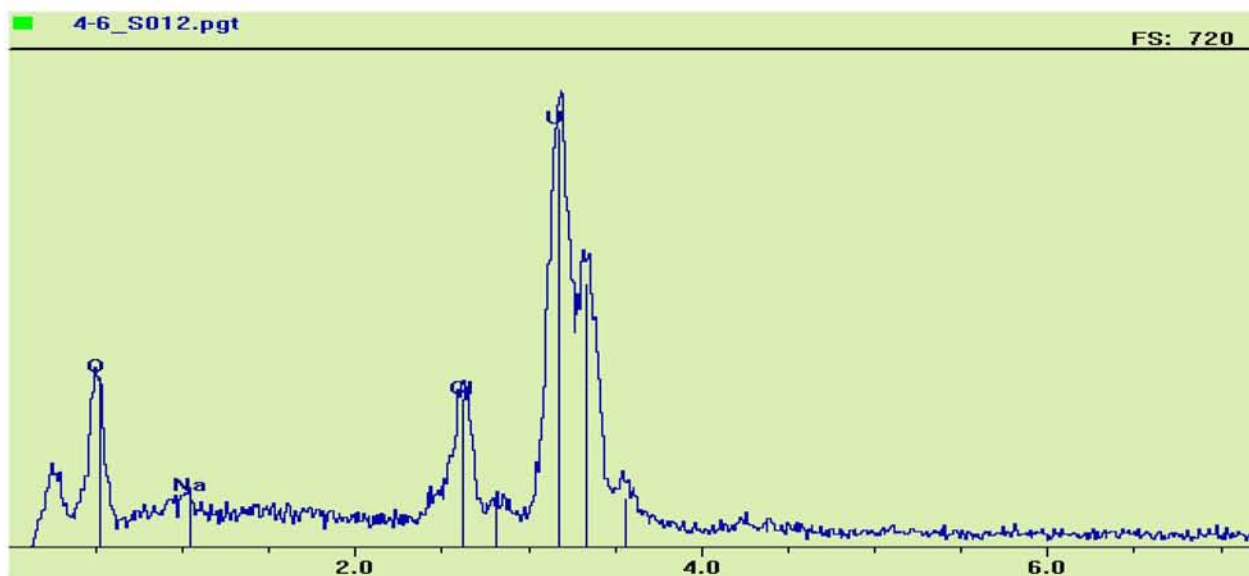


Figure 23 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M



Element	Line	keV	CL Ratio	Wt%	At%
O	KA1	0.523	2.3200	16.99	66.37
Na	KA1	1.041	1.2500	3.23	8.78
Cl	KA1	2.622	1.2300	2.61	4.60
U	MA1	3.165	3.8000	77.16	20.25
Total			0.0000	100.00	100.00

Figure 24 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M



Element	Line	keV	CL Ratio	Wt%	At%
O	KA1	0.523	2.3200	14.30	60.94
Na	KA1	1.041	1.2500	1.22	3.61
Cl	KA1	2.622	1.2300	6.88	13.22
U	MA1	3.165	3.8000	77.61	22.23
Total			0.0000	100.00	100.00

Figure 25 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M

L'analyse de nos échantillons par diffraction des rayons X nous a permis de détecter la présence de nombreuses phases cristallisées mais non référencées. Notons en effet que les pics de diffraction des composés détectés sont toujours légèrement décalés par rapport aux positions des pics des phases de référence (figures (26) à (32)). Ainsi un solide dont la structure est proche de celle d' UO_3 hydraté a été détecté en milieu acide à faible concentration en NaCl, tel que le montre la figure (26), et est encore présente en faible quantité à moyenne concentration en NaCl, tel que le montre la figure (28). En milieu acide à moyenne et haute concentration en NaCl ainsi qu'en milieu neutre, nous détectons également la présence d'un composé dont la structure est proche de celle de $\text{Na}_2\text{U}_3\text{O}_{10}(\text{H}_2\text{O})$ (figures (27) à (31)). En milieu neutre à faible concentration en NaCl et en milieu acide à moyenne concentration en NaCl, nous avons détecté la présence d'un composé dont la structure est proche de celle de $\text{Na}(\text{UO}_2)_4\text{O}_2(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})_2$ (figure (28) et (31)). En milieu neutre à moyenne concentration en NaCl (figure (30)), nous avons détecté la présence d'un composé dont la structure est proche de celle de NaUO_2OOH , de même qu'en milieu basique à moyennes et hautes concentrations en NaCl, milieu dans lequel ce composé est accompagné d'un autre composé dont la structure est proche de celle de $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ (figure (32)). Notons que, dans presque tous les échantillons dans lesquels nous avons détecté la présence de composés dont les structures sont proches de celles des uranates de sodium, nous avons également détecté la présence de NaCl (figures (27) et (29) à (32)).

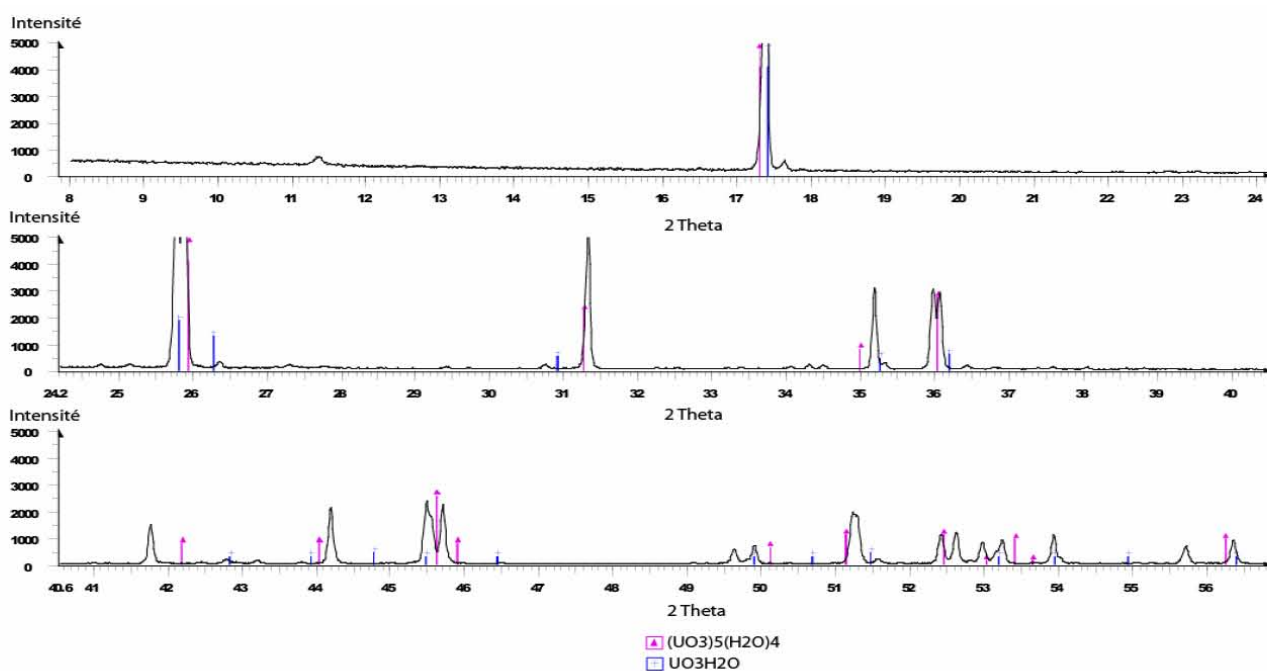


Figure 26 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 3,91 et $[\text{Na}] = 0,48 \text{ mol / L}$

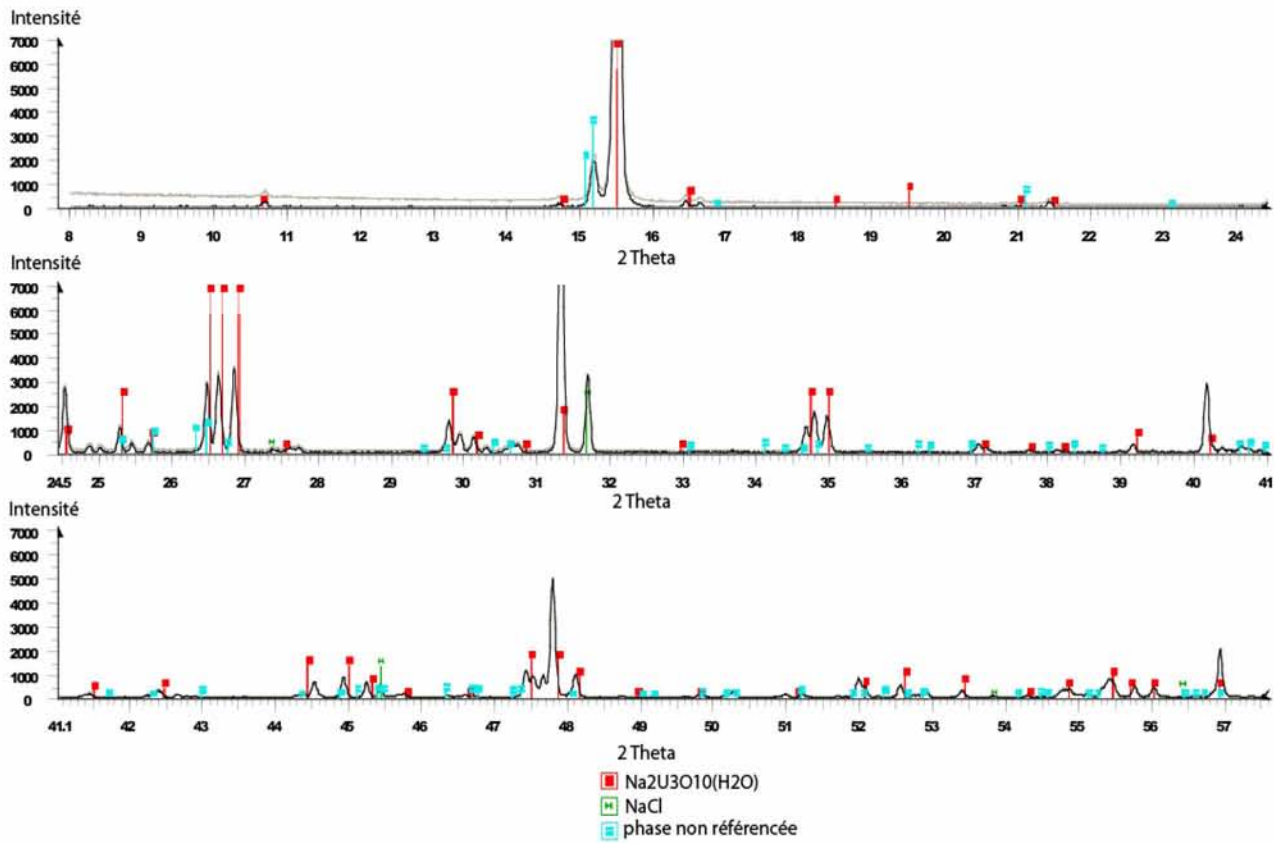


Figure 27 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 mol / L

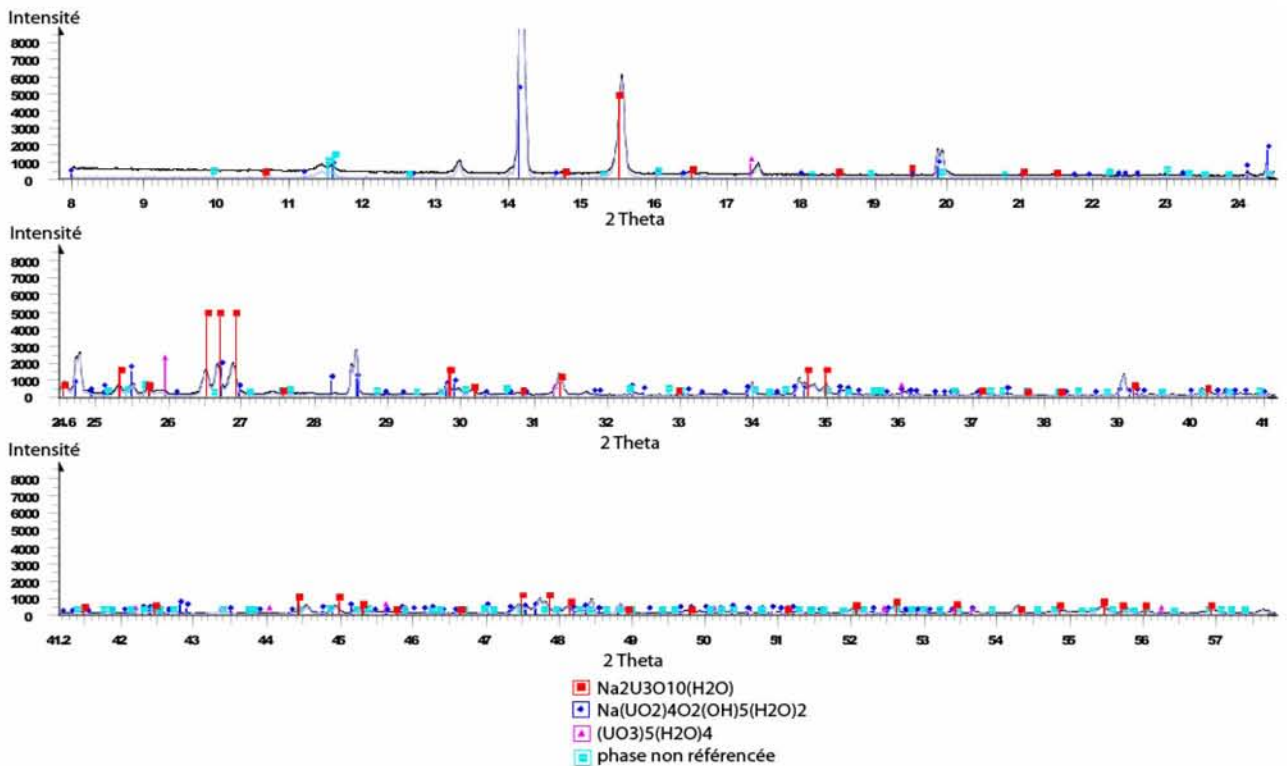


Figure 28 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 mol / L

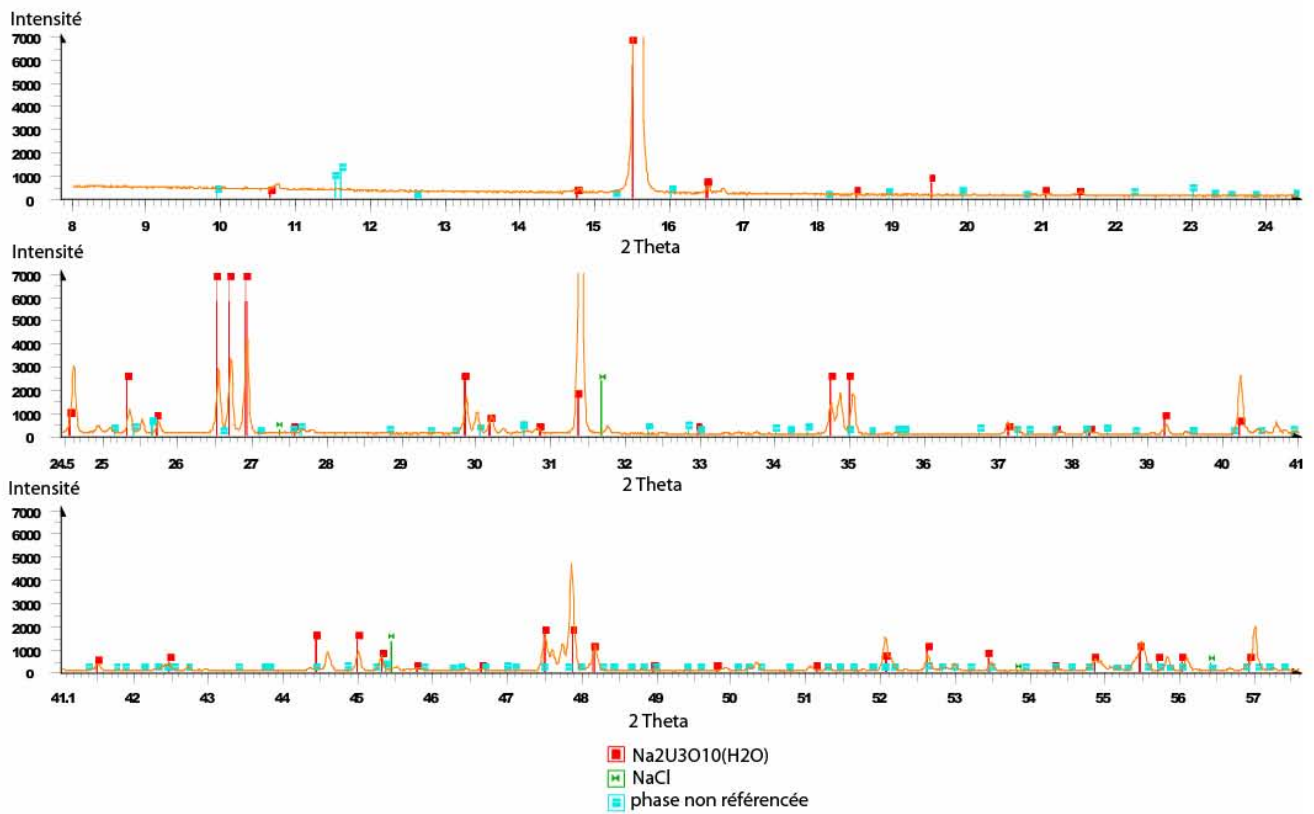


Figure 29 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,86 et [Na] = 5,11 mol / L

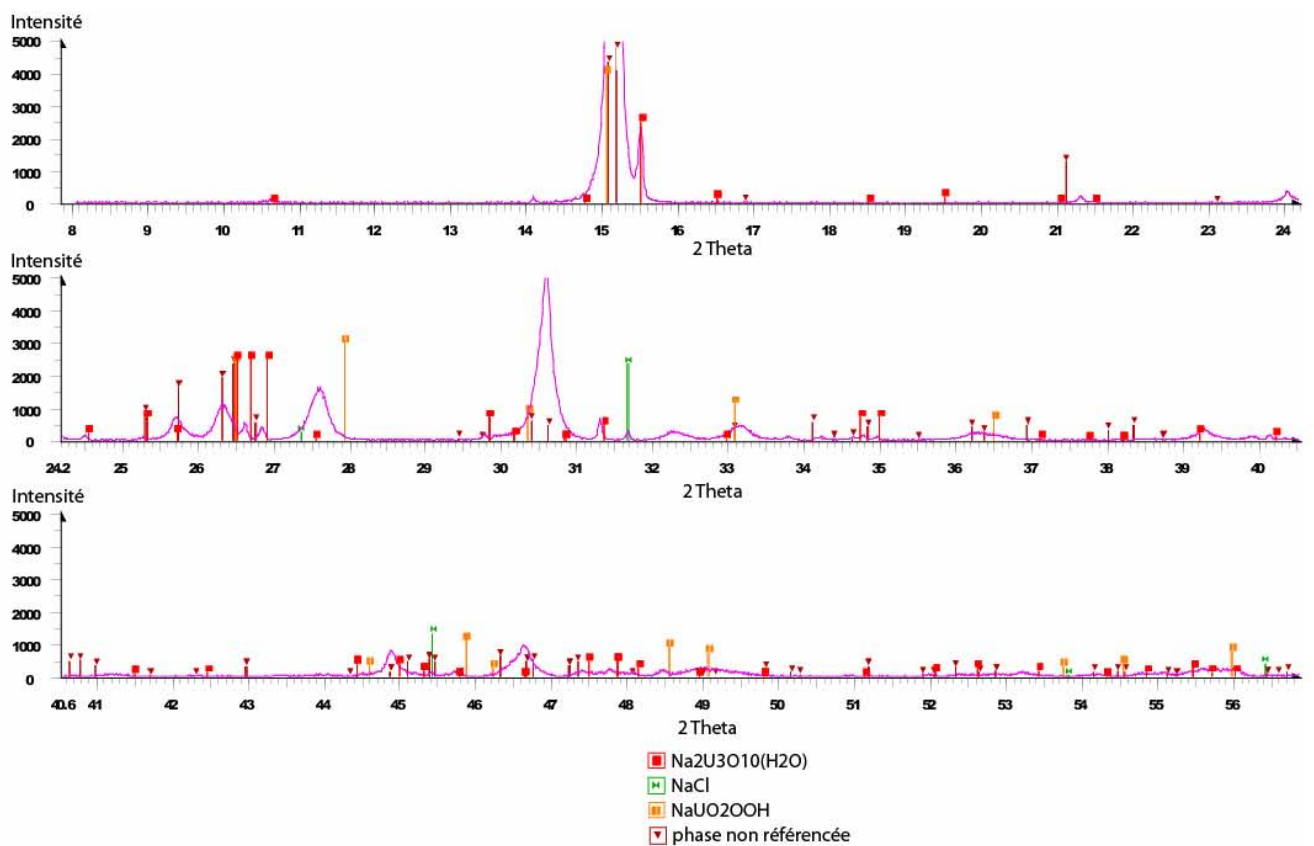


Figure 30 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 6,25 et [Na] = 2,24 mol / L

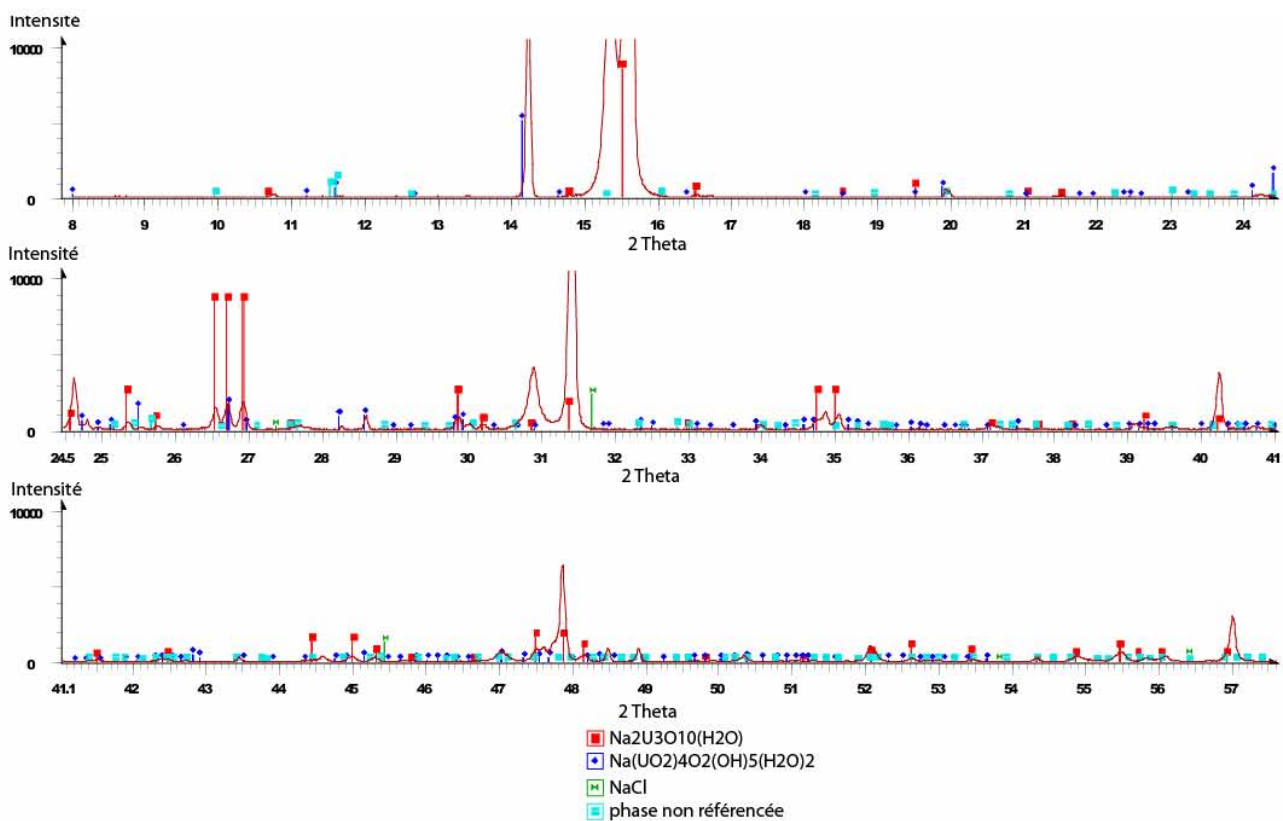


Figure 31 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 7,54 et [Na] = 0,45 mol / L

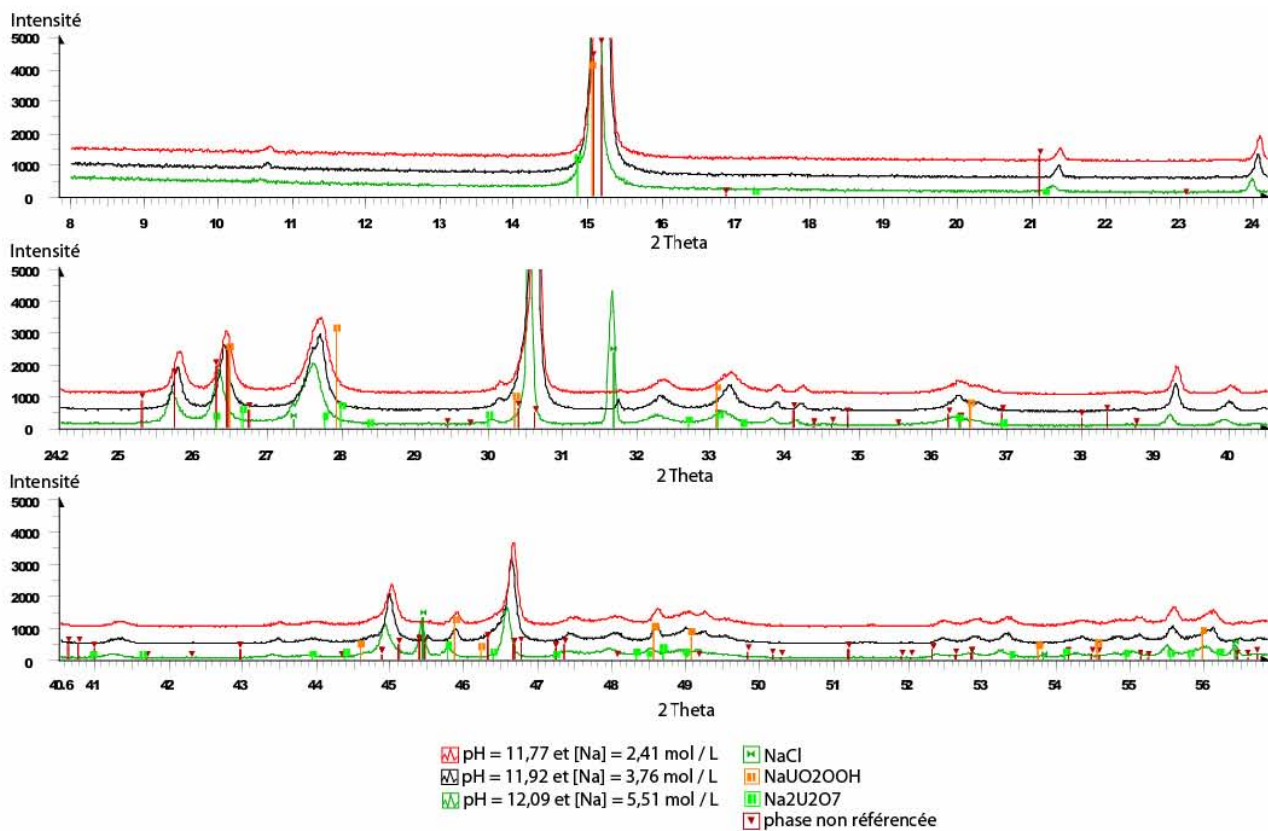


Figure 32 : Diffractogrammes X des solides de plusieurs échantillons

3.3) Spéciation de l'uranium (VI)

A l'exception des échantillons correspondant aux valeurs de pH les plus basses, la solubilité de l'uranium (VI) est telle qu'elle se situe en dessous de la limite de détection des spectroscopies utilisées, la fluorescence de l'uranyle n'ayant pas pu être étudiée en raison de son inhibition en milieu chloruré (SOW98). Seuls les échantillons les plus concentrés en uranium ont ainsi pu être analysés par spectroscopies UV-visible, infrarouge, Raman, et EXAFS, tel que le montrent les figures (33) à (44). Ainsi en spectroscopie UV-visible, nous observons sur la figure (33) que sur les spectres correspondant aux teneurs en NaCl inférieures à 5 mol / L, la position du maximum d'absorption se situe toujours à 429 nm, caractéristique de $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ (MEI97). Nous observons cependant un léger décalage, avec un maximum d'absorption à 433 nm, pour les très hautes teneurs en NaCl. La large bande entre 414 nm et 424 nm sur les figures (34) et (35) pourrait, quant à elle, être caractéristique de l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ ayant un maximum d'absorption à 421 nm ou de la présence de plusieurs espèces monouranyles chlorurées (RUN99, NOC07). En spectroscopie Raman, les pics à 838 cm^{-1} sur les figures (36) et (37) montrent la présence de l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ (NGU91). Nous pouvons également observer un épaulement à la droite de ces pics, qui indique la présence d'une ou plusieurs autres espèces, bien qu'il soit difficile de déterminer lesquelles sans pouvoir correctement situer le maximum des pics correspondant. En effet, un pic à 853 cm^{-1} serait révélateur de la présence de l'espèce diuranyle $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ (FUJ01). D'autre part les pics à 870 cm^{-1} , 867 cm^{-1} , 862 cm^{-1} , 859 cm^{-1} , 854 cm^{-1} , et 849 cm^{-1} , caractériseraient les espèces monouranyles respectives UO_2^{2+} , UO_2Cl^+ , UO_2Cl_2 , UO_2Cl_3^- , $\text{UO}_2\text{Cl}_4^{2-}$, et $\text{UO}_2\text{Cl}_5^{3-}$ (NGU92). Un épaulement étant relativement marqué à 858 cm^{-1} , il pourrait indiquer la présence de UO_2Cl_3^- . En spectroscopie infrarouge, les pics sur les figures (38) et (39) présentent un épaulement à 920 cm^{-1} et la figure (40) présente un maximum d'absorption à 923 cm^{-1} , qui correspond au maximum d'absorption infrarouge pour $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ (QUI00). A plus faible concentration en sodium (figure (41)), l'intensité du pic diminue et il semble s'élargir, alors que son maximum est déplacé à 941 cm^{-1} révélant la présence de l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ (RUN99), alors que le pic de $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ se réduit à un épaulement. Un autre épaulement à 961 cm^{-1} sur ce spectre nous permet d'identifier l'espèce UO_2^{2+} (QUI00). Trois pics non identifiés à 1352 cm^{-1} , 1380 cm^{-1} , et 1616 cm^{-1} sont probablement dus à des impuretés (figure (38) à (40)), de même que le pic à 1652 cm^{-1} en spectroscopie Raman (figures (36) et (37)).

Les spectres EXAFS (figures (42), (43), et (44)) présentent un certain nombre de similitudes. Ainsi le pic le plus intense est toujours caractéristique de l'entité UO_2^{2+} présente dans tous les complexes, le pic à sa droite est caractéristique des liaisons entre un atome d'uranium et un atome d'oxygène situé dans le plan équatorial de l'uranyle, le troisième pic est caractéristique d'une liaison entre un atome d'uranium et un ion Cl^- , et le pic à une distance décalée d'environ 2,8 angströms est à nouveau caractéristique de UO_2^{2+} et dû à un phénomène de diffraction multiple (ALL97, HEN05). Le tableau (5) présente les analyses quantitatives de ces quatre pics. La difficulté réside cependant dans l'interprétation des pics dont la distance décalée est comprise entre 3 et 4 angströms, distance caractéristique entre deux atomes d'uranium d'un même complexe, donc des espèces polyuranyles. Les résultats fournis par ces spectroscopies seront discutés plus en détail au chapitre (4).

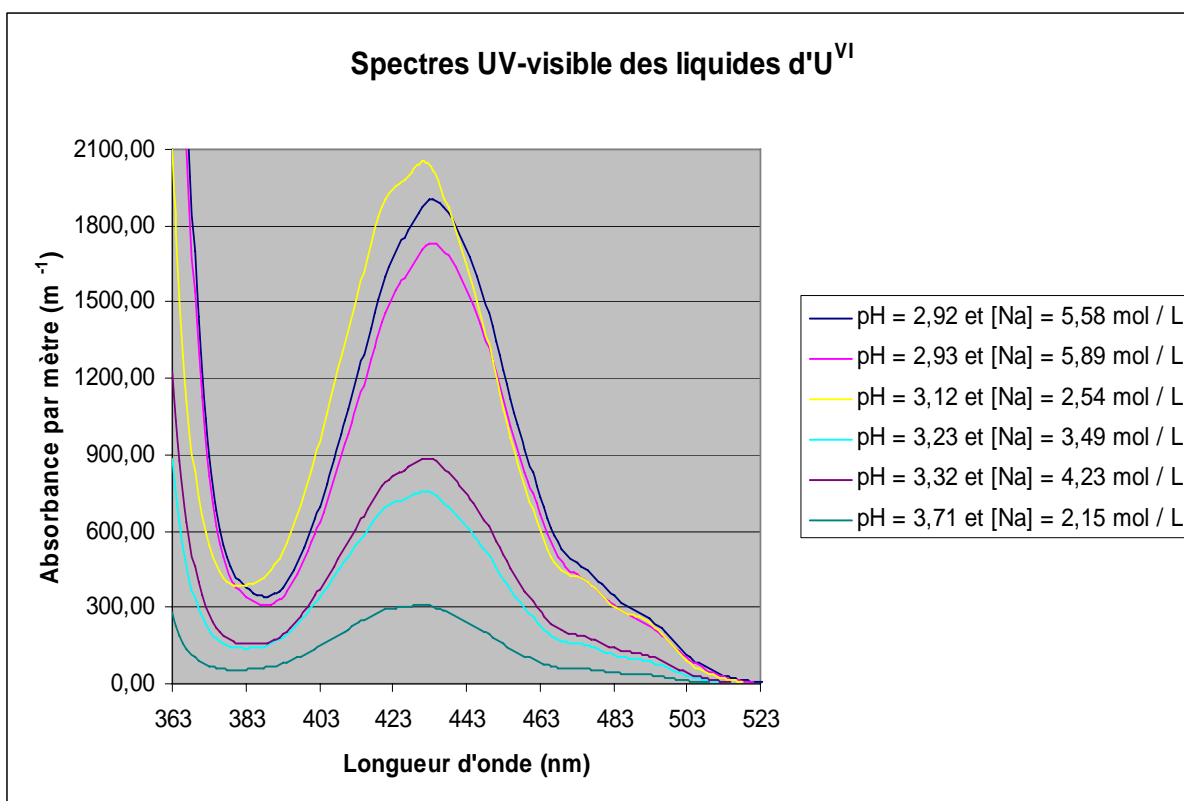


Figure 33 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)
(Bandes à 429 nm pour $[\text{Na}] < 5 \text{ M}$ et à 433nm pour $[\text{Na}] > 5 \text{ M}$)

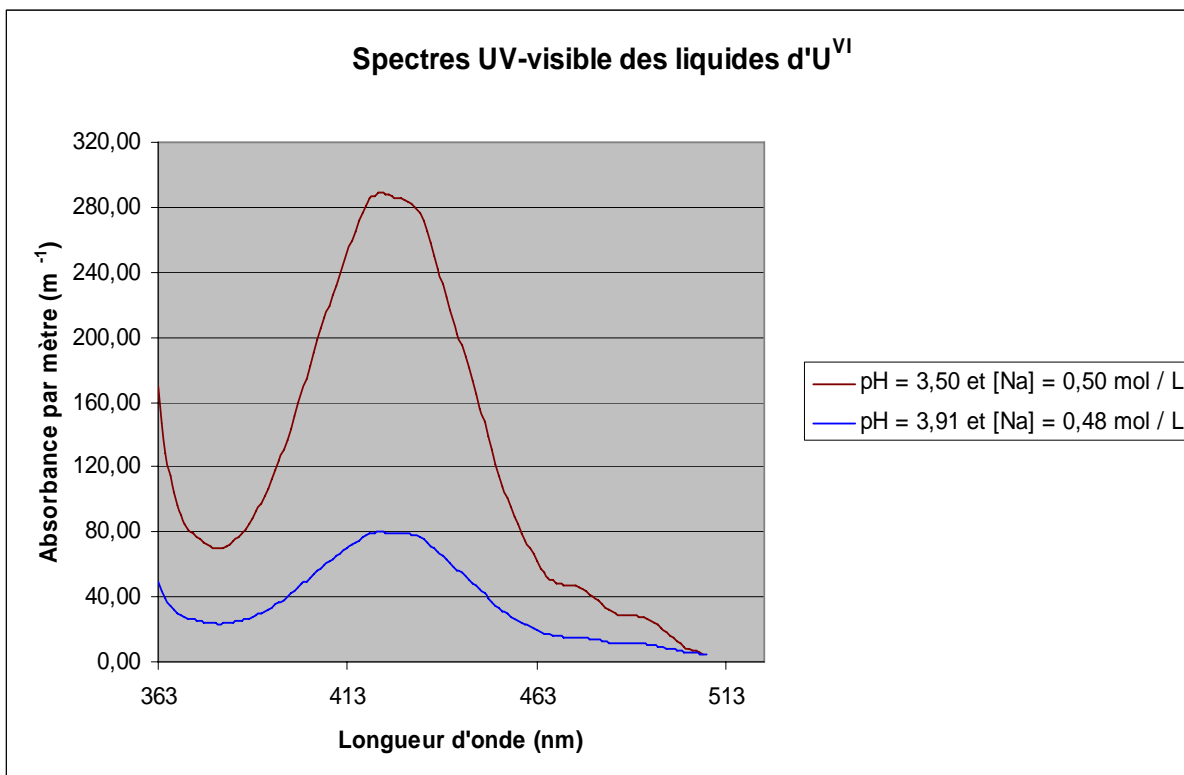


Figure 34 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2) (Bande à 421 nm)

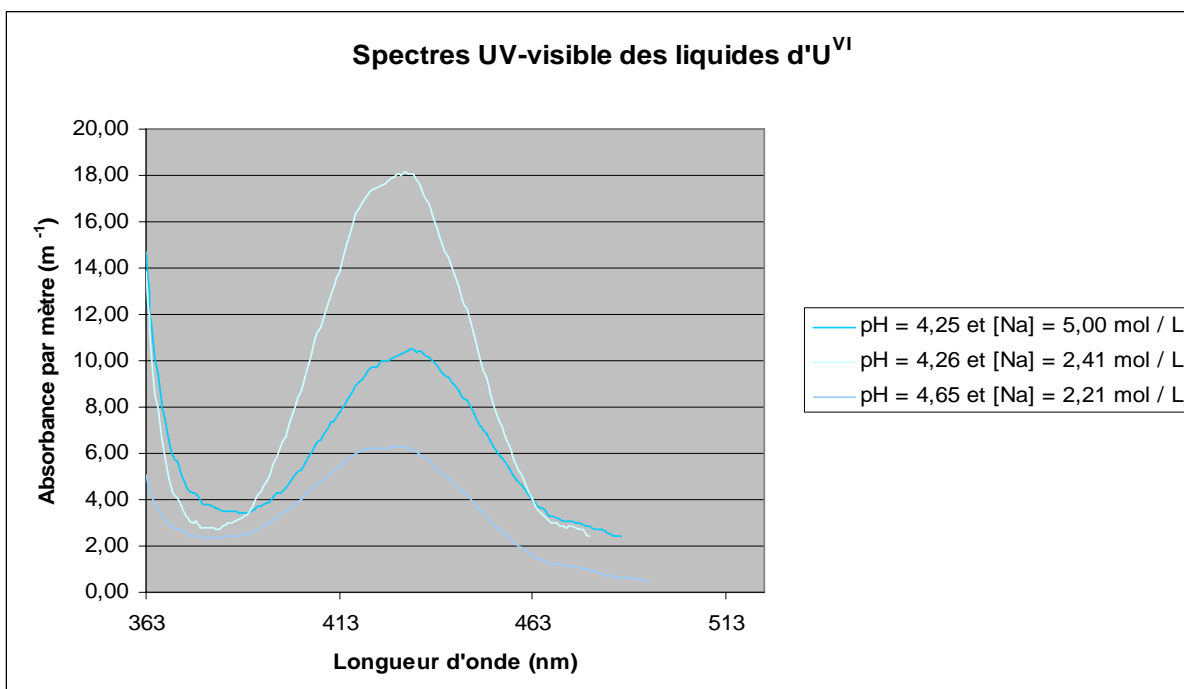


Figure 35 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)
(Bandes à 429 nm pour [Na] < 5 M et à 433nm pour [Na] > 5 M)

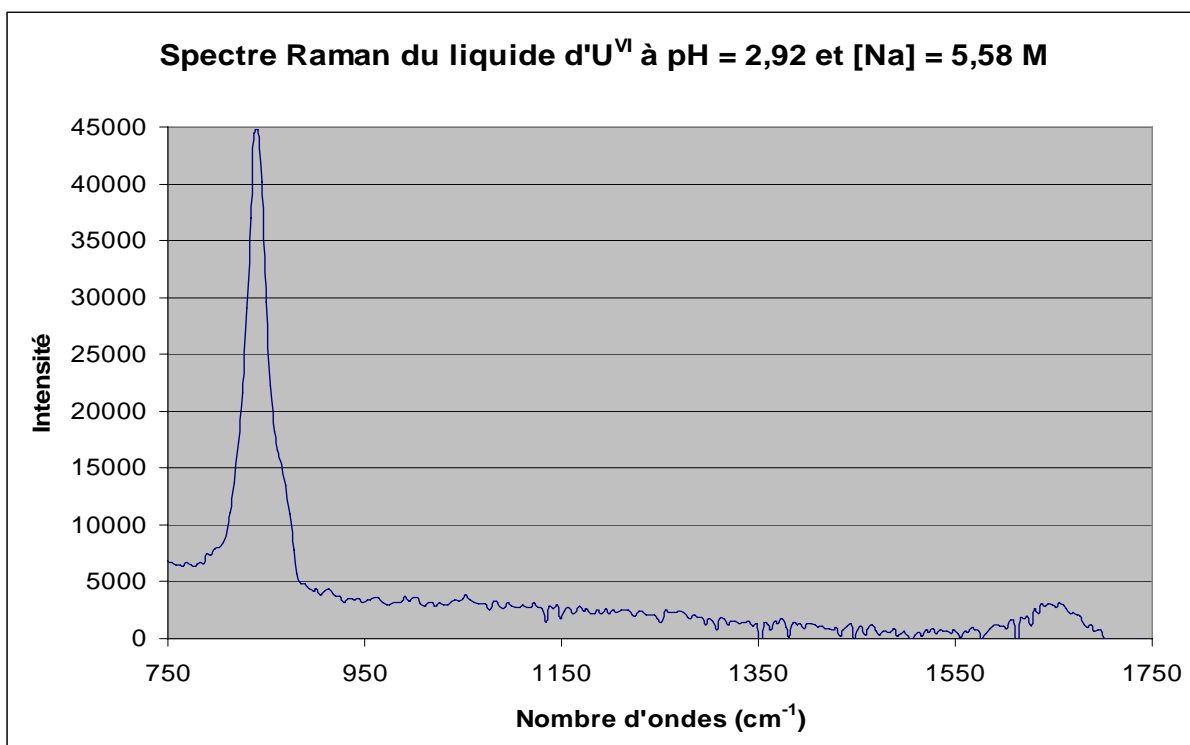


Figure 36 : Spectre Raman de l'échantillon liquide à pH = 2,92 et [Na] = 5,58 M
(pic à 838 cm⁻¹ et épaulement à 858 cm⁻¹)

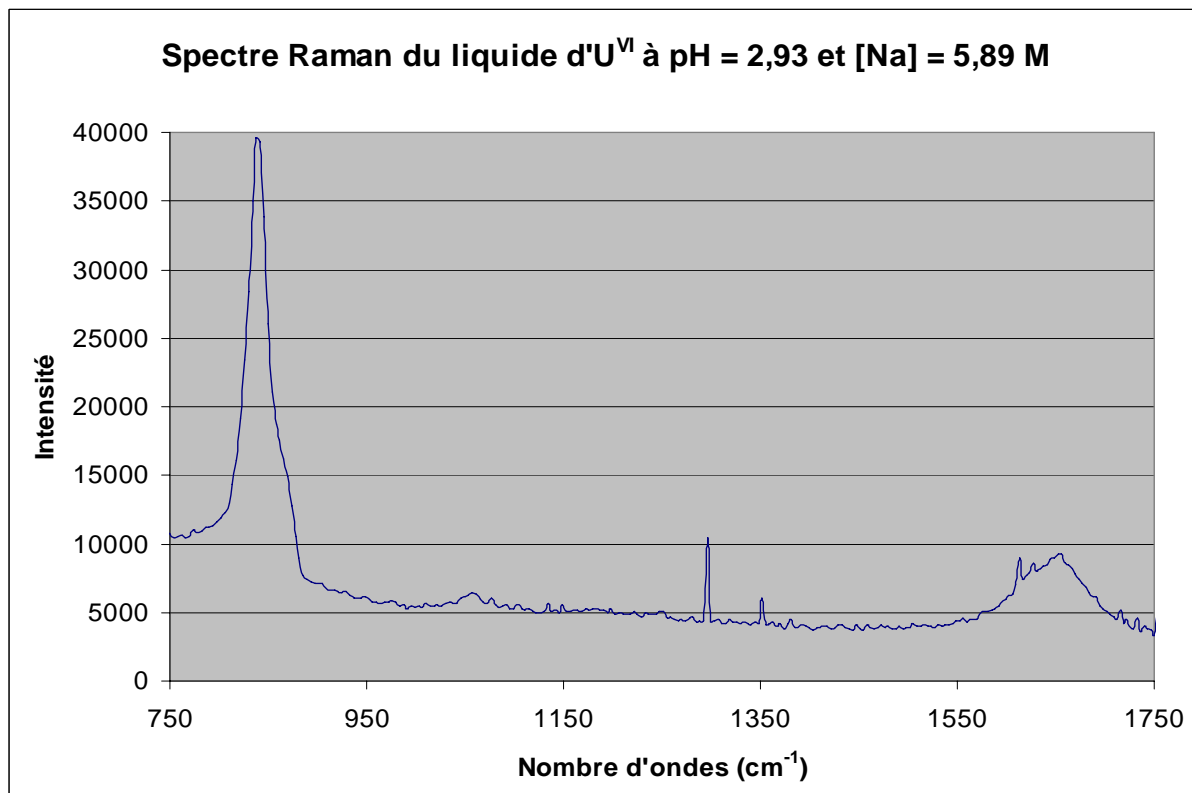


Figure 37 : Spectre Raman de l'échantillon liquide à pH = 2,93 et [Na] = 5,89 M
(pic à 838 cm⁻¹ et épaulement à 858 cm⁻¹)

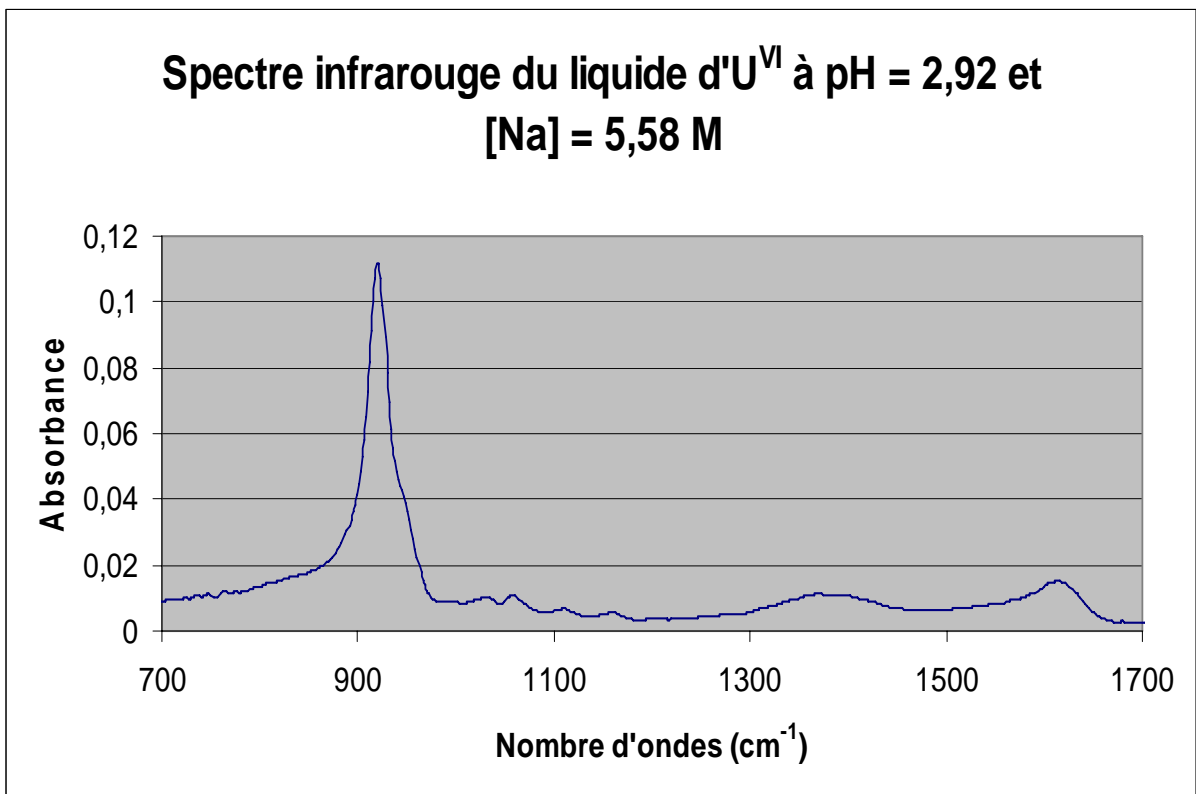


Figure 38 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 2,92 et [Na] = 5,58 M (pic à 920 cm^{-1})

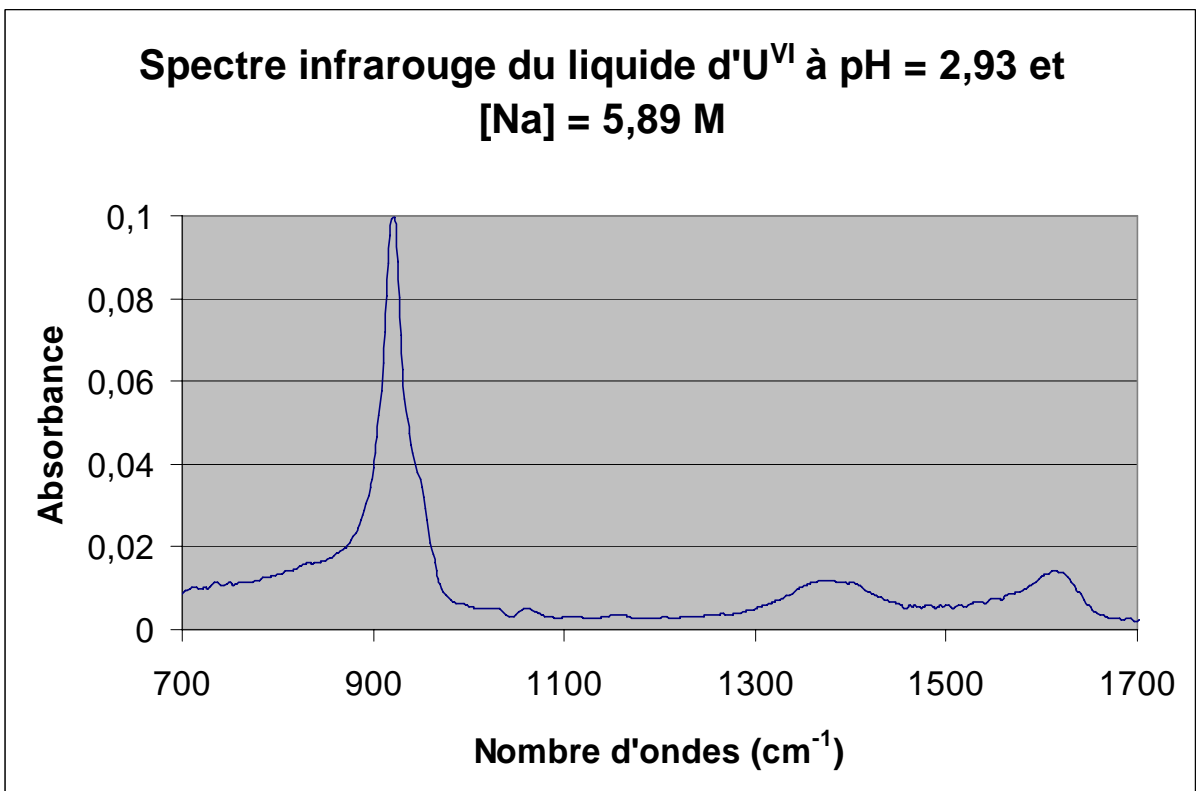


Figure 39 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 2,93 et [Na] = 5,89 M (pic à 920 cm^{-1})

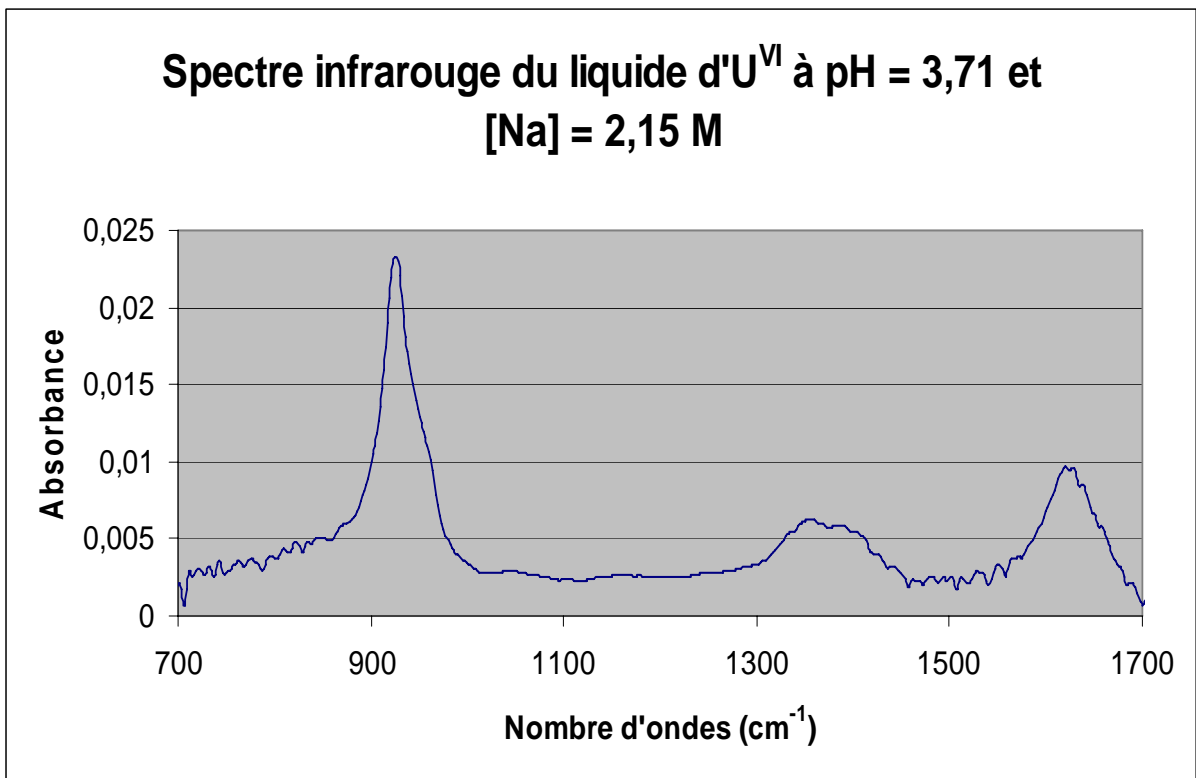


Figure 40 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 3,71 et [Na] = 2,15 M (pic à 923 cm⁻¹)

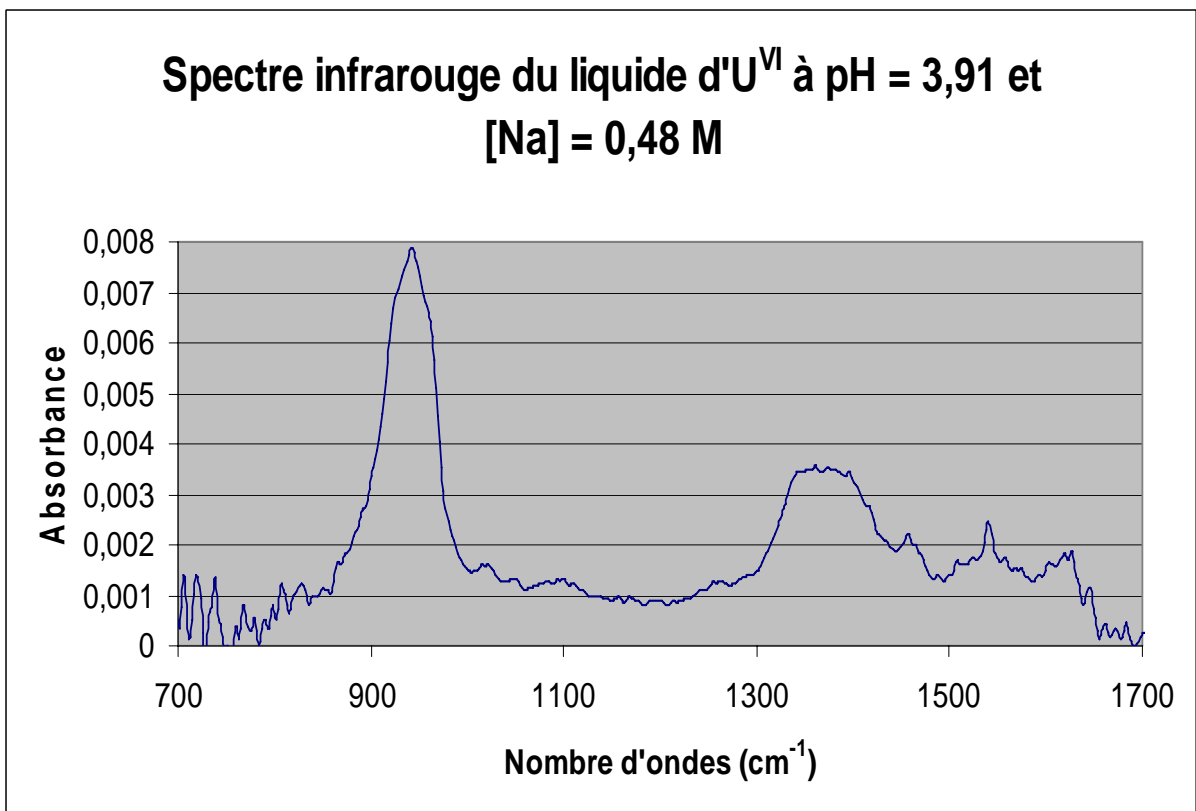


Figure 41 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 3,91 et [Na] = 0,48 M
(pic à 941 cm⁻¹ et épaulements à 923 cm⁻¹ et 961 cm⁻¹)

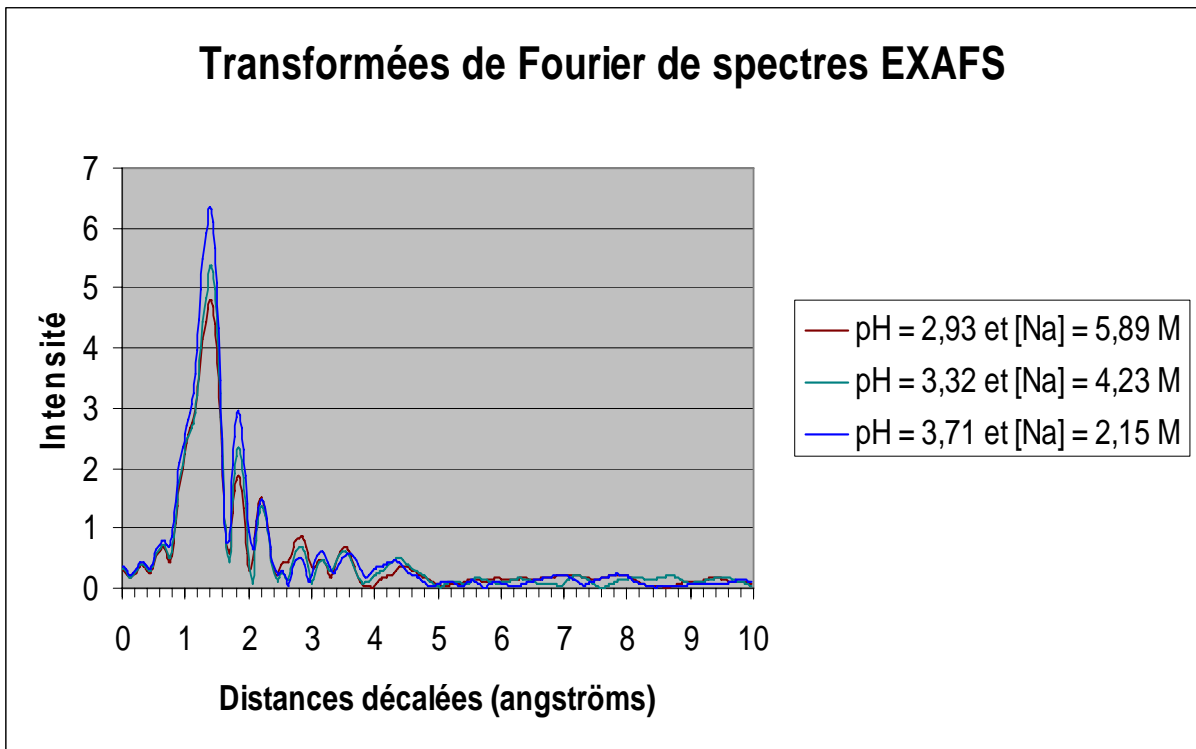


Figure 42 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)

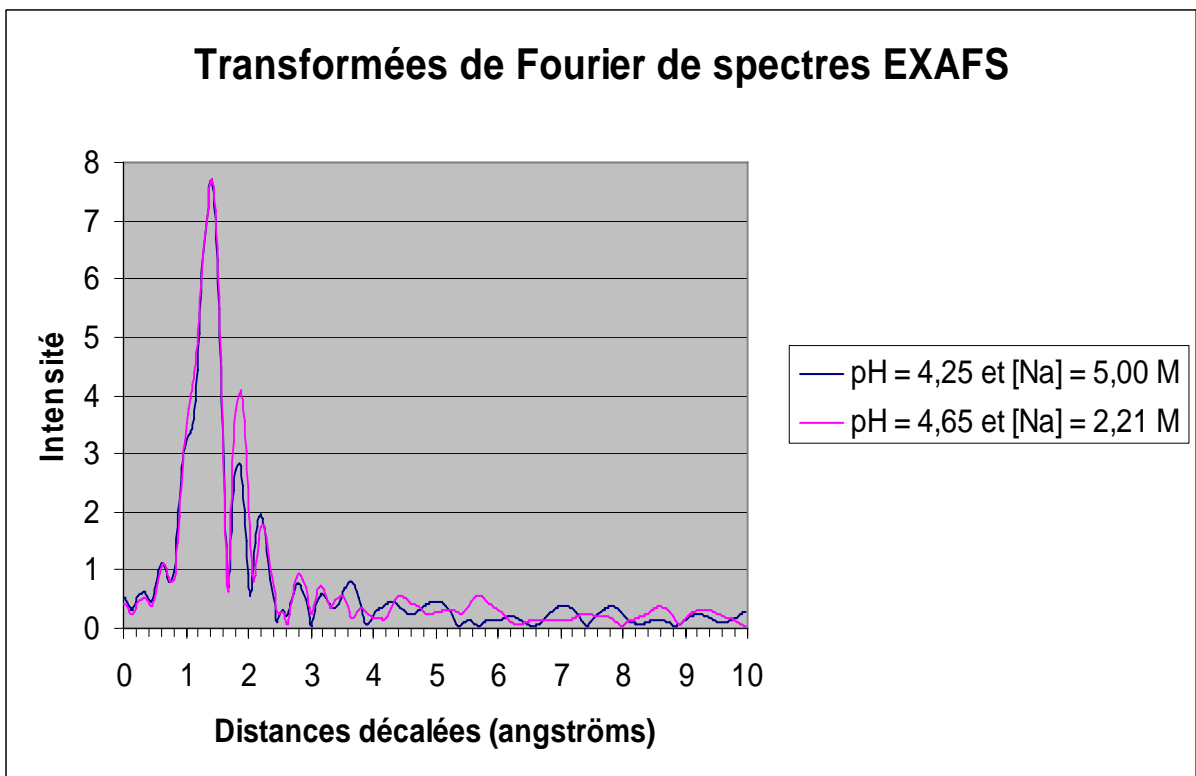


Figure 43 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)

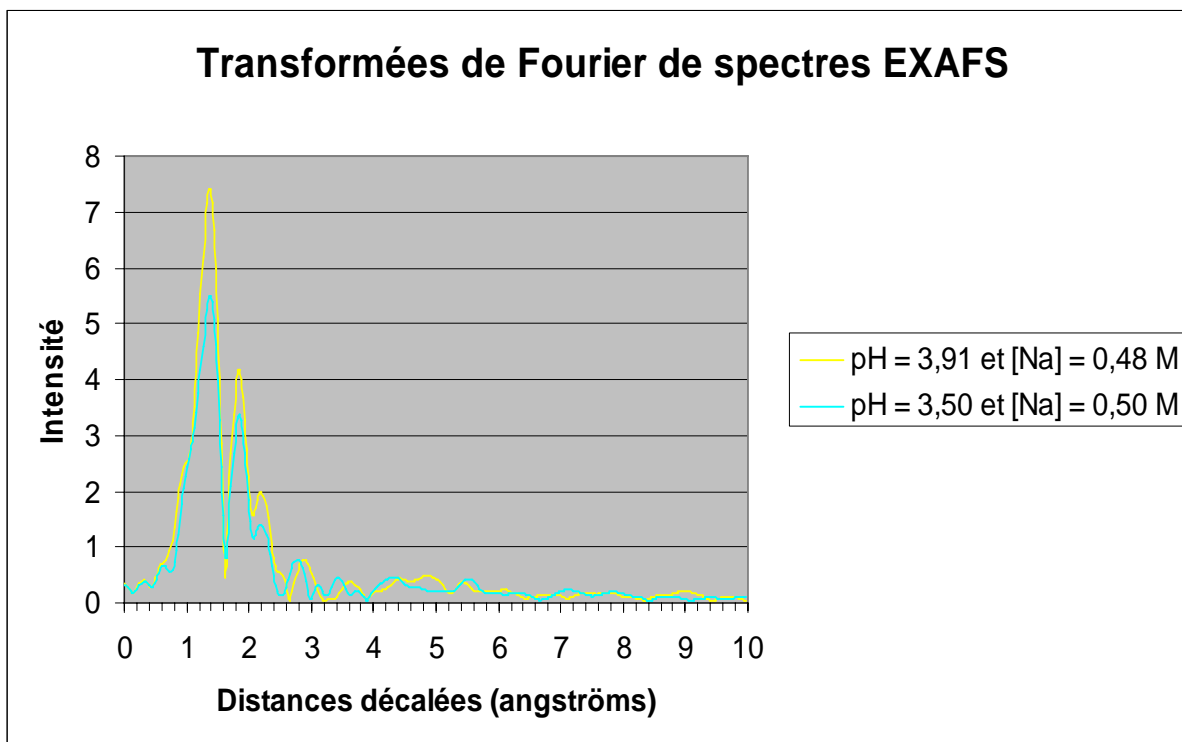


Figure 44 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)

pH	[Na] (mol / L)	Type de liaison	Nombre de liaisons par atome d'U	Distance décalée (Å)
2,93	5,89	U=O axiale	2	1,78(1)
		U-O équatoriale	1,7(6)	2,31(3)
		U-Cl	0,9(5)	2,74(4)
3,32	4,23	U=O axiale	2	1,79(1)
		U-O équatoriale	1,3(6)	2,34(3)
		U-Cl	0,5(2)	2,72(4)
3,50	0,50	U=O axiale	2	1,77(1)
		U-O équatoriale	2,0(5)	2,36(2)
		U-Cl	0,7(2)	2,67(2)
3,71	2,15	U=O axiale	2	1,78(1)
		U-O équatoriale	2,1(9)	2,36(3)
		U-Cl	0,7(4)	2,70(4)
3,91	0,48	U=O axiale	2	1,767(6)
		U-O équatoriale	2,2(6)	2,36(2)
		U-Cl	0,9(3)	2,67(2)
4,25	5,00	U=O axiale	2	1,79(1)
		U-O équatoriale	2,9(9)	2,36(6)
		U-Cl	1,3(8)	2,75(7)
4,65	2,21	U=O axiale	2	1,79(1)
		U-O équatoriale	2,7(9)	2,38(4)
		U-Cl	0,8(4)	2,72(6)

Tableau 6 : Résultats des analyses quantitatives en EXAFS

4) Discussion des résultats

4.1) Proposition d'une structure pour les complexes quadriuranyles

Comme nous l'ont montré les analyses de diffraction des rayons X, un solide dont la structure est proche de $\text{Na}(\text{UO}_2)_4\text{O}_2(\text{OH})_5$ hydraté est présent dans certains échantillons (figures (28) et (31)). Par perte du cation Na^+ , ce solide peut former le complexe $(\text{UO}_2)_4\text{O}_2(\text{OH})_5^-$. En nous fondant sur les travaux d'Aberg (ABE70) et de Burns et Deely (BUR02), nous pouvons imaginer pour les complexes quadriuranyles la structure représentée sur la figure (45) et dont l'unité de base serait le complexe neutre $(\text{UO}_2)_4\text{O}_2(\text{OH})_4$. A partir de cette structure, les complexes hypothétiques $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_7^+$ (DUN63-1 et DUN63-2) et $(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_6^{2+}$ (GUS60) seraient alors formés par remplacement de respectivement un et deux OH^- structuraux par des molécules d'eau. Ce genre de remplacement ayant tendance à déstabiliser les complexes diuranyles et triuranyles (TSU07), nous pouvons supposer qu'il en irait de même pour les complexes quadriuranyles, probablement déjà instables par nature, sans quoi ils auraient déjà été observés.

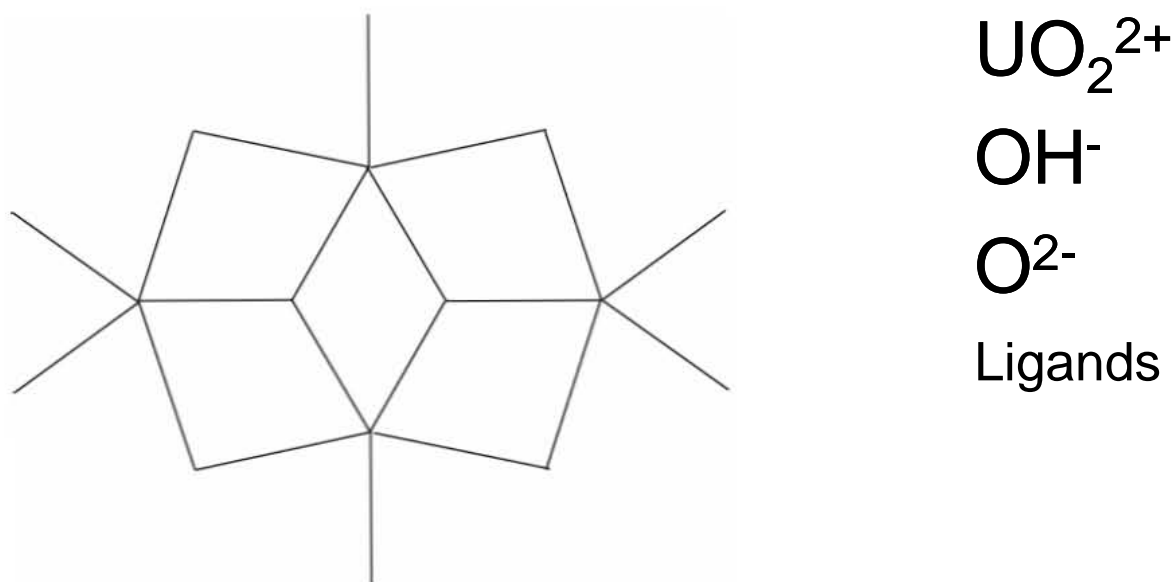


Figure 45 : Structure hypothétique des complexes quadriuranyles avec 5 liaisons par entité UO_2^{2+}

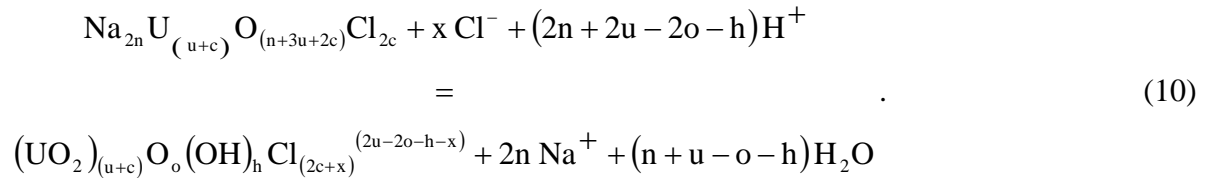
4.2) Etude de la courbe de solubilité de l'uranium (VI) extrapolée à l'eau pure

Même dans le cas d'un complexe quadriuranyle, nous pouvons écrire tout complexe d'uranium (VI) en milieu aqueux chloruré sous la forme $(\text{UO}_2)_u\text{O}_o(\text{OH})_h\text{Cl}_c^{(2u-2o-h-c)}$, et tout solide anhydre d'uranium (VI) en milieu aqueux sodique et chloruré peut être écrit sous la forme $\text{Na}_{2n}\text{U}_{(u+c)}\text{O}_{(n+3u+2c)}\text{Cl}_{2c}$. Nous pouvons alors décrire l'équilibre général entre ces deux composés par l'équation (10). Notons K_i la constante d'équilibre de cette réaction pour chaque complexe i , de coefficient d'activité γ_i que nous supposons décrit par la formule d'Helgeson (AND93) et donc indépendant du pH, et de concentration $[\text{U}_i]$. La définition de K_i

nous permet donc d'écrire l'équation (11), dans laquelle le terme $\log\left(\frac{K_i a_{\text{cl}^-}^x}{\gamma_i a_{\text{Na}^+}^{2n} a_{\text{H}_2\text{O}}^{(n+u-o-h)}}\right)$

est donc indépendant du pH selon le modèle de Pitzer (PIT83). Pour une concentration fixée en NaCl, $\log\left(\frac{[\text{U}_i]}{c_0}\right)$ est donc décrit par une droite en fonction du pH, dont l'ordonnée à

l'origine est $\log\left(\frac{K_i a_{\text{cl}^-}^x}{\gamma_i a_{\text{Na}^+}^{2n} a_{\text{H}_2\text{O}}^{(n+u-o-h)}}\right)$ et la pente est $(2o + h - 2n - 2u)$.



$$\log\left(\frac{[\text{U}_i]}{c_0}\right) = \log\left(\frac{K_i a_{\text{cl}^-}^x}{\gamma_i a_{\text{Na}^+}^{2n} a_{\text{H}_2\text{O}}^{(n+u-o-h)}}\right) + (2o + h - 2n - 2u)\text{pH}. \quad (11)$$

Les valeurs de tous les termes intervenant dans l'équation (10) étant celles à 155°C et pression de vapeur saturante, nous devons modifier l'équation (8) en remplaçant les valeurs du pH et de [Na], exprimées à 25°C et 101325 Pa, par leurs expressions en fonction de leurs valeurs à 155°C et pression de vapeur saturante. L'annexe (1) présente ainsi le modèle utilisé pour calculer les activités des différentes espèces présentes et l'annexe (2) présente les résultats obtenus lors de l'application de ce modèle à 155°C et Psat. En utilisant alors les équations (M54) et (M55) de l'annexe (2), nous modifions les coefficients de l'équation (8), ce qui nous permet d'obtenir l'équation (12) dont nous reportons l'application sur les figures (46) et (47).

$$\begin{aligned}
 [U^{VI}] = & c_0 \exp(-23,67958 + 1,96508[Na] - 0,03418[Na]^2 + 1,06611pH - 0,18419[Na]pH) \\
 & + \exp(-14,39998 + 1,89834[Na] - 0,32502[Na]^2 + 10,78534pH + 0,61015[Na]pH - 4,01001pH^2) \cdot (12) \\
 & + \exp(4,99236 + 1,84187[Na] - 0,58327[Na]^2 - 3,14674pH - 0,13201[Na]pH - 0,10031pH^2) \\
 & + \exp(-32,77060 - 2,90828[Na] - 2,84324[Na]^2 + 8,21604pH - 0,95646[Na]pH - 0,86319pH^2)
 \end{aligned}$$

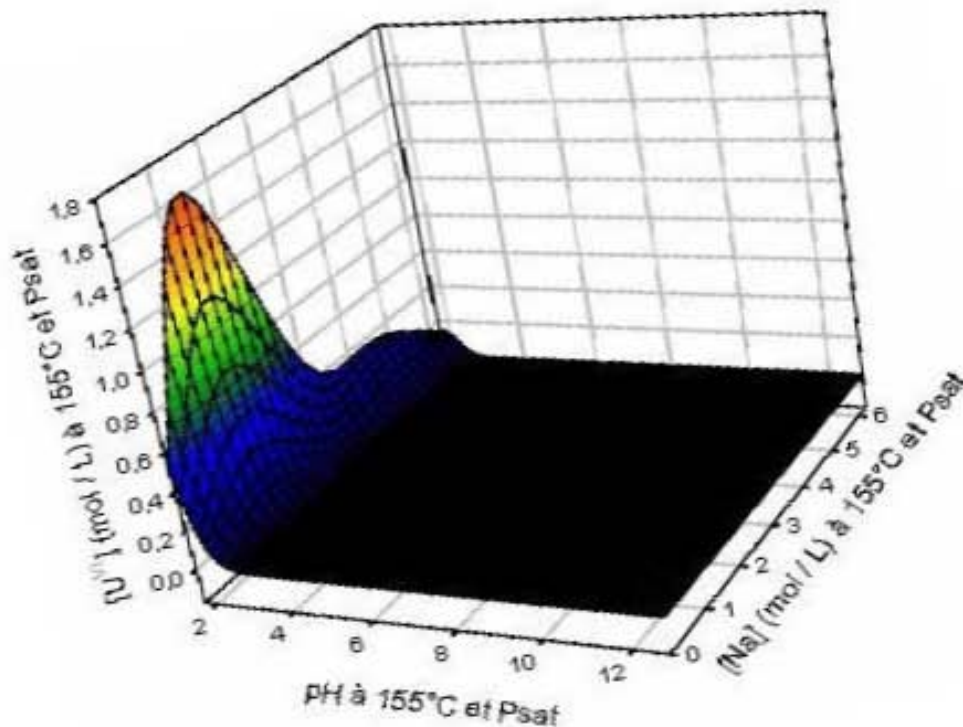


Figure 46 : Solubilité modélisée de l'uranium (VI) en fonction du pH et de [Na] à 155°C et Psat

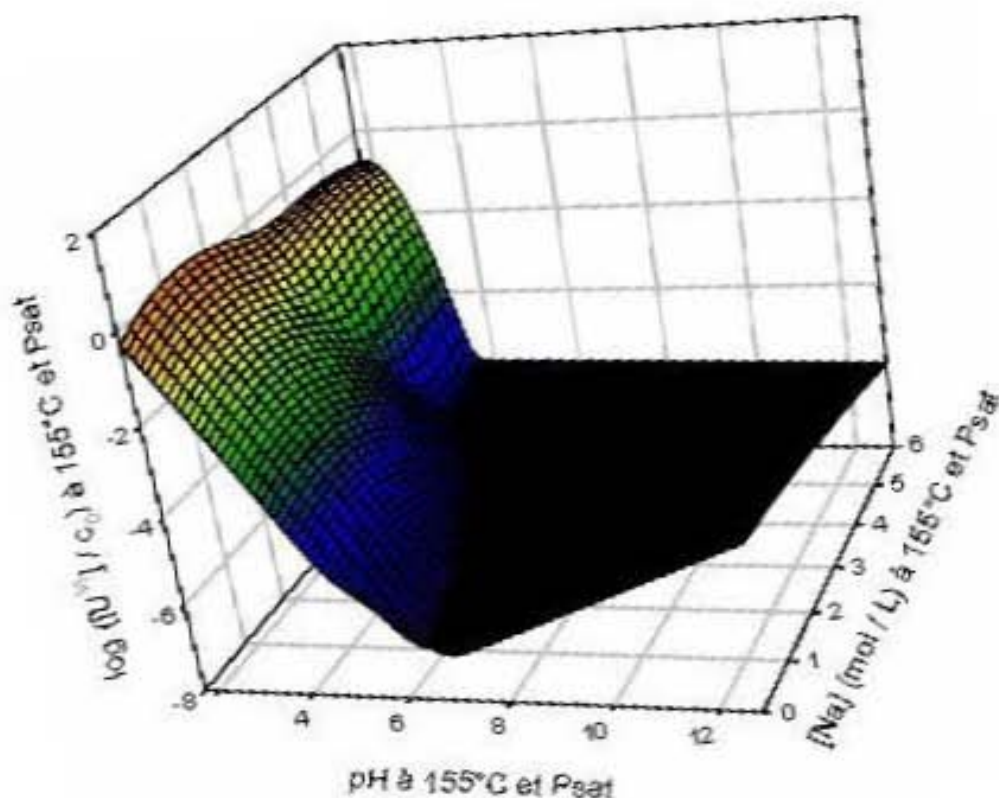


Figure 47 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de [Na] à 155°C et P_{sat}

Comme nous l'avons mentionné au paragraphe (3.2), les analyses spectroscopiques n'ont pu être effectuées que sur les échantillons en milieu acide, en raison d'une solubilité insuffisante de l'uranium (VI) en milieux neutre et basique. L'analyse de la surface représentée sur la figure (47) peut cependant nous permettre de nous restreindre à un certain nombre de complexes possibles en fonction du pH et de la concentration en NaCl et, dans certains cas simples, d'identifier certaines espèces. Nous pouvons tout d'abord dire qu'en milieux neutre et basique les complexes majoritairement présents sont monouranyles, car les complexes polyuranyles n'ont qu'une très faible solubilité à faible teneur en uranium (VI) (GRE92 et GUI03). Considérons alors la solubilité de l'uranium (VI) dans l'eau pure (figure (48)), milieu dans lequel le solide anhydre ne peut être qu' UO_3 , et l'équation (10) se réduit alors à la réaction (13) pour les complexes monouranyles. Nous observons, sur la figure (48) aux pH supérieurs à 5, trois domaines dans lesquels la pente en fonction du pH est successivement négative, nulle, et positive. D'après la réaction (13), nous pouvons alors identifier la présence des espèces UO_2OH^+ entre les pH 5 et 7, $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ aux alentours du pH =7, et $\text{UO}_2(\text{OH})_3^-$ aux pH supérieurs à 7. Notons que ce sont là les pH calculés à 155°C et P_{sat}, liés aux pH mesurés à 25°C et 101325 Pa par l'équation (M55) de l'annexe (2).

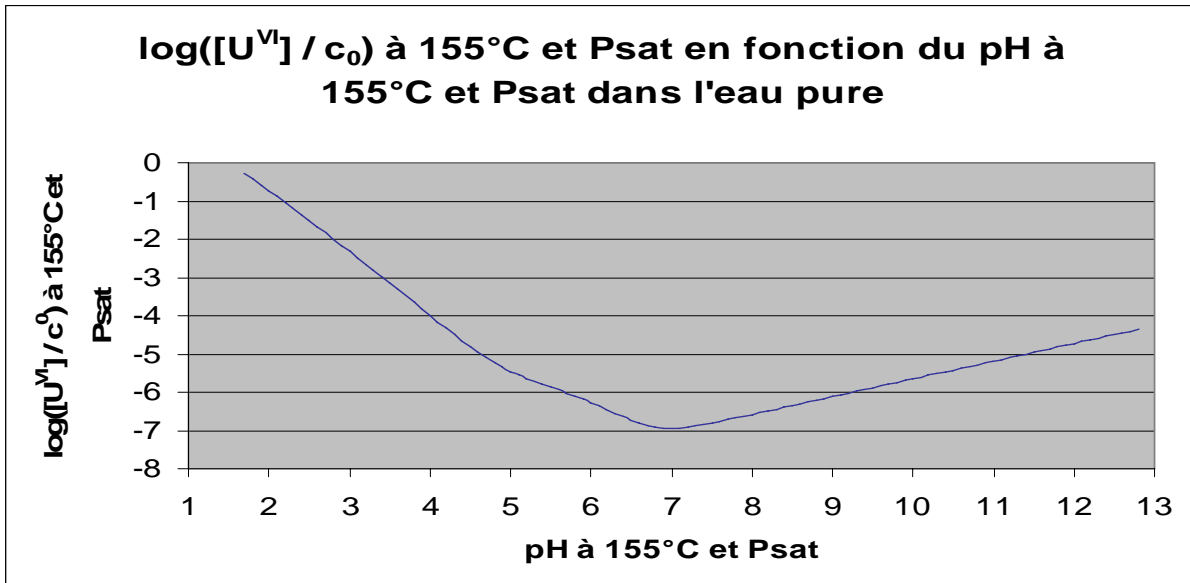
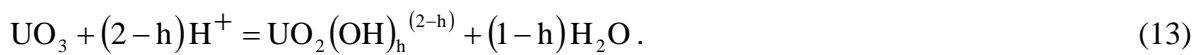
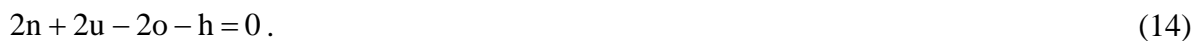


Figure 48 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH dans l'eau pure à 155°C et Psat



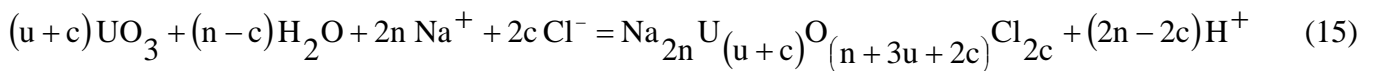
Sur la figure (47), nous observons également qu'aux alentours du minimum de solubilité de l'uranium (VI), ainsi qu'en milieu neutre et basique aux hautes teneurs en NaCl, la solubilité de l'uranium (VI) est quasiment indépendante du pH, ce qui implique que les équilibres entre les phases solides majoritaires et les différents complexes présents dans la phase liquide sont probablement aprotioniques, autrement dit que, dans l'équilibre donné par l'équation (10), les coefficients stoechiométriques doivent satisfaire à l'équation (14). Donc si un composé solide majoritaire est identifié au contact d'une phase liquide dont le pH se situe dans une gamme dans laquelle la solubilité de l'uranium (VI) est très peu dépendante du pH, seuls les complexes d'uranium (VI) satisfaisant à l'équation (14) peuvent être majoritairement présents dans la phase liquide.



Nous traiterons, au paragraphe (4.3), de l'identification des complexes présents à l'aide de leur équilibre aprotionique avec la phase solide détectée, étant donné qu'il nous faut auparavant discuter de ces phases solides présentes.

4.3) Caractérisation des composés en phases solide et liquide

Lors des analyses de nos échantillons, nous avons pu déterminer la grande affinité de NaCl pour les uranates de sodium (figures (12) à (15)), la présence d'uranates chlorurés de sodium (figures (20) à (25)), la seule présence prépondérante de phases dont les structures cristallines sont proches, mais non identiques, à celles des phases référencées (figures (26) à (32)), et l'existence, dans la phase liquide, de complexes chlorurés d'uranium (VI) tels que UO_2Cl_3^- (épaulement à 858 cm^{-1} sur les figures (36) et (37)) et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ (maximum à 838 cm^{-1} sur les figures (36) et (37)). Nous pouvons alors en déduire que, dans nos conditions expérimentales, les phases solides majoritaires sont des uranates chlorurés de sodium de type $\text{Na}_{2n}\text{U}_{(u+c)}\text{O}_{(n+3u+2c)}\text{Cl}_{2c}$, formés par incorporation du chlorure issu de NaCl dans les uranates de sodium ou par précipitation des complexes chlorurés d'uranium (VI). La transformation du solide initial UO_3 hydraté en composés de type $\text{Na}_{2n}\text{U}_{(u+c)}\text{O}_{(n+3u+2c)}\text{Cl}_{2c}$ explique également, selon la réaction (15), la diminution du pH que nous avons observée (paragraphe (3.1.3)). L'affinité de NaCl pour les uranates de sodium explique, quant à elle, les rapports Na / U anormalement élevés dans les solides et reportés dans le tableau (4).



Il nous faut cependant préciser que les uranates chlorurés de sodium que nous avons identifiés dans l'échantillon à $\text{pH} = 4,65$ et $[\text{Na}] = 2,21\text{ mol / L}$ ont été identifiés au MET par spectroscopie de dispersion des photons X (figures (20) à (25)). Or cette technique d'analyse est d'autant plus précise que l'élément analysé possède un nombre important d'électrons. Les mesures sur les éléments O, Na, et Cl sont donc moins précises que les mesures sur U, et l'hydrogène est, quant à lui, indétectable par cette technique. L'état d'hydratation potentiel du solide analysé est donc une source d'erreur sur la mesure effectuée pour l'oxygène. En raison de sa très faible électronégativité, le sodium a de plus tendance à migrer sous le faisceau d'électrons, ce qui nous impose des temps d'acquisition très courts au détriment de la précision et est source d'erreur sur la quantification de cet élément. Pour ces raisons, les stoechiométries déterminées par cette technique pour nos phases solides ne sont qu'approximatives et nous pouvons seulement conclure, des analyses sur les solides, que les uranates chlorurés majoritaires ont des structures cristallines proches des phases solides

référencées sur les diffractogrammes X, à savoir $(\text{UO}_3)_5(\text{H}_2\text{O})_4$, $\text{UO}_3(\text{H}_2\text{O})$, $\text{Na}_2(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3\text{Cl}_3(\text{H}_2\text{O})_3$, $\text{Na}_2\text{U}_3\text{O}_{10}(\text{H}_2\text{O})$, NaUO_2OOH , et $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ (figures (27) à (32)). Il est également possible qu'à chacune de ces phases référencées peuvent correspondre plusieurs uranates chlorurés dont les structures cristallines lui sont proches. Les phases dont les structures cristallines sont proches de celle de $\text{Na}_2\text{U}_3\text{O}_{10}(\text{H}_2\text{O})$ couvrant le milieu acide à haute teneur en NaCl, nous en déduisons que le spectre Raman non référencé obtenu dans cette zone doit appartenir à l'une d'entre elles (figure (8)). Le spectre Raman en milieu neutre et basique (figure (8)), bien que de forme similaire à celui de ce composé, est probablement lui aussi à attribuer à l'un des uranates chlorurés dont la structure cristalline est proche de celle de $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$. Etant donné qu'aucune phase solide majoritaire ne peut être identifiée, puisqu'elles semblent toutes être de nouvelles phases, nous ne pouvons pas identifier les complexes dans la phase liquide en équilibre aprotone avec les phases solides prédominantes aux hautes valeurs de pH et de concentration en NaCl.

Les échantillons liquides à $\text{pH} = 4,65$ et $[\text{Na}] = 2,21 \text{ mol / L}$ et tous les échantillons dont le pH est inférieur ou égal à 4,26 ont pu être analysés par diverses techniques spectroscopiques (paragraphe (3.3.1)). Notons tout d'abord que lors d'analyses par spectroscopies infrarouge, Raman, et UV-visible, le signal obtenu pour une espèce triuranyle est plus intense que celui obtenu pour une espèce diuranyle à même concentration, lui-même plus intense que celui obtenu pour une espèce monouranyle à cette même concentration (MEI97, QUI98, RUN99, et QUI00). Comme indiqué précédemment, nous avons observé la présence de l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ aux hautes teneurs en NaCl (maximum à 838 cm^{-1} sur les figures (36) et (37)). A des teneurs moyennes en NaCl, nous observons l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ (maximum à 429 nm sur les figures (33) et (35) pour $[\text{Na}] < 5 \text{ mol / L}$, et maximum et épaulement à 923 cm^{-1} sur les figures respectives (40) et (41)). Aux faibles teneurs en NaCl, le signal le plus intense est celui de l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ (maximum à 421 nm sur la figure (34) et à 941 cm^{-1} sur la figure (41)). Comme indiqué précédemment, nous observons également UO_2Cl_3^- aux hautes teneurs en NaCl (maximum à 858 cm^{-1} sur les figures (36) et (37)). Aux faibles teneurs en NaCl, nous observons l'espèce UO_2^{2+} (épaulement à 961 cm^{-1} sur la figure (41)). Nous pouvons alors tirer plusieurs conclusions à partir de ces résultats. Premièrement, l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ est prédominante par rapport à l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ pour des concentrations en NaCl supérieures à 5 mol / L , et l'inverse se produit aux concentrations inférieures à 5 mol / L . Deuxièmement, aux faibles teneur en NaCl l'espèce $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ est prédominante par rapport aux espèces triuranyles. Troisièmement, les espèces monouranyles évoluent de UO_2^{2+} dans l'eau pure à UO_2Cl_3^- aux alentours de 6 mol / L en NaCl, en passant

probablement par UO_2Cl^+ puis UO_2Cl_2 (NGU92), dont la détection est difficile car leurs signaux sont très faibles comparés à ceux des espèces polyuranyles. Nous observons cependant un épaulement, qui est probablement dû à l'une ou l'autre de ces espèces mais dont le maximum est difficilement localisable, sur le pic principal de la figure (40). Quatrièmement, le maximum d'absorption à 433 nm sur les figures (33) et (35) pour une concentration en NaCl supérieure ou égale à 5 mol / L, ainsi que le maximum d'absorption à 920 cm^{-1} sur les figures (40) et (41), peuvent être attribués à l'espèce $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$. Il est cependant notable que le maximum d'absorption infrarouge de cette espèce se trouve à 920 cm^{-1} alors que celui de $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ se situe à 923 cm^{-1} . En effet, entre deux complexes d'uranium (VI) parmi les autres complexes présents dans nos échantillons, si un complexe possède un maximum d'absorption infrarouge à plus bas nombre d'onde qu'un autre complexe, il possède également un maximum d'absorption Raman à plus bas nombre d'onde que cet autre complexe. Or le maximum d'absorption Raman de $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$ se situe à 838 cm^{-1} (NGU91) et celui de $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ se situe à 835 cm^{-1} (QUI00). Nous n'avons pas d'explication pour cette observation. En ce qui concerne les analyses en EXAFS, le pic caractéristique de la liaison U-Cl est, en toute logique, beaucoup moins intense aux faibles teneurs en NaCl (figure (44)) qu'aux fortes teneurs en NaCl (figures (42) et (43)). Il subsiste une question en ce qui concerne les distances décalées, sur les spectres EXAFS (figures (42) à (44)), entre deux atomes d'uranium d'un complexe polyuranyle et comprises entre 3 et 4 angströms. En effet dans cette zone, les spectres de la figure (44) montrent des distances moyennes plus courtes que celles sur les spectres des figures (42) et (43), ce qui indiquerait que l'espèce diuranyle $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$, présente uniquement à faible concentration en NaCl selon nos analyses infrarouge, aurait une distance entre deux atomes d'uranium plus courte qu'une espèce triuranyle, ce qui serait contraire à ce qu'ont publié Tsushima et *al.*, qui ont attribué une distance U-U non décalée de 0,3875 nm à $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$ et de 0,3815 nm à $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$ (TSU07). Le fait que l'EXAFS fournisse un résultat moyenné sur l'ensemble des espèces présentes, et que la distance entre deux atomes d'uranium pourrait varier en fonction de leurs ligands, pourrait être une explication à la différence entre nos résultats et ceux de Tsushima et *al.*, obtenus en milieu non chloruré. Etant donné le nombre d'espèces présentes en proportions variables dans les échantillons analysés en EXAFS et le fait que l'analyse quantitative par cette technique ne fournisse qu'un résultat moyenné sur toutes les espèces présentes dans chaque échantillon, ces analyses quantitatives, fournies dans le tableau (5), ne seront exploitables que lorsque nous aurons effectué des analyses complémentaires. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous évoquerons les perspectives.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de déterminer la solubilité de l'uranium (VI), en fonction du pH et de la concentration en NaCl, dans les saumures aqueuses chlorurées à 155°C et Psat. Cet objectif a été atteint et nous avons pu déterminer une équation empirique permettant de modéliser cette solubilité sur toute la gamme de pH et de concentration en NaCl. Nous avons également pu montrer que cette solubilité dépendait des trois paramètres que sont le pH, la concentration en chlorure, et la concentration en sodium. Ainsi à un pH inférieur ou égal à 4, la solubilité de l'uranium (VI) est très élevée à toute concentration en NaCl. Aux pH supérieurs à 4, cette solubilité diminue jusqu'à atteindre un minimum en milieu neutre puis augmente à nouveau légèrement en milieu basique. La présence de l'anion Cl^- favorise la solubilité de l'uranium (VI) en formant de nombreux complexes avec lui. A l'inverse, la présence du cation Na^+ fait précipiter l'uranium (VI) sous forme d'uranates chlorurés de sodium très peu solubles, cette précipitation s'accompagnant cependant d'une diminution du pH. De la combinaison de ces effets, influant en sens inverse sur la solubilité de l'uranium (VI), il résulte que le maximum de solubilité de celui-ci ne se situe ni aux concentrations trop faibles en NaCl car le pH atteint n'est pas assez bas, ni aux concentrations trop fortes en NaCl car la formation des uranates chlorurés de sodium réduit fortement sa solubilité, mais aux environs de 2 mol / L en NaCl. En milieu géologique, la solubilisation de l'uranium (VI) reste toutefois dépendante de la capacité du fluide à dissoudre la roche qui contient cet uranium. Quoiqu'il en soit, une fois cette roche dissoute, un fluide dont le pH est inférieur ou égal à 4 peut aisément transporter de grandes quantités d'uranium (VI) et ce à toute concentration en NaCl.

En milieu acide, nous avons de plus pu déterminer que cet uranium est transporté sous la forme des complexes monouranyles de type $\text{UO}_2\text{Cl}_c^{(2-c)}$, avec c compris entre 0 et 3 et augmentant avec la concentration en NaCl, et des complexes polyuranyles $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2^{2+}$, $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_3^+$, et $(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})_2\text{Cl}^+$. Nous avons pu étendre ce domaine d'étude aux milieux plus basiques dans l'eau pure. Ainsi dans ce milieu, l'uranium (VI) peut encore être transporté sous la forme UO_2OH^+ en milieu légèrement acide. Il atteint son minimum de solubilité sous la forme $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ en milieu neutre, puis sa solubilité augmente à nouveau légèrement en milieu basique où il est présent sous la forme $\text{UO}_2(\text{OH})_3^-$.

Nous n'avons par contre pas pu déterminer la forme sous laquelle l'uranium (VI) se trouve dans d'autres gammes de pH et de concentration en NaCl, si ce n'est qu'étant donné sa très faible solubilité dans ces autres domaines, il doit être majoritairement présent sous forme de complexes monouranyles.

En ce qui concerne les phases solides, nous avons pu déterminer que les phases prédominantes sont des uranates chlorurés de sodium, dont les structures cristallines sont proches de celles des uranates de sodium connus. Nous n'avons cependant pas pu les identifier car ils n'ont encore jamais été référencés.

De nouvelles voies de recherche peuvent ainsi être proposées sur la base de cette étude.

L'étude de la solubilité de l'uranium (VI) par potentiométrie pourrait ainsi nous permettre de disposer d'analyses quantitatives supplémentaires et ainsi d'exploiter nos analyses quantitatives en EXAFS, ce qui n'a pas pu être fait en raison d'un grand nombre de complexes présents et de la disparité en pH et en concentrations en NaCl auxquels se sont stabilisés nos échantillons.

Pour pouvoir exploiter ces résultats, nous pourrions également analyser par EXAFS des solutions calibrées en pH, en concentration en NaCl, et en uranium (VI), et ainsi comparer les spectres obtenus avec ceux de cette étude.

L'étude de la solubilité de l'uranium (VI) dans l'eau pure pourrait, quant à elle, nous permettre de quantifier plus précisément l'impact de l'ion chlorure sur cette solubilité.

La répétition de cette étude dans le milieu NH_4Cl pourrait nous permettre de déterminer les proportions et les formules chimiques des complexes chlorurés à l'aide de l'ESI MS, car NH_4^+ forme moins d'agglomérats que Na^+ et permet ainsi d'utiliser cette technique.

La répétition de cette étude dans le milieu CaCl_2 pourrait enfin nous permettre de comparer l'effet de l'ion sodium à celui de l'ion calcium, également présent dans des saumures aqueuses circulant dans les gisements associés aux discordances.

Annexes

Annexe 1 : Modélisation de la saumure aqueuse de chlorure de sodium

Bien qu'Archer ait publié une étude sur le système H₂O-NaCl fondée lui aussi sur les équations de Pitzer (ARC92), certains coefficients calculés pour cette étude sont probablement faux, étant donné que l'utilisation de ces coefficients ne permet de retrouver les valeurs des activités données en exemple dans cette étude. Il est alors plus simple de réétudier le problème à partir de l'étude initiale de Pitzer. Les différences entre le modèle de Pitzer (PIT83) et le modèle présenté ici sont listées ci-dessous :

- l'état de référence pour les coefficients d'activité des ions Na⁺ et Cl⁻, initialement NaCl liquide pur dans (PIT83), a été modifié de manière à ce que ces coefficients d'activité tendent vers 1 pour NaCl infiniment dilué. Pour ce faire, l'équation 8 de (PIT83) est remplacée par l'équation (M2).
- La formule d'Helgeson (AND93) a été ajoutée au modèle publié dans (PIT83) de manière à pouvoir estimer l'activité des ions minoritaires H⁺ et OH⁻.
- Les valeurs tabulées du paramètre de Pitzer A₆, de la masse volumique ρ d'une saumure aqueuse de NaCl, et donc également celle de l'eau pure $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$, de la pression de vapeur saturante P_{sat}, du paramètre d'Helgeson b_{NaCl}, de la constante d'autodissociation de l'eau K_e, et des constantes d'équilibre K_H, K_B, et K_A entre les ions présents et les composés neutres minoritaires ont été interpolées de manière à pouvoir être déterminées par les équations correspondantes présentées ici et applicables jusqu'à 300°C, 1000 bars, et saturation en NaCl.
- Une formule permettant d'estimer le pH d'une saumure aqueuse de NaCl jusqu'à 300°C, 1000 bars, et saturation en NaCl, à partir de sa mesure à 25°C et pression atmosphérique est donnée par la formule (M45) de l'annexe (2).

De manière à ce que nos équations soient applicables jusqu'à 6 mol / L de chlorure de sodium, nous devons utiliser les équations de Pitzer pour déterminer l'activité de l'eau et les coefficients d'activité des différentes espèces présentes. L'utilisation de ces équations, publiées dans l'article (PIT74), nécessite toutefois de connaître les valeurs de tous les paramètres qu'elles contiennent, ce qui n'est pas notre cas pour ces équations générales. Pitzer et Li ont toutefois publié deux équations, (7) de (PIT83) et (8) de (PIT83), qui nous permettront de modéliser les saumures aqueuses de chlorure de sodium et ce jusqu'à saturation en sel, 300°C, et 1000 bars. Le but de l'étude (PIT83) étant toutefois d'être applicable jusqu'à 823 K, Pitzer et Li ont choisi NaCl liquide pur comme état de référence pour les coefficients d'activité de Na⁺ et de Cl⁻, ce qui a pour conséquence d'aboutir à des coefficients d'activité très différents de 1 pour Na⁺ et Cl⁻ infiniment dilués. De manière à exprimer les coefficients d'activité de Na⁺ et de Cl⁻ dans l'échelle des molarités, nous

commençons par multiplier l'équation (8) de (PIT83) par $\frac{4 M_{\text{H}_2\text{O}}^2 [\text{Na}]^2}{(\rho + (2 M_{\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{NaCl}}) [\text{Na}])^2}$, avec ρ

la masse volumique de la phase liquide, exprimée en kg / L, et M_{NaCl} et $M_{\text{H}_2\text{O}}$ les masses molaires, exprimées en kg / mol, du chlorure de sodium et de l'eau respectivement. Afin que ces coefficients d'activité tendent vers 1 dans l'eau pure, nous modifions alors l'équation obtenue en intervertissant les fractions molaires de H₂O et NaCl, données par les équations respectives (1a) et (1b) de (PIT83). Les équations de (PIT83) étant de plus paramétrées pour des phases liquides ne contenant que NaCl totalement dissocié et H₂O, nous considérerons que les fractions molaires de ces deux constituants, données par les équations respectives (1b)

et (1a) de (PIT83), ont pour valeurs respectives $\frac{2 M_{\text{H}_2\text{O}} [\text{Na}]}{\rho + (2 M_{\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{NaCl}}) [\text{Na}]}$ et

$\frac{\rho - M_{\text{NaCl}} [\text{Na}]}{\rho + (2 M_{\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{NaCl}}) [\text{Na}]}$. Compte tenu des remarques précédentes, nous pouvons exprimer

l'activité de l'eau et le produit des coefficients d'activité molaires de Na⁺ et de Cl⁻ par les équations respectives (M1) et (M2), dans lesquelles les expressions des termes A₁, A₂, A₃, A₄, et A₅ sont données par les équations respectives (M3) à (M7). A₆ est un terme dépendant de la température et de la pression et dont nous allons devoir déterminer l'expression. N est le nombre d'Avogadro, e est la charge du proton, c est la vitesse de la lumière dans le vide, μ_0 est la perméabilité magnétique du vide, et R est la constante des gaz parfaits, les valeurs de ces constantes étant données à la page (4). T est la température de réaction exprimée en kelvins et les grandeurs $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ et $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$, dont nous allons devoir déterminer les expressions en

fonction de la température et de la pression, sont respectivement la permittivité électrique relative de l'eau pure et la masse volumique de l'eau pure, exprimée en kg / L.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 a_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{A_1}{A_1 + A_2} \exp \left(\frac{A_2^2 A_6}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{A_2 A_3 A_4 A_5}{\sqrt{(A_1 + A_2)^3 + (A_1 + A_2) A_3 \sqrt{A_2}}} \right) \\
 \gamma_{\text{Na}^+} \gamma_{\text{Cl}^-} = \frac{A_1^2}{(A_1 + A_2)^2} \left(\frac{\sqrt{A_1 + A_2} + A_3 \sqrt{A_1}}{\sqrt{A_1 + A_2} + A_3 \sqrt{A_1 + A_2}} \right)^2 \left(\frac{-4 A_4 A_5}{\sqrt{A_2}} \right) \exp \left(\frac{2 A_2^2 A_6}{(A_1 + A_2)^2} - \frac{2 A_2 A_3 A_4 A_5}{\sqrt{(A_1 + A_2)^3 + (A_1 + A_2) A_3 \sqrt{A_1}}} \right) \\
 A_1 = \rho - M_{\text{NaCl}} [\text{Na}] \\
 A_2 = 2 M_{\text{H}_2\text{O}} [\text{Na}] \\
 A_3 = 2150 \sqrt{\frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{2 \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} T}} \\
 A_4 = \frac{2 N e c}{215} \sqrt{\frac{10 \mu_0 [\text{Na}]}{R}} \\
 A_5 = \frac{N e^2 c^2 \mu_0}{60 R \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} T} \sqrt{\frac{\pi}{5}} \\
 \text{(M1) à (M7)}
 \end{array} \right.$$

Notons que les valeurs d'un certain nombre de paramètres intervenant dans les équations de Pitzer (PIT83) sont tabulées et leur utilisation à des températures et pressions n'étant pas référencées nécessite une interpolation des données pour chaque température et pression différentes. Nous nous proposons alors d'interpoler l'ensemble des données disponibles, de manière à déterminer un ensemble d'équations applicables jusqu'à 300°C, 1000 bars, et saturation en NaCl. Etant donné que 1294 mesures de P_{sat} en fonction de deux paramètres et 1909 mesures de ρ en fonction de trois paramètres ont été considérées, nous avons dû mettre au point un programme de régression multilinéaire auquel n'était fixée aucune limite concernant la taille du problème traité et auquel une quantité de mémoire vive suffisante pouvait être allouée. Le programme PolynomialEquation a ainsi été mis au point afin de pouvoir déterminer empiriquement, sous la forme d'un polynôme, l'équation reliant entre elles les valeurs de diverses grandeurs mesurées, en utilisant pour cela la régression multilinéaire. Ce programme, dont une copie de la notice est donnée dans l'annexe (3) et dont le code est donné dans l'annexe (4), étant écrit de manière à être indépendant de la nature du problème considéré, il est très polyvalent et peut être utilisé pour résoudre tout problème pouvant être décrit par une équation polynomiale. Le langage informatique choisi pour

l'écriture de ce programme est le langage libre Java. Il est donc utilisable gratuitement par tout utilisateur qui aura préalablement téléchargé la version 1.6 ou une version plus récente du JRE (Java Runtime Environment), en téléchargement gratuit sur le site internet <http://java.sun.com>. Les valeurs expérimentales de A_6 publiées par Pitzer et Li dans (PIT83) sont reportées dans les trois premières colonnes du tableau (T1). Les trois dernières colonnes de ce tableau sont le résultat du traitement de ces données avec le programme PolynomialEquation. En effet, après le report de ces valeurs sur la figure (F1), nous observons que les variations de A_6 sont de degré 2 en fonction de la température et de la pression. Entrant donc ces valeurs dans le programme PolynomialEquation et imposant une équation de degré 4 dans laquelle les coefficients des termes faisant intervenir une ou plusieurs variables à un degré supérieur à 2 sont nuls, nous obtenons l'équation (M8), dans laquelle la température T et la pression P sont exprimées en kelvins et en bars respectivement et les coefficients numériques sont dimensionnés de manière à ce que cette équation soit homogène. L'application de cette équation est représentée sur la figure (F2).

T (K)	P (bars)	A6	A6 calculée	Deviation absolue sur A6	Deviation relative sur A6
373	400	-3,23	-3,26	0,03	-0,01
423	400	-2,79	-2,73	-0,06	0,02
473	400	-2,15	-2,17	0,02	-0,01
523	400	-1,52	-1,55	0,03	-0,02
573	400	-0,91	-0,89	-0,02	0,02
373	600	-3,27	-3,29	0,02	-0,01
423	600	-2,82	-2,77	-0,05	0,02
473	600	-2,18	-2,19	0,01	-0,01
523	600	-1,54	-1,58	0,04	-0,02
573	600	-0,93	-0,91	-0,02	0,02
373	800	-3,30	-3,33	0,03	-0,01
423	800	-2,85	-2,80	-0,05	0,02
473	800	-2,20	-2,22	0,02	-0,01
523	800	-1,57	-1,60	0,03	-0,02
573	800	-0,95	-0,93	-0,01	0,02
373	1000	-3,34	-3,36	0,02	-0,01
423	1000	-2,88	-2,82	-0,06	0,02
473	1000	-2,22	-2,24	0,02	-0,01
523	1000	-1,59	-1,62	0,03	-0,02
573	1000	-0,98	-0,96	-0,02	0,02

Tableau T1 : Valeurs de A_6 fournies par Pitzer et Li et traitement avec le programme PolynomialEquation

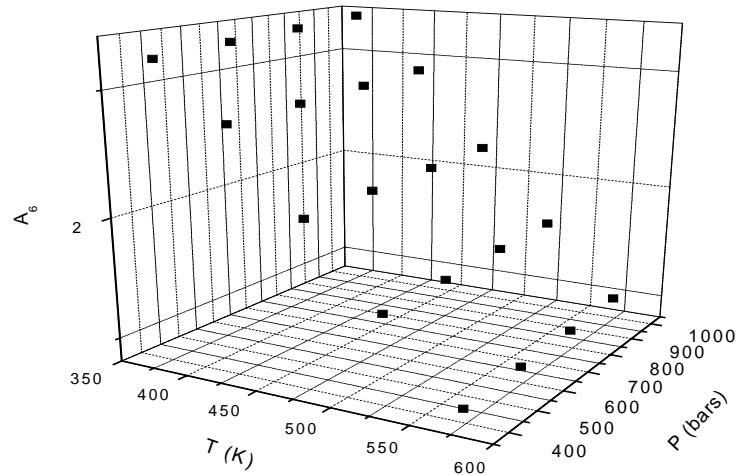


Figure F1 : Report des valeurs de A_6 fournies par Pitzer et Li en fonction de la température et de la pression

$$\begin{aligned}
 A_6 = & \left(-7,1429 \cdot 10^{-12} T^2 + 6,5071 \cdot 10^{-9} T - 1,4441 \cdot 10^{-6} \right) P^2 \\
 & + \left(-6,3574 \cdot 10^{-6} T + 7,4286 \cdot 10^{-9} T^2 + 1,1719 \cdot 10^{-3} \right) P \\
 & + 7,5143 \cdot 10^{-6} T^2 + 4,4875 \cdot 10^{-3} T - 5,9071
 \end{aligned} \quad (M8)$$

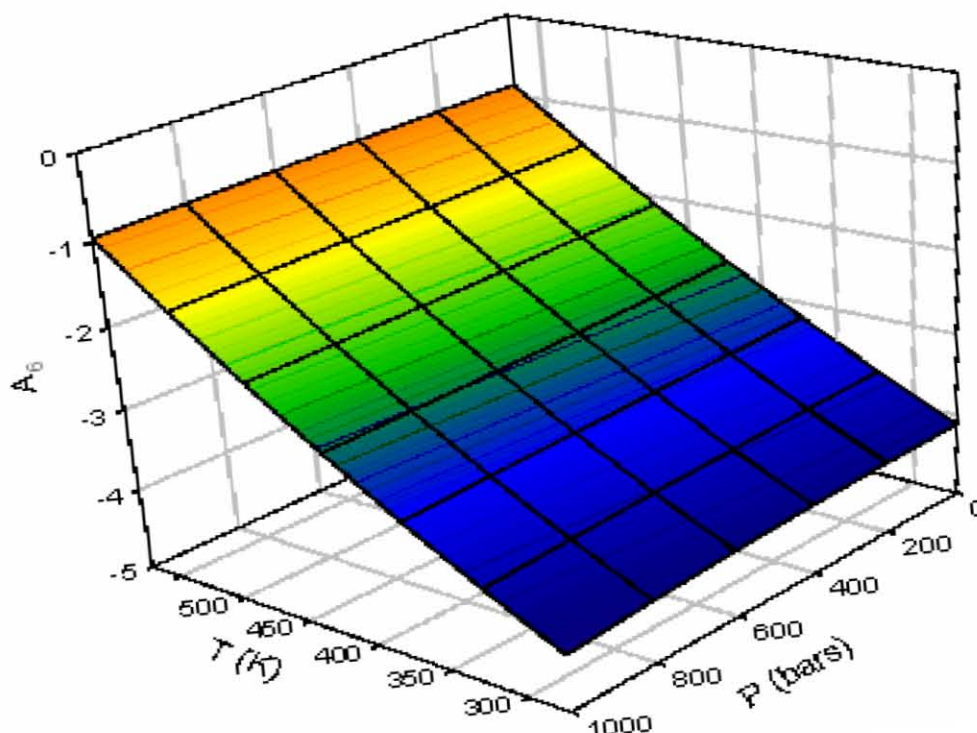


Figure F2 : Application de l'équation (44)

Rogers et Pitzer ont publié, dans (ROG82), une table de valeurs de la masse volumique d'une saumure de chlorure de sodium en fonction de la molalité m de ce sel entre 0,1 et 6 mol / kg, de la température T entre 0 et 300°C, et de la pression P entre 1 et 1000 bars. Ces valeurs sont reportées dans les quatre premières colonnes du tableau donné dans l'annexe (5). Les trois dernières colonnes de ce tableau sont le résultat du traitement de ces données avec le programme PolynomialEquation. En effet après le report, pour chaque molalité en sel, des valeurs de la masse volumique de la saumure en fonction de la température et de la pression, sur les figures données dans l'annexe (5), nous nous apercevons que la variation de cette masse volumique est de degré 2 en fonction de la température et de la pression. De plus après avoir tracé sur la figure (F3), pour chaque couple de valeurs de température et de pression, la variation de cette masse volumique en fonction de la molalité en sel, nous nous apercevons que cette variation est de degré au maximum égal à 2 si l'on suppose une légère convexité des courbes. Entrant donc les 1909 points donnés par Rogers et Pitzer dans le programme PolynomialEquation et imposant une équation de degré 6 dans laquelle les coefficients des termes faisant intervenir une ou plusieurs variables à un degré supérieur à 2 sont nuls, nous obtenons l'équation (M9) dans laquelle les expressions des termes A_7 , A_8 , et A_9 sont données

par les équations respectives (M10), (M11), et (M12) dans lesquelles la température T et la pression P sont exprimées en kelvins et en bars respectivement et les coefficients numériques sont dimensionnés de manière à ce que l'équation (M9) soit homogène. Celle-ci permet de retrouver les valeurs tabulées de la masse volumique d'une saumure avec une précision moyenne supérieure à 99,92 %.

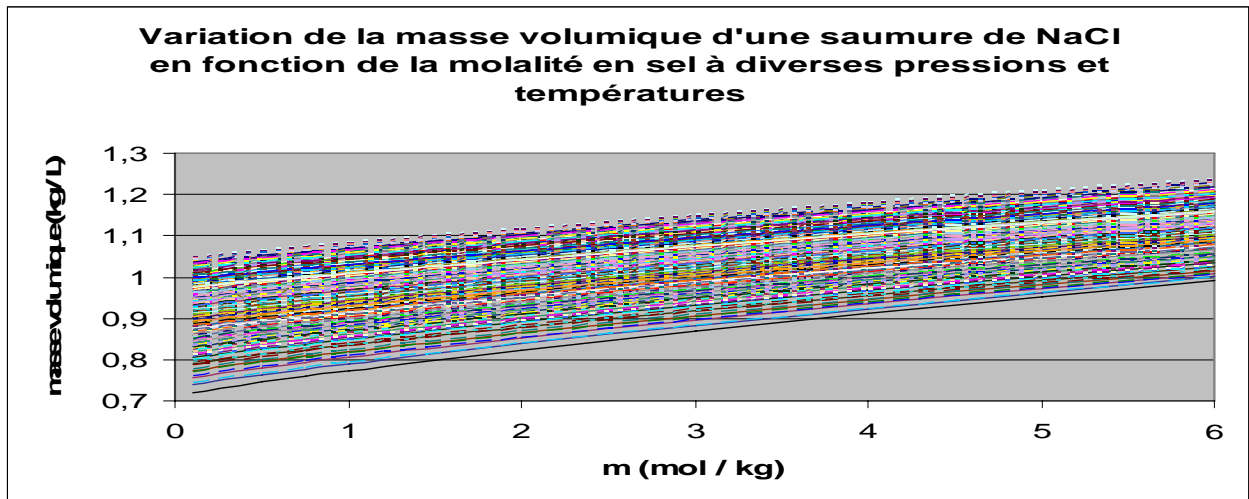


Figure F3 : Report des variations de la masse volumique d'une saumure de NaCl fournies par Rogers et Pitzer en fonction de la molalité en NaCl

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \rho = 9A_7 - 18A_8 m + 54A_9 m^2 \\
 A_7 = (7,0451 * 10^{-11} T - 1,0061 * 10^{-13} T^2 - 1,2555 * 10^{-8}) P^2 \\
 + (2,5830 * 10^{-10} T^2 - 1,7997 * 10^{-7} T + 3,5881 * 10^{-5}) P \\
 - 3,0623 * 10^{-7} T^2 + 1,5203 * 10^{-4} T + 9,2581 * 10^{-2} \\
 A_8 = (8,7032 * 10^{-12} T - 1,0025 * 10^{-14} T^2 - 1,7616 * 10^{-9}) P^2 \\
 + (1,8217 * 10^{-11} T^2 - 1,4800 * 10^{-8} T + 3,0092 * 10^{-6}) P \\
 - 2,1239 * 10^{-8} T^2 + 1,5355 * 10^{-5} T - 4,8937 * 10^{-3} \\
 A_9 = (1,1621 * 10^{-13} T - 3,5517 * 10^{-17} T^2 - 3,3819 * 10^{-11}) P^2 \\
 + (7,3659 * 10^{-12} T - 1,3661 * 10^{-13} T^2 + 1,4929 * 10^{-8}) P \\
 - 1,6386 * 10^{-10} T^2 + 1,0690 * 10^{-7} T - 3,7939 * 10^{-5}
 \end{array} \right. \quad (M9) \text{ à } (M12)$$

En remplaçant m par $\frac{[Na]}{\rho - M_{NaCl}[Na]}$ dans l'équation (M9) et réarrangeant l'expression obtenue, nous obtenons l'équation (M13) dont la résolution nous conduit à l'équation (M14) dans laquelle les expressions des termes A_{10} et A_{11} sont données par les équations respectives (M15) et (M16).

$$\left\{ \begin{array}{l}
(\rho - M_{\text{NaCl}}[\text{Na}])^3 - (9A_7 - M_{\text{NaCl}}[\text{Na}])(\rho - M_{\text{NaCl}}[\text{Na}])^2 + 18A_8[\text{Na}](\rho - M_{\text{NaCl}}[\text{Na}]) - 54A_9[\text{Na}]^2 = 0 \\
\rho = 3A_7 + \frac{2M_{\text{NaCl}}[\text{Na}]}{3} + \sqrt[3]{A_{10} + [\text{Na}]\sqrt{A_{11}}} + \sqrt[3]{A_{10} - [\text{Na}]\sqrt{A_{11}}} \\
A_{10} = 27A_7^3 - (27A_7A_8 + 9A_7^2M_{\text{NaCl}})[\text{Na}] + (27A_9 + 3A_8M_{\text{NaCl}} + A_7M_{\text{NaCl}}^2)[\text{Na}]^2 - \frac{M_{\text{NaCl}}^3}{27}[\text{Na}]^3 \\
A_{11} = 1458A_7^3A_9 - 243A_7^2A_8^2 + (216A_8^3 - 1458A_7A_8A_9 - 486A_7^2A_9M_{\text{NaCl}} + 54A_7A_8^2M_{\text{NaCl}})[\text{Na}] \\
+ (729A_9^2 + 162A_8A_9M_{\text{NaCl}} + 54A_7A_9M_{\text{NaCl}}^2 - 3A_8^2M_{\text{NaCl}}^2)[\text{Na}]^2 - 2A_9M_{\text{NaCl}}^3[\text{Na}]^3
\end{array} \right.$$

(M13) à (M16)

L'équation (M14) n'étant toutefois pas directement applicable si A_{11} est négatif, il convient dans ce cas de transformer la somme des racines cubiques des nombres complexes conjugués ainsi obtenue en un nombre réel. Ainsi si A_{11} est négatif, nous utiliserons l'équation (M17) au lieu de l'équation (M14).

$$\rho = 3A_7 + \frac{2M_{\text{NaCl}}[\text{Na}]}{3} + 2\sqrt[6]{A_{10}^2 - [\text{Na}]^2 A_{11}} \cos\left(\frac{1}{3} \arccos\left(\frac{A_{10}}{\sqrt{A_{10}^2 - [\text{Na}]^2 A_{11}}}\right)\right). \quad (\text{M17})$$

La résolution de l'équation (M13) ou l'application de l'équation (M9), (M14), ou (M17) au cas où $[\text{Na}] = 0$ nous conduit à définir la masse volumique de l'eau pure par l'équation (M18), dont l'application est reportée sur la figure (F4).

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 9A_7. \quad (\text{M18})$$

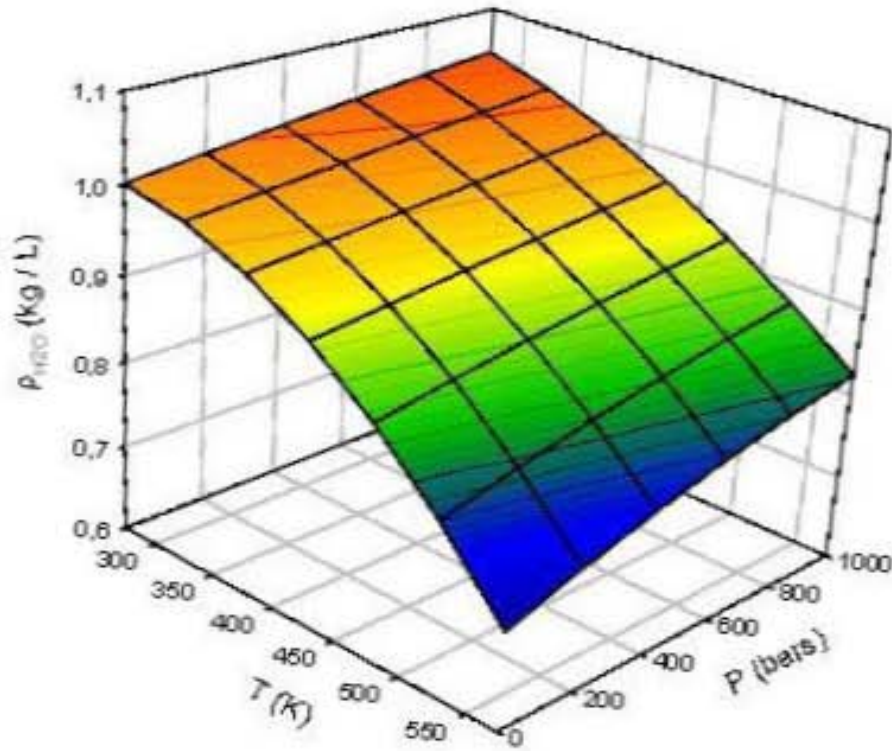


Figure 5 : Variation de la masse volumique de l'eau pure en fonction de la température et de la pression

Bien que Marshall ait récemment publié deux articles, (MAR08-0411) et (MAR08-0511), donnant des équations permettant de calculer la permittivité électrique relative de l'eau pure de -35°C à 600°C et de 0,1 bar à 12000 bars, nous utiliserons, dans un souci de cohérence avec les équations précédentes, l'équation publiée par Bradley et Pitzer dans (BRA79) et applicable jusqu'à 350°C et 2000 bars, voire jusqu'à 5000 bars si $T > 70^{\circ}\text{C}$. En réarrangeant cette équation, nous obtenons l'équation (M19) dans laquelle la température T et la pression P sont exprimées en kelvins et en bars respectivement et les coefficients numériques sont dimensionnés de manière à ce que cette équation soit homogène. L'application de celle-ci est reportée sur la figure (F5).

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = & 342,79 \exp(9,469 \cdot 10^{-7} T^2 - 5,0866 \cdot 10^{-3} T) \\ & + \left(\frac{3491,3 - 2,0525T}{T - 182,89} \right) \ln \left(\frac{2,1417T^2 + (P - 8032,5)T + 4,2142 \cdot 10^6}{2,1417T^2 - 7032,5T + 4,2142 \cdot 10^6} \right). \end{aligned} \quad (\text{M19})$$

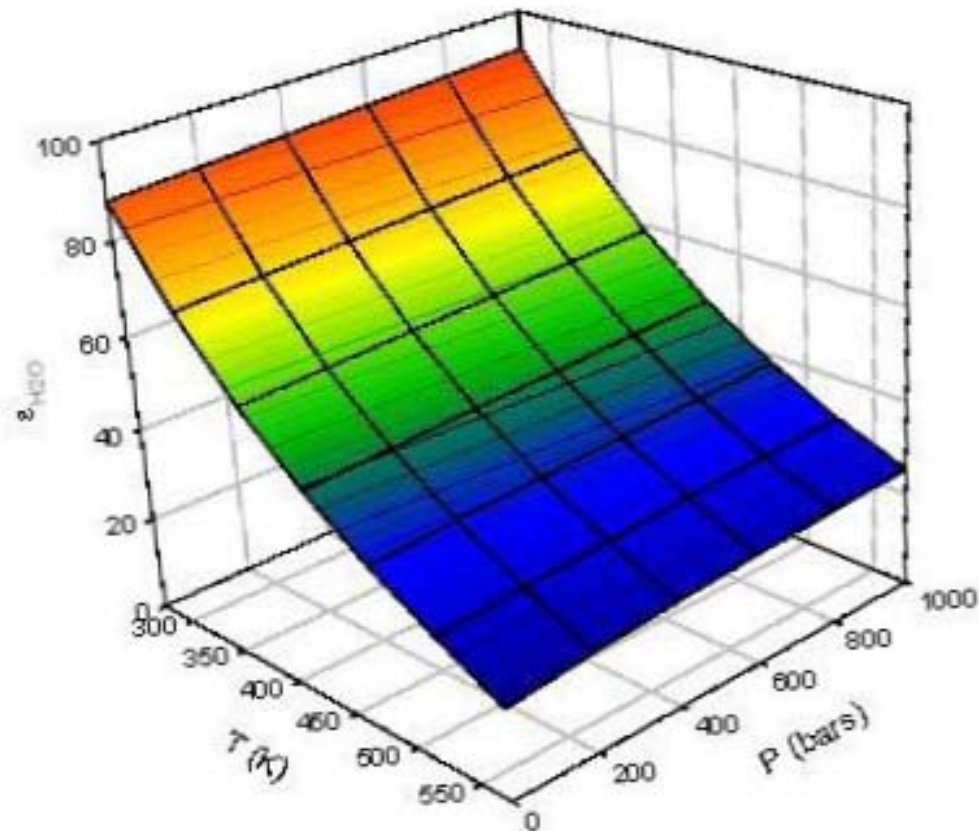


Figure F5 : Variation de la permittivité électrique relative de l'eau pure fournie par Bradley et Pitzer en fonction de la température et de la pression

Nous disposons maintenant des équations nécessaires au calcul des valeurs de toutes les grandeurs intervenant dans les équations (M1) et (M2). Afin de pouvoir appliquer ces équations au cas qui nous intéresse, nous devons toutefois déterminer les valeurs de la pression de vapeur saturante P_{sat} en fonction de la température et de la concentration en sodium. A ce sujet, Atkinson a publié dans (ATK02) une table de valeurs de la pression de vapeur saturante en fonction de la température T et du pourcentage massique X de chlorure de sodium que nous ramènerons à la molalité m de chlorure de sodium en utilisant l'équation (M20).

$$m = \frac{X}{M_{NaCl}(100 - X)} \quad (M20)$$

Les valeurs publiées dans (ATK02) sont toutefois issues de sources diverses, présentant parfois une légère différence de P_{sat} pour des mêmes valeurs de T et de m . Nous ne nous permettrons pas de juger quelle valeurs sont plus précises que les autres et n'utiliserons que

les points correspondants à des couples (T,m) différents. Les équations (M1) et (M2) étant valables entre 0 et 300°C, nous considérerons uniquement les 1294 points correspondants à cette gamme de températures. Les valeurs de ceux-ci sont reportées dans les trois premières colonnes du tableau donné dans l'annexe (6). Les trois dernières colonnes de ce tableau sont le résultat du traitement de ces données avec le programme PolynomialEquation. Après le report de ces valeurs sur la figure (F6), nous observons en effet que Psat varie exponentiellement avec le carré de la température. Introduisant dans le programme PolynomialEquation les 257 couples $\left(\ln\left(\frac{P_{sat}}{P_0}\right), T \right)$ pour lesquels m = 0, avec P₀ = 1 bar, et imposant un degré de l'équation égal à 2, nous obtenons les coefficients reportés dans le tableau (T2).

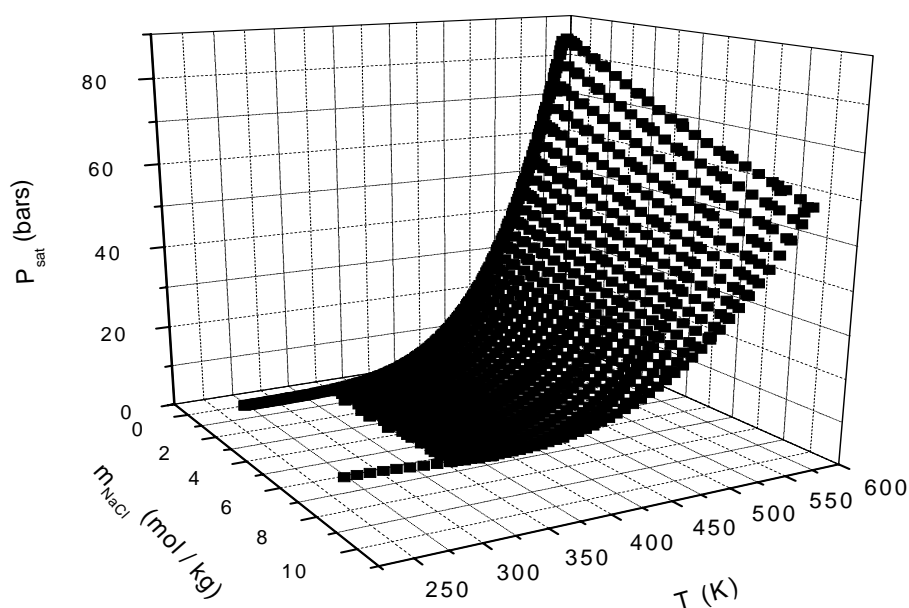


Figure F6 : Valeurs de la pression de vapeur saturante au-dessus d'une saumure aqueuse de NaCl référencées par Atkinson en fonction de la température et de la molalité en NaCl

Puissance de T	Valeur du coefficient	Ecart type sur le coefficient
0	-2,5912E+01	1,5151E-02
1	1,0025E-01	1,7096E-04
2	-8,3297E-05	2,2327E-06

Tableau T2 : Coefficients fournis par le programme PolynomialEquation pour $\ln\left(\frac{P_{sat}}{P_0}\right)$ dans l'eau pure

Les valeurs de certaines pressions de vapeur saturante calculées présentant une déviation relative importante par rapport aux valeurs entrées, nous affinons les coefficients en utilisant le logiciel OriginLabPro, dans lequel nous entrons l'équation $P_{\text{sat}} = P_0 \exp(a T^2 + b T + c)$ dans laquelle les variables sont les 257 couples $\left(\ln\left(\frac{P_{\text{sat}}}{P_0}\right), T \right)$ précédents et les paramètres a, b, et c sont initialisés avec les valeurs déterminées par le programme PolynomialEquation. OriginLabPro modifie alors ces coefficients en les valeurs reportées dans le tableau (T3).

c	-19,75869
b	0,00729
a	-0,00005

Tableau T3 : Affinage des coefficients du tableau 2 avec le logiciel OriginLabPro

Nous divisons alors, pour chacun des 1294 points, la pression de vapeur saturante par $\exp(-0,00005 T^2 + 0,00729 T - 19,75869)$ et nous reportons les valeurs ainsi obtenues sur la figure (F7) sur laquelle nous remarquons une variation de degré 2 en fonction de la molalité m en chlorure de sodium. La variation en température est plus difficile à déterminer mais, après plusieurs essais avec le programme PolynomialEquation, la meilleure modélisation de la pression de vapeur saturante que nous ayons trouvée en fonction de la température et de la molalité en chlorure de sodium est donnée par l'équation (M21) dans laquelle les expressions des termes A_{12} , A_{13} , et A_{14} sont données par les équations respectives (M22), (M23), et (M24) dans lesquelles la température T et la molalité m en chlorure de sodium sont respectivement exprimées en kelvins et en mol / kg et les coefficients numériques sont dimensionnés de manière à ce que l'équation (M21) soit homogène. L'application de celle-ci, dont le résultat est représenté sur la figure (F8), permet de retrouver les valeurs tabulées de la pression de vapeur saturante avec une précision moyenne supérieure à 99,8 %.

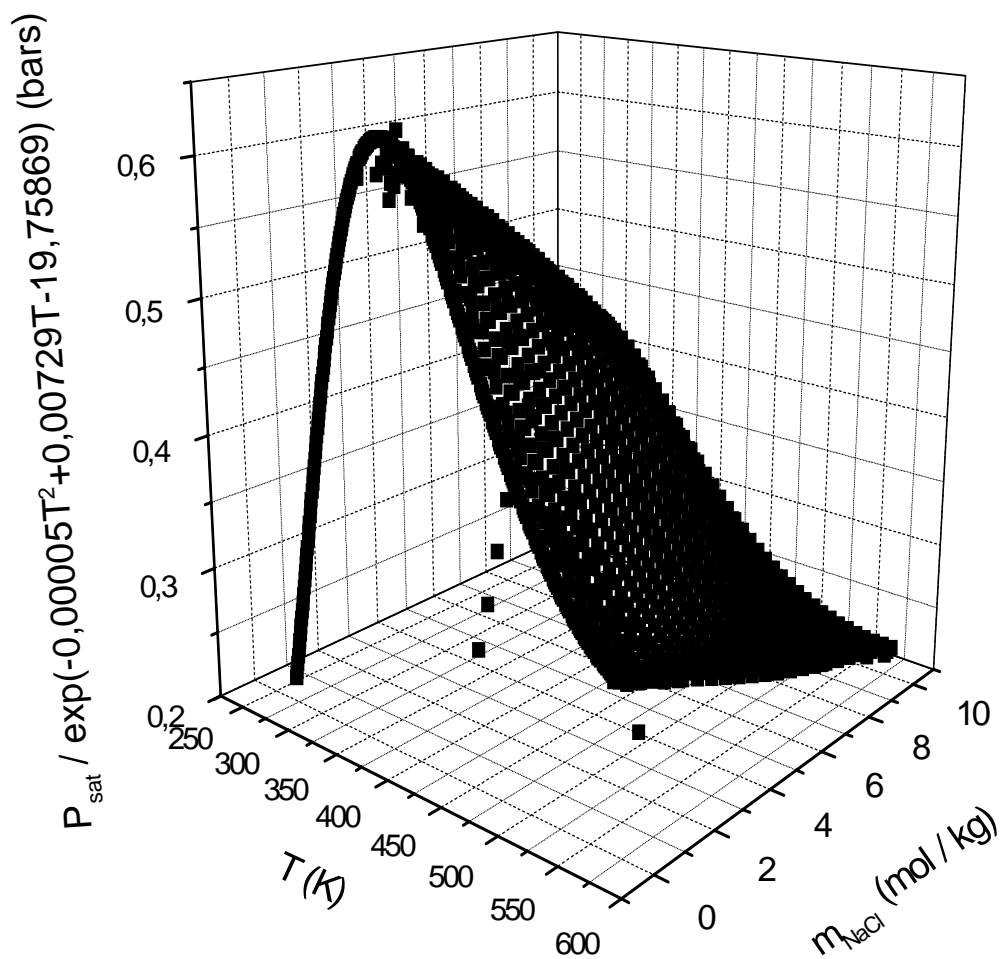


Figure F7 : Représentation de la pression de vapeur saturante réduite par rapport à sa variation exponentielle en fonction de la température au-dessus d'une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température et la molalité en NaCl

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{Psat} = (A_{12} + A_{13}m + A_{14}m^2) * \exp(0,00729T - 0,00005T^2) \\
 A_{12} = -5,6235 * 10^{-26} T^7 + 2,0790 * 10^{-22} T^6 - 3,2074 * 10^{-19} T^5 + 2,6787 * 10^{-16} T^4 \\
 \quad - 1,3062 * 10^{-13} T^3 + 3,7068 * 10^{-11} T^2 - 5,6408 * 10^{-9} T + 3,5433 * 10^{-7} \\
 A_{13} = -1,5751 * 10^{-24} T^6 + 4,4573 * 10^{-21} T^5 - 5,1802 * 10^{-18} T^4 \\
 \quad + 3,1575 * 10^{-15} T^3 - 1,0617 * 10^{-12} T^2 + 1,8624 * 10^{-10} T - 1,3334 * 10^{-8} \\
 A_{14} = -3,9929 * 10^{-23} T^5 + 9,1977 * 10^{-20} T^4 \\
 \quad - 8,4212 * 10^{-17} T^3 + 3,8278 * 10^{-14} T^2 - 8,6210 * 10^{-12} T + 7,6672 * 10^{-10}
 \end{array} \right.$$

(M21) à (M24)

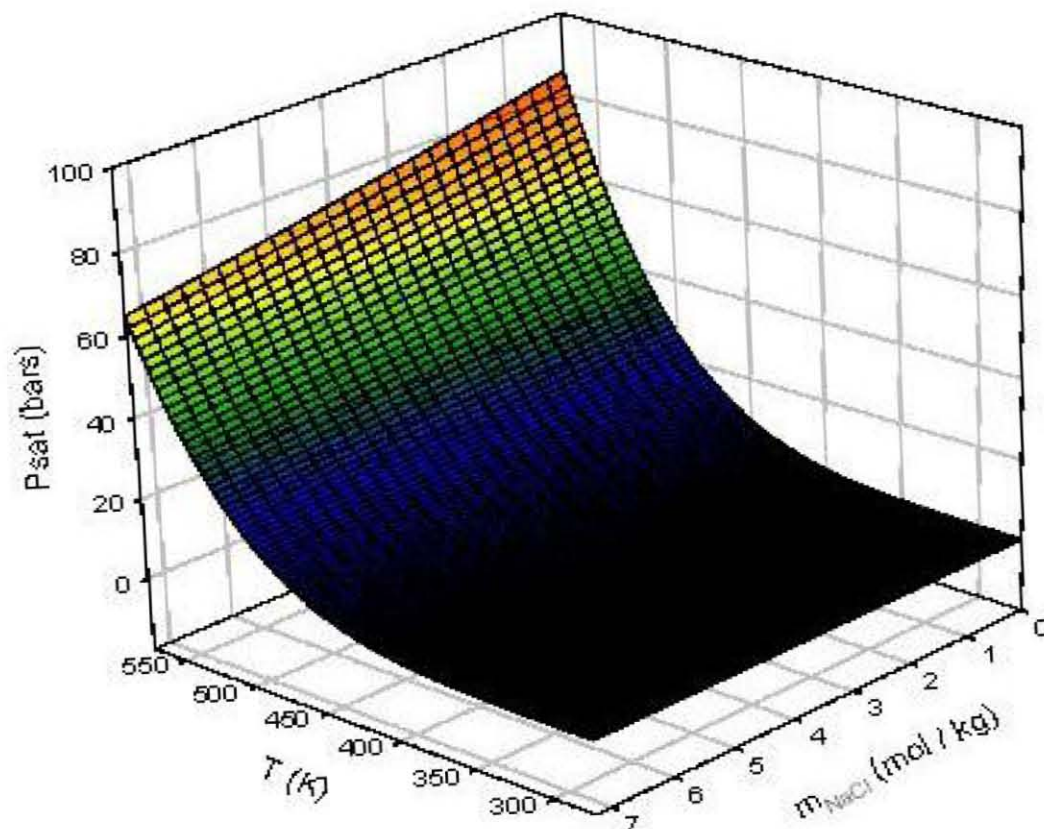


Figure F8 : Application de l'équation (M21)

Cherchons maintenant à déterminer les expressions des coefficients d'activité des espèces minoritaires γ_{H^+} , γ_{OH^-} , γ_{NaCl} , γ_{NaOH} , et γ_{HCl} . D'après (AND93), γ_{NaCl} , γ_{NaOH} , et γ_{HCl} ne deviennent sensiblement différents de 1 qu'à des températures supérieures à 400°C. Les équations (17.41) de (AND93) et (17.42) de (AND93) nous indiquent de plus qu'en utilisant les équations de Pitzer, $\gamma_{Na^+} \approx \gamma_{Cl^-}$. Nous supposons donc que $\gamma_{NaCl} = \gamma_{NaOH} = \gamma_{HCl} = 1$ et $\gamma_{Na^+} = \gamma_{Cl^-} = \gamma_{Na^+} \gamma_{Cl^-}$. L'équation (17.35) de (AND93) nous permet enfin de calculer, après remplacement de la force ionique molale par $\frac{[Na]}{\rho - M_{NaCl}[Na]}$ et en considérant que le coefficient d'activité moyen observé pour le chlorure de sodium est donné par $\gamma_{Na^+} \gamma_{Cl^-}$, les coefficients d'activité molaires γ_{H^+} et γ_{OH^-} donnés par les équations respectives (M25) et (M26), dans lesquelles les coefficients numériques sont dimensionnés de manière à ce que ces équations soient homogènes.

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_{H^+} = \sqrt{\gamma_{Na^+} \gamma_{Cl^-}} \exp \left(\frac{15\sqrt{5}A_3^2 A_4^2 A_5 (b_{H^+} - b_{NaCl})}{2\pi\sqrt{\pi}(\sqrt{A_1} + A_3 A_4 b_{H^+})(\sqrt{A_1} + A_3 A_4 b_{NaCl})} \right) \\ \gamma_{OH^-} = \sqrt{\gamma_{Na^+} \gamma_{Cl^-}} \exp \left(\frac{15\sqrt{5}A_3^2 A_4^2 A_5 (b_{OH^-} - b_{NaCl})}{2\pi\sqrt{\pi}(\sqrt{A_1} + A_3 A_4 b_{OH^-})(\sqrt{A_1} + A_3 A_4 b_{NaCl})} \right) \end{array} \right. \quad (M25) \text{ et } (M26)$$

Dans les équations (M25) et (M26), les termes b_{H^+} et b_{OH^-} sont les distances minimales d'approche des ions correspondants, exprimées en mètres. D'après (KIE37), $b_{H^+} = 9 \cdot 10^{-10}$ m et $b_{OH^-} = 3,5 \cdot 10^{-10}$ m. b_{NaCl} est une fonction équivalente à cette distance pour les ions Na^+ et Cl^- , à propos de laquelle Helgeson a montré dans (HEL69) qu'elle dépendait de la température. Nous reportons les valeurs données par Helgeson pour b_{NaCl} en fonction de la température dans les deux premières colonnes du tableau (T4), les trois dernières étant le résultat du traitement de ces données avec le programme PolynomialEquation. En effet, après le report sur la figure (F9) des valeurs données par Helgeson, nous déduisons que la variation de b_{NaCl} est de degré 3 en température. En utilisant alors le programme PolynomialEquation dans lequel nous entrons ces valeurs et en imposant un degré 3 à l'équation, nous obtenons l'équation (M27), dont l'application est également reportée sur la figure (F9).

T (K)	b_{NaCl} (m)	b_{NaCl} calculée (m)	Deviation absolue sur b_{NaCl} (m)	Deviation relative sur b_{NaCl}
298,15	3,89E-10	3,93E-10	-3,53E-12	-9,0E-03
323,15	4,20E-10	4,17E-10	2,58E-12	6,2E-03
373,15	4,19E-10	4,11E-10	8,17E-12	1,95E-02
423,15	3,58E-10	3,66E-10	-8,10E-12	-2,23E-02
473,15	3,22E-10	3,28E-10	-5,62E-12	-1,74E-02
523,15	3,43E-10	3,40E-10	3,22E-12	9,4E-03
543,15	3,79E-10	3,69E-10	1,02E-11	2,70E-02
573,15	4,40E-10	4,47E-10	-6,97E-12	-1,58E-02

Tableau T4 : Traitement des valeurs de b_{NaCl} fournies par Helgeson en fonction de la température avec le programme PolynomialEquation

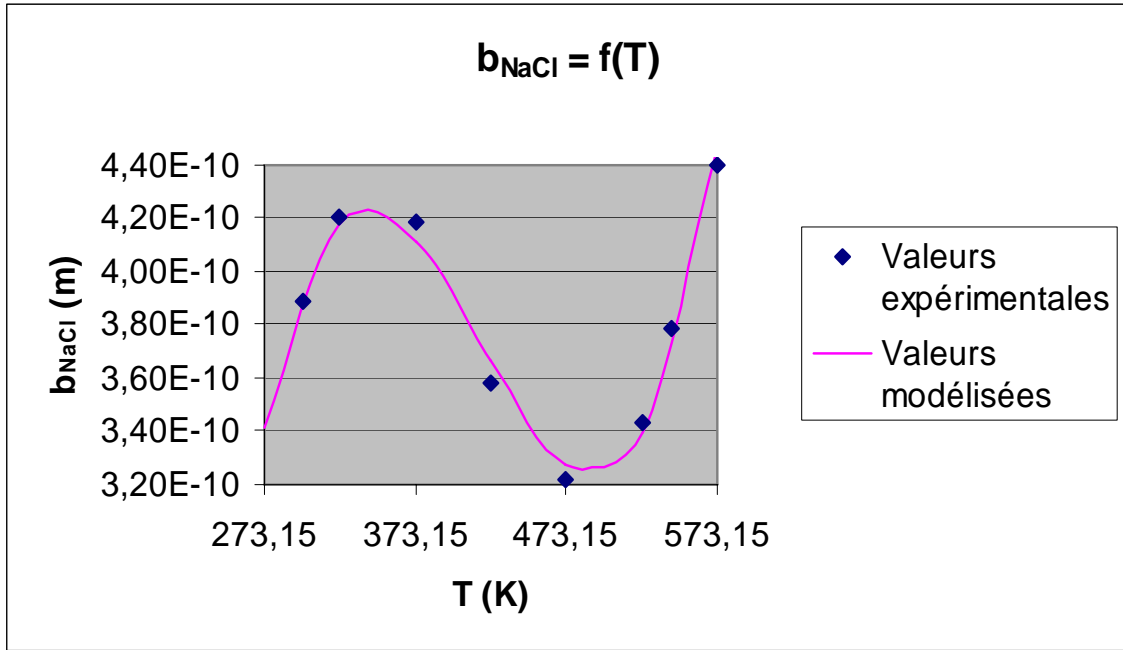


Figure F9 : Valeurs expérimentales et modélisées de b_{NaCl} en fonction de la température

$$b_{\text{NaCl}} = 5,9190 \cdot 10^{-17} T^3 - 7,3889 \cdot 10^{-14} T^2 + 2,9757 \cdot 10^{-11} T - 3,4801 \cdot 10^{-9}. \quad (\text{M27})$$

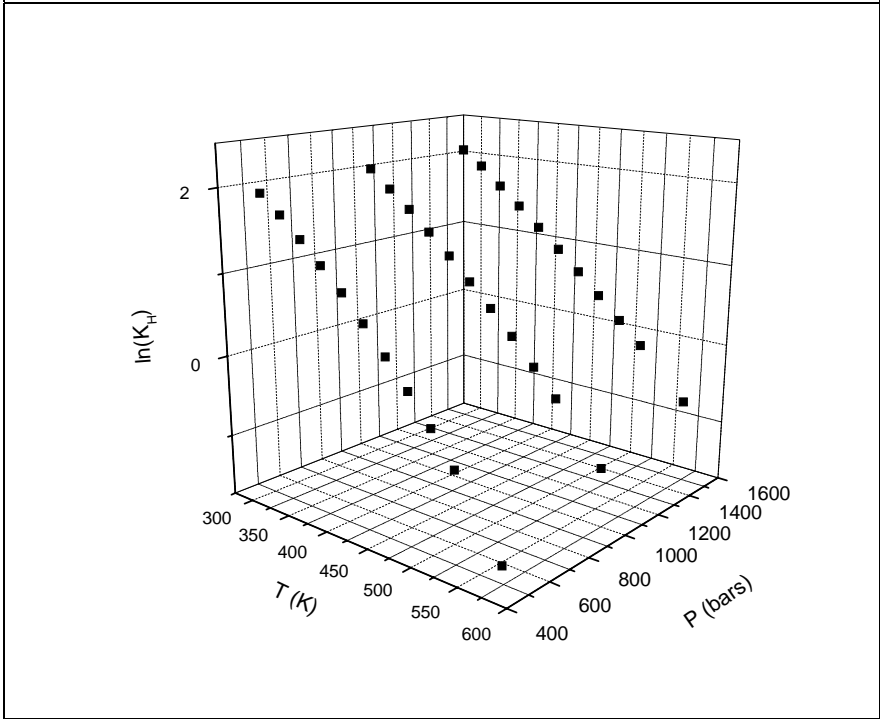
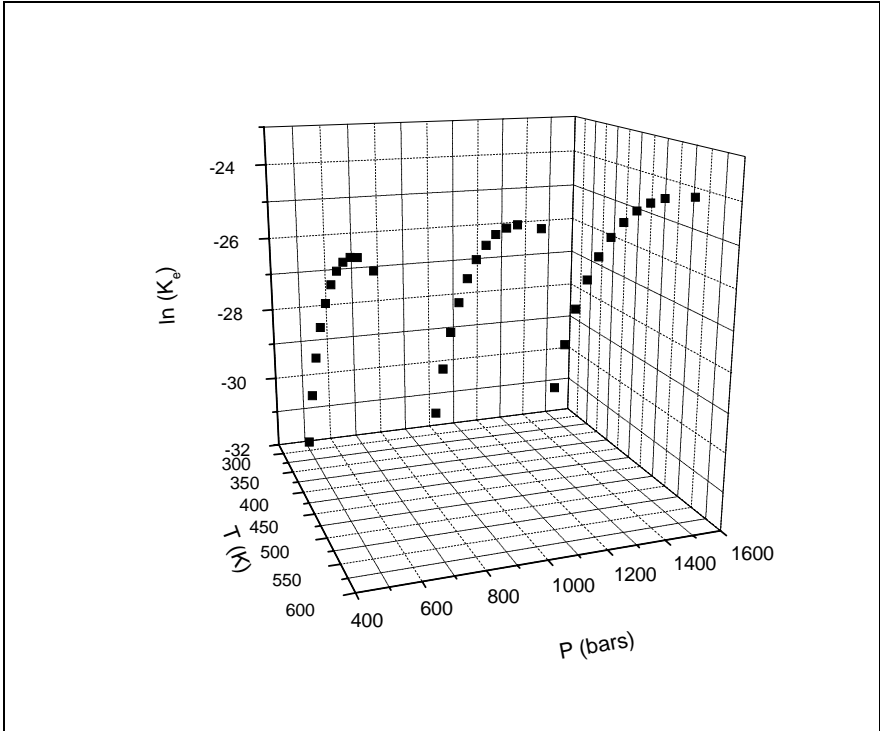
Si nous considérons maintenant qu'il existe également des complexes neutres minoritaires NaCl, NaOH, et HCl, dans les saumures aqueuses de NaCl, nous pouvons déterminer leurs activités en fonction de la température et de la pression, à partir des valeurs des constantes d'équilibre K_e , K_H , K_B , et K_A des réactions respectives (M28) à (M31). Les expressions de ces constantes d'équilibre sont données par les équations respectives (M32) à (M35), et leurs valeurs sont calculées à partir des enthalpies libres standard de formation G_i^0 des espèces i impliquées dans chaque réaction, données dans l'annexe (7) à partir de (OEL95). En effet, pour chaque réaction (M36) se produisant à la température T et selon laquelle A réactifs A_i de coefficients stoechiométriques ν_i et d'enthalpies libres standards de formation $G_{A_i}^0$ réagissent pour produire B produits B_j de coefficients stoechiométriques μ_j et d'enthalpies libres standards de formation $G_{B_j}^0$, l'enthalpie libre standard de réaction ΔG_r^0 et la constante d'équilibre K sont données par les équations respectives (M37) et (M38). Les valeurs des quatre constantes d'équilibre K_e , K_H , K_B , et K_A , ainsi calculées à partir de l'équation (M38) et des valeurs données en annexe (7), en fonction de la température et de la pression sont reportées dans les trois premières colonnes des tableaux respectifs de l'annexe (8), les trois dernières colonnes de chaque tableau étant le résultat du traitement de ces données avec le

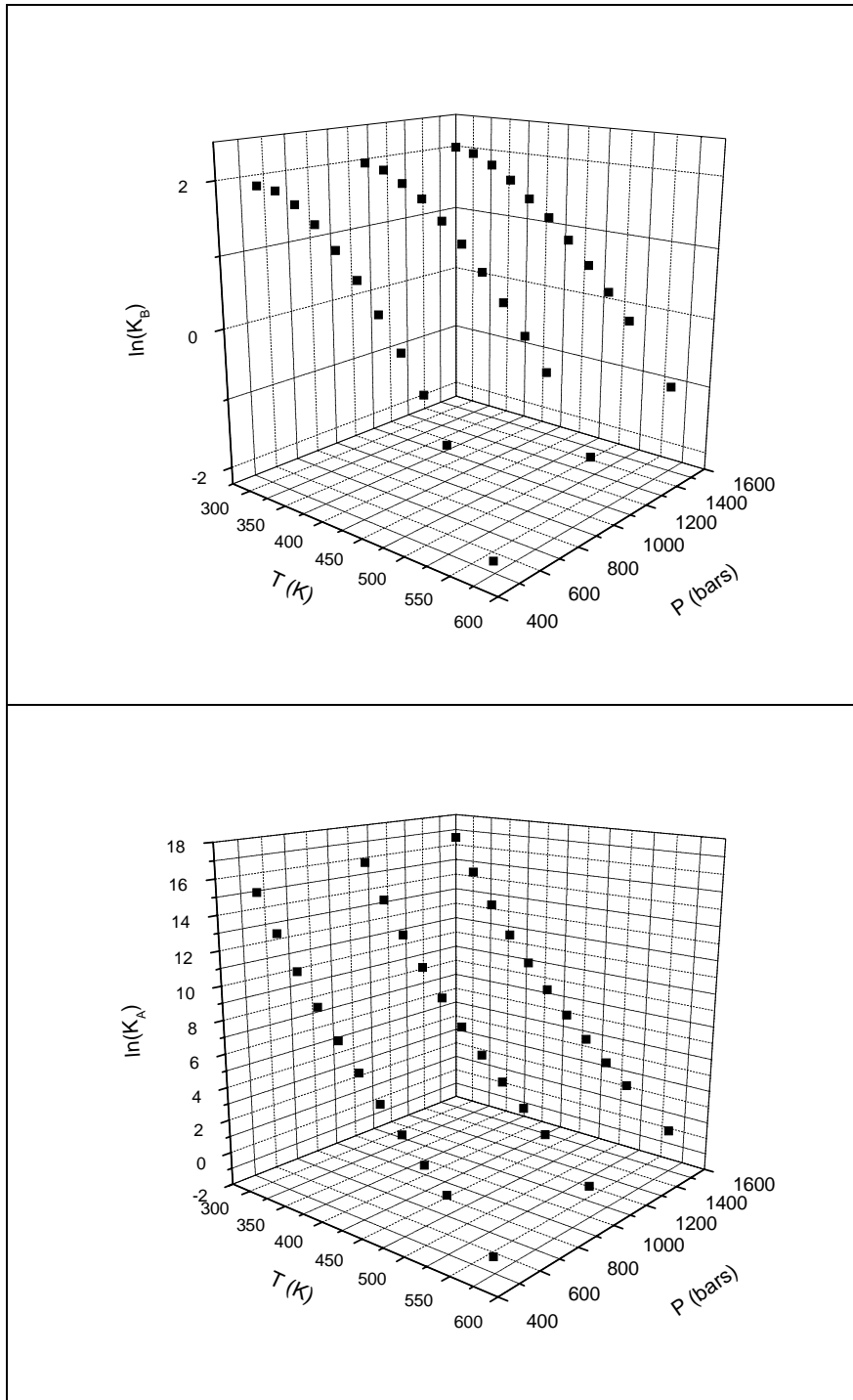
programme PolynomialEquation. En effet, après le traçage des valeurs des quatre constantes d'équilibre K_e , K_H , K_B , et K_A sur les figures respectives (F10), (F11), (F12), et (F13), nous déduisons que la variation de ces constantes d'équilibre est de degré 2 en pression. La variation en température est plus difficile à déterminer mais, après plusieurs essais avec le programme PolynomialEquation dans lequel nous introduisons les triplets (T,P,ln(K)) pour chaque constante d'équilibre, les meilleures modélisations de ces constantes d'équilibre que nous avons trouvées en fonction de la température et de pression sont données par les équations respectives (M39), (M40), (M41), et (M42) dans lesquelles la température T et la pression P sont respectivement exprimées en kelvins et en bars et les coefficients numériques sont dimensionnés de manière à ce que ces équations soient homogènes. Les applications de ces équations sont reportées sur les figures respectives (F14) à (F17).



$$\left\{ \begin{array}{l} K_e = \frac{a_{\text{H}^+} a_{\text{OH}^-}}{a_{\text{H}_2\text{O}}} \\ K_H = \frac{a_{\text{Na}^+} a_{\text{Cl}^-}}{a_{\text{NaCl}}} \\ K_B = \frac{a_{\text{Na}^+} a_{\text{OH}^-}}{a_{\text{NaOH}}} \\ K_A = \frac{a_{\text{H}^+} a_{\text{Cl}^-}}{a_{\text{HCl}}} \end{array} \right. \quad (\text{M32}) \text{ à } (\text{M35})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=A} \nu_i A_i = \sum_{j=1}^{j=B} \mu_j B_j \\ \Delta G_r^0 = \sum_{j=1}^{j=B} (\mu_j G_{Bj}^0) - \sum_{i=1}^{i=A} (\nu_i G_{Ai}^0) \\ K = \exp\left(\frac{-\Delta G_r^0}{RT}\right) \end{array} \right. \quad (\text{M36}) \text{ à } (\text{M38})$$

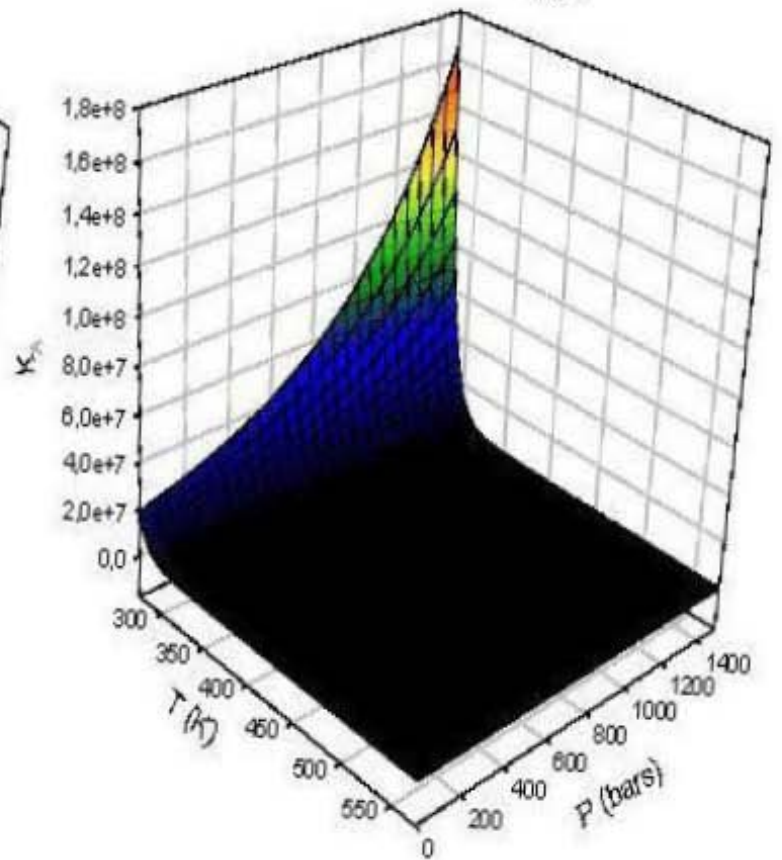
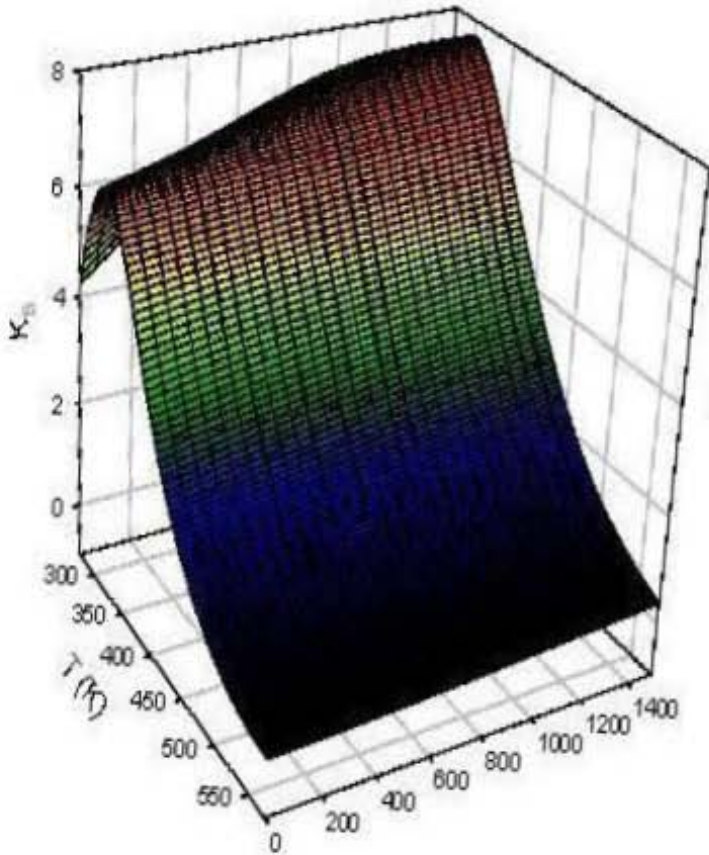
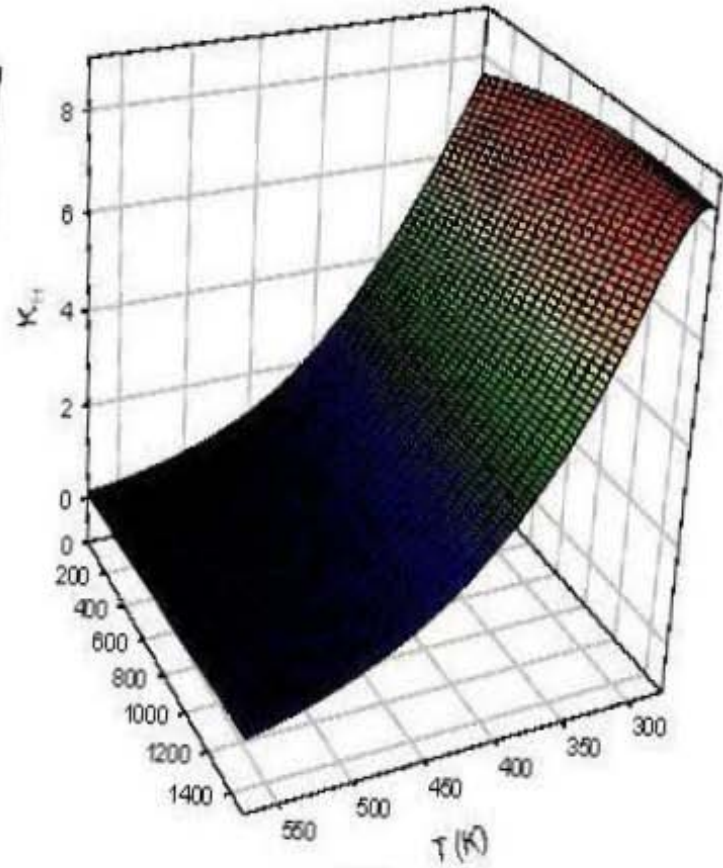
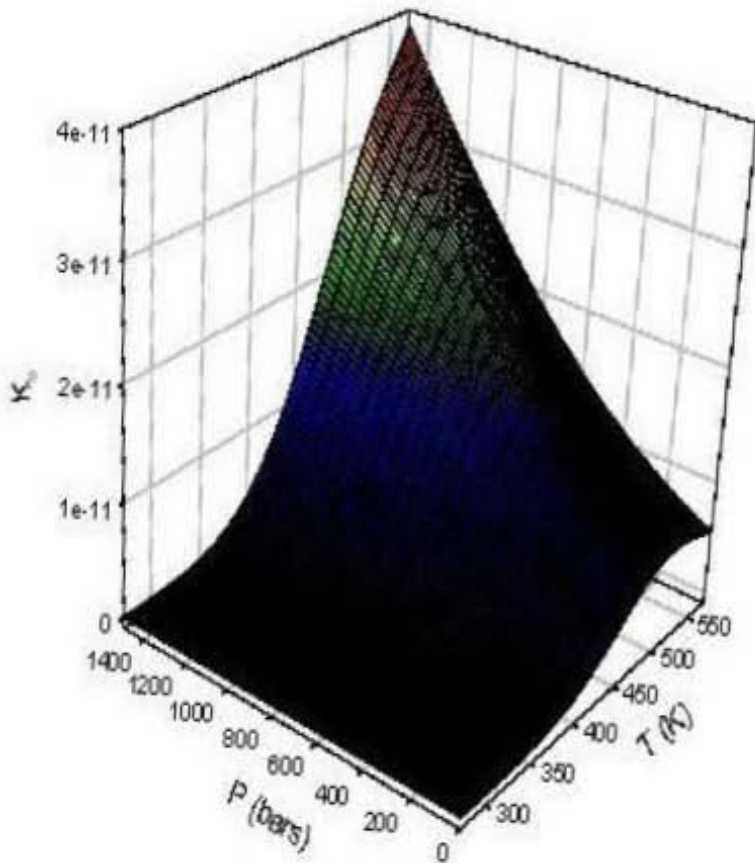




Figures F10 à F13 : Valeurs des logarithmes népériens des constantes d'équilibre respectives K_e , K_H , K_B , et K_A .

$$\left\{ \begin{aligned}
K_e &= \exp\left(-3,5487*10^{-17}T^7 + 1,0211*10^{-13}T^6 - 1,1572*10^{-10}T^5 + 6,4398*10^{-8}T^4 - 1,6026*10^{-5}T^3 \right. \\
&+ 5,0219*10^{-5}T^2 + 0,84752T - 160,33 + \left(1,7797*10^{-17}T^6 - 6,0108*10^{-14}T^5 + 7,9655*10^{-11}T^4 \right. \\
&- 5,4105*10^{-8}T^3 + 2,0018*10^{-5}T^2 - 3,8463*10^{-3}T + 0,30175)P + \left(7,0147*10^{-18}T^5 \right. \\
&- 1,5430*10^{-14}T^4 + 1,3396*10^{-11}T^3 - 5,7430*10^{-9}T^2 + 1,2163*10^{-6}T - 1,0187*10^{-4})P^2) \\
K_H &= \exp\left(1,7735*10^{-16}T^7 - 5,0888*10^{-13}T^6 + 6,1632*10^{-10}T^5 - 4,0856*10^{-7}T^4 + 1,6015*10^{-4}T^3 \right. \\
&- 3,7715*10^{-2}T^2 + 4,7218T - 250,98 + \left(-2,7902*10^{-17}T^6 + 7,4939*10^{-14}T^5 - 8,1792*10^{-11}T^4 \right. \\
&+ 4,6517*10^{-8}T^3 - 1,4546*10^{-5}T^2 + 2,3729*10^{-3}T - 0,15772)P + \left(-5,2819*10^{-19}T^5 \right. \\
&+ 5,5625*10^{-16}T^4 + 9,7949*10^{-16}T^3 - 1,9241*10^{-10}T^2 + 7,7730*10^{-8}T - 9,2710*10^{-6})P^2) \\
K_B &= \exp\left(4,9405*10^{-17}T^7 - 1,1400*10^{-13}T^6 + 1,0810*10^{-10}T^5 - 5,5957*10^{-8}T^4 + 1,8361*10^{-5}T^3 \right. \\
&- 4,3812*10^{-3}T^2 + 0,75328T - 62,755 + \left(-3,9794*10^{-17}T^6 + 8,7556*10^{-14}T^5 - 7,5031*10^{-11}T^4 \right. \\
&+ 3,0847*10^{-8}T^3 - 5,7540*10^{-6}T^2 + 2,4669*10^{-4}T + 3,5297*10^{-2})P + \left(7,6177*10^{-18}T^5 \right. \\
&- 1,7100*10^{-14}T^4 + 1,5133*10^{-11}T^3 - 6,6060*10^{-9}T^2 + 1,4228*10^{-6}T - 1,2097*10^{-4})P^2) \\
K_A &= \exp\left(2,8754*10^{-16}T^7 - 8,5587*10^{-13}T^6 + 1,0802*10^{-9}T^5 - 7,4890*10^{-7}T^4 + 3,0757*10^{-4}T^3 \right. \\
&- 7,4562*10^{-2}T^2 + 9,7487T - 501,96 + \left(-1,6315*10^{-17}T^6 + 4,7709*10^{-14}T^5 - 5,6884*10^{-11}T^4 \right. \\
&+ 3,5623*10^{-8}T^3 - 1,2394*10^{-5}T^2 + 2,2736*10^{-3}T - 0,1702)P + \left(-2,5441*10^{-18}T^5 \right. \\
&+ 5,4466*10^{-15}T^4 - 4,6756*10^{-12}T^3 + 2,0090*10^{-9}T^2 - 4,3194*10^{-7}T + 3,7075*10^{-5})P^2)
\end{aligned} \right.$$

(M39) à (M42)



Figures F14 à F17 : Application des équations respectives (M39) à (M42)

Annexe 2 : Application du modèle de saumure aqueuse de NaCl à 155°C et pression de vapeur saturante

Les grandeurs exprimées dans l'annexe (2) sont celles à $T_2 = 428,15$ K et pression de vapeur saturante $P_2 = P_{\text{sat}}$. Or les mesures de $[U^{\text{VI}}]$ et de $[\text{Na}]$ dont nous disposons ont été réalisées à partir de standards préparés à $T_1 = 298,15$ K et $P_1 = 1,01325$ bars, qui sont également les conditions dans lesquelles nous avons réalisé nos mesures de pH. Nous pouvons déduire les valeurs de ces grandeurs à T_2 et P_2 à partir de leurs valeurs à T_1 et P_1 à condition de considérer que la variation de la masse d'eau de la phase liquide est négligeable entre les température et pression de réaction et celles de mesure de ces grandeurs. Cette approximation a trois conséquences :

- la molalité m en chlorure de sodium, intervenant dans les équations (M9) et (M21), est constante par rapport à la température et à la pression. Nous pourrions donc utiliser les valeurs de m déterminées à T_1 et P_1 .
- tous les rapports de deux des termes A_1 , A_2 , et A_4^2 , intervenant dans les équations (M1), (M2), (M25), et (M26), sont constants par rapport à la température et à la pression. Nous pourrions donc utiliser les valeurs de ces rapports déterminées à T_1 et P_1 .
- la masse totale de la phase liquide est constante par rapport à la température et à la pression. Nous pourrions donc utiliser les relations (M43) et (M44).

$$\begin{cases} [U^{\text{VI}}](T_2, P_2) = \frac{\rho(T_2, P_2)}{\rho(T_1, P_1)} [U^{\text{VI}}](T_1, P_1) \\ [\text{Na}](T_2, P_2) = \frac{\rho(T_2, P_2)}{\rho(T_1, P_1)} [\text{Na}](T_1, P_1) \end{cases} \quad \text{(M43) et (M44)}$$

En accord avec les équations de Pitzer, nous avons de plus considéré que la saumure aqueuse de NaCl n'était constituée que de ce sel totalement dissocié et de H_2O . L'électroneutralité de la saumure implique donc que les ions H^+ et OH^- y sont présents en quantités égales. Nous pourrions donc utiliser la relation (M45).

$$\text{pH}(T_2, P_2) = \text{pH}(T_1, P_1) + \frac{1}{2} \log \left(\frac{\gamma_{\text{H}^+}(T_1, P_1) \gamma_{\text{OH}^-}(T_2, P_2) a_{\text{H}_2\text{O}}(T_1, P_1) K_e(T_1, P_1)}{\gamma_{\text{H}^+}(T_2, P_2) \gamma_{\text{OH}^-}(T_1, P_1) a_{\text{H}_2\text{O}}(T_2, P_2) K_e(T_2, P_2)} \right).$$

(M45)

Afin de ne pas alourdir nos équations, nous n'indiquerons la température et la pression à laquelle doit être calculée une grandeur que s'il s'agit de T_2 et P_2 . Une grandeur sans indication de température et de pression sera donc implicitement considérée comme étant calculée à T_1 et P_1 . Commençons par calculer la masse volumique la saumure de chlorure de sodium dans ces conditions à partir des équations (M10) à (M12) et (M15) à (M17), nous conduisant à l'équation (M46) dans laquelle les expressions des termes B_1 et B_2 sont données par les équations respectives (M47) et (M48).

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = 0,33208 + 3,8962 \cdot 10^{-2} [\text{Na}] + \sqrt[6]{B_1} \cos \left(\frac{1}{3} \arccos \left(\frac{B_2}{\sqrt{B_1}} \right) \right) \\ B_1 = 8,5825 \cdot 10^{-2} + 6,5705 \cdot 10^{-4} [\text{Na}] + 8,8777 \cdot 10^{-4} [\text{Na}]^2 + 4,5238 \cdot 10^{-6} [\text{Na}]^3 \cdot \\ + 3,0552 \cdot 10^{-6} [\text{Na}]^4 + 7,7818 \cdot 10^{-9} [\text{Na}]^5 + 3,4982 \cdot 10^{-9} [\text{Na}]^6 \\ B_2 = 0,29296 + 1,1214 \cdot 10^{-3} [\text{Na}] - 4,5213 \cdot 10^{-3} [\text{Na}]^2 - 5,9145 \cdot 10^{-5} [\text{Na}]^3 \end{array} \right.$$

(M46) à (M48)

Ces dernières équations ainsi que l'équation (M3) nous permettent de calculer le terme A_1 et la molalité m de chlorure de sodium égale à $\frac{[\text{Na}]}{A_1}$, définis par les équations respectives (M49)

et (M50).

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = 0,33208 - 1,9481 \cdot 10^{-2} [\text{Na}] + \sqrt[6]{B_1} \cos \left(\frac{1}{3} \arccos \left(\frac{B_2}{\sqrt{B_1}} \right) \right) \\ m = \frac{[\text{Na}]}{0,33208 - 1,9481 \cdot 10^{-2} [\text{Na}] + \sqrt[6]{B_1} \cos \left(\frac{1}{3} \arccos \left(\frac{B_2}{\sqrt{B_1}} \right) \right)} \end{array} \right. \quad (\text{M49) et (M50)}$$

L'expression de la molalité m nous permet alors de calculer la valeur de $P_2 = P_{\text{sat}}$ à $T_2 = 428,15 \text{ K}$ à partir des équations (M21) à (M24), nous conduisant à l'équation (M51).

$$P_2(T_2) = 5,4316 - 0,18533 m - 2,0193 * 10^{-3} m^2. \quad (M51)$$

Les précédentes équations de ce paragraphe ainsi que les équations du précédent paragraphe nous permettent alors de calculer les valeurs de toutes les autres grandeurs dont nous aurons besoin pour l'application numérique. Notons que nous disposons de plusieurs équations, (M9), (M14), et (M17), pour calculer la masse volumique d'une saumure de chlorure de sodium. Le choix ne nécessitant aucun réarrangement d'équations consiste à utiliser l'équation (M14) ou (M17), suivant que A_{11} soit respectivement positif ou négatif, si cette masse volumique est calculée dans les mêmes conditions de température et de pression que $[Na]$ a été déterminée, et l'équation (M9) si cette masse volumique est calculée dans d'autres conditions de température ou de pression.

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho(T_2, P_2) = 0,91414 + 3,9817 * 10^{-2} m - 1,2013 * 10^{-3} m^2 + 6,9041 * 10^{-8} m^3 + 7,6357 * 10^{-10} m^4 \\ \quad + 3,7169 * 10^{-13} m^5 + 2,0757 * 10^{-15} m^6 \\ \rho_{H_2O} = 0,99623 \\ \rho_{H_2O}(T_2, P_2) = 0,91414 - 1,0288 * 10^{-5} m - 1,1235 * 10^{-7} m^2 - 5,6245 * 10^{-12} m^3 - 3,0642 * 10^{-14} m^4 \\ \epsilon_{H_2O} = 78,384 \\ \epsilon_{H_2O}(T_2, P_2) = 10,652 \ln(1,17 * 10^6 - 79,349 m - 0,86456 m^2) - 105,9474 \\ b_{NaCl} = 3,93 * 10^{-10} \\ b_{NaCl}(T_2) = 3,61 * 10^{-10} \\ K_e = 9,9975 * 10^{-15} \\ K_e(T_2, P_2) = \exp(-26,65 - 1,4376 * 10^{-4} m - 1,5682 * 10^{-6} m^2 - 4,0424 * 10^{-11} m^3 - 2,2022 * 10^{-13} m^4) \\ A_2 = 3,60306 * 10^{-2} [Na] \\ A_3 = 9,926 \\ A_3(T_2, P_2) = 73,4726 \sqrt{\frac{\rho_{H_2O}(T_2, P_2)}{\epsilon_{H_2O}(T_2, P_2)}} \\ A_4 = 3,308 * 10^8 \sqrt{[Na]} \\ A_5 = 6,481 * 10^{-13} \\ A_5(T_2, P_2) = \frac{3,5355 * 10^{-11}}{\epsilon_{H_2O}(T_2, P_2)} \\ A_6 = -3,9013 \\ A_6(T_2, P_2) = -2,6094 + 3,4823 * 10^{-5} m + 3,8054 * 10^{-7} m^2 + 2,4369 * 10^{-11} m^3 + 1,3276 * 10^{-13} m^4 \end{array} \right.$$

Nous utilisons alors les équations de ce paragraphe pour calculer l'activité de l'eau, les coefficients d'activité des différents ions présents, la concentration en sodium, et le pH dans la saumure à 155°C et pression de vapeur saturante. Après le report des valeurs calculées pour l'activité de l'eau, l'activité de Na^+ , la concentration en Na^+ , et le pH sur les figures respectives (F18), (F19), (F20) et (F21), nous observons que les variations de $a_{\text{H}_2\text{O}}(T_2, P_2)$ en fonction de $a_{\text{H}_2\text{O}}$, de $a_{\text{Na}^+}(T_2, P_2)$ en fonction de a_{Na^+} , et de $[\text{Na}](T_2, P_2)$ en fonction de $[\text{Na}]$ sont linéaires. Nous pouvons donc utiliser le programme PolynomialEquation et imposer des polynômes de degré 1 pour $a_{\text{H}_2\text{O}}(T_2, P_2)$ et $a_{\text{Na}^+}(T_2, P_2)$ en imposant que l'ordonnée à l'origine soit nulle. Nous observons également que $\text{pH}(T_2, P_2)$ est indépendant de $[\text{Na}]$ et sa variation en fonction du pH est linéaire. Nous utiliserons donc également le programme PolynomialEquation et imposerons un polynôme de degré 1. Nous obtenons alors les équations respectives (M52), (M53), (M54), et (M55).

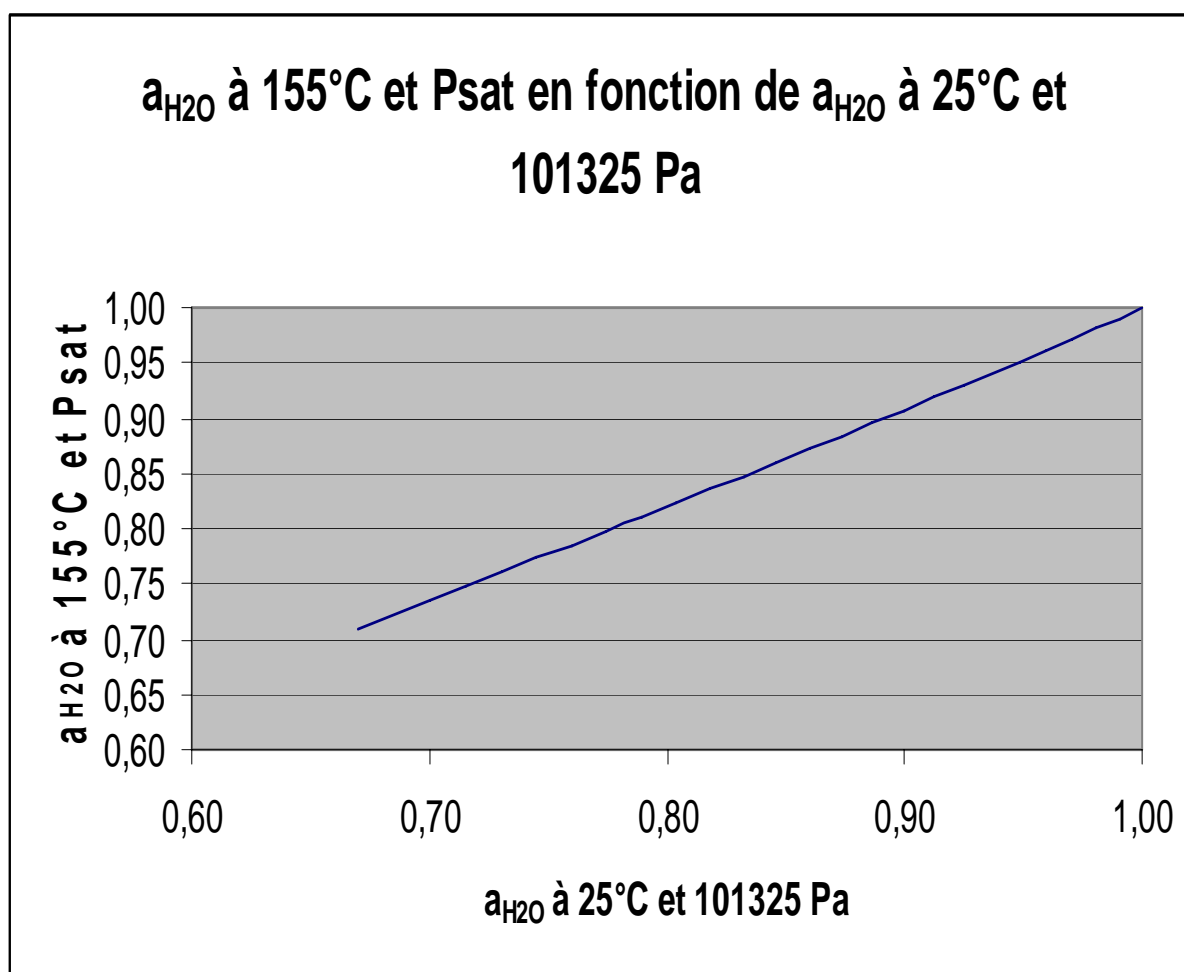


Figure F18 : Activité de l'eau à 155°C et Psat

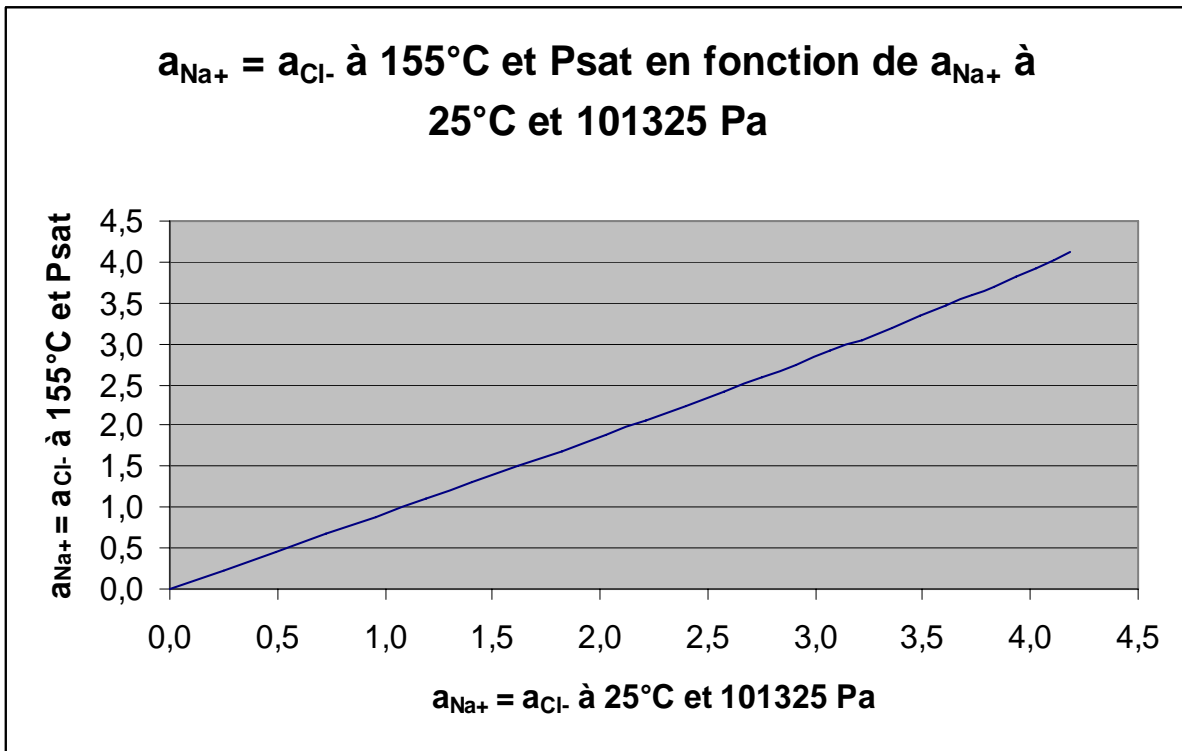


Figure F19 : Activité des ions Na^+ et Cl^- à 155°C et Psat

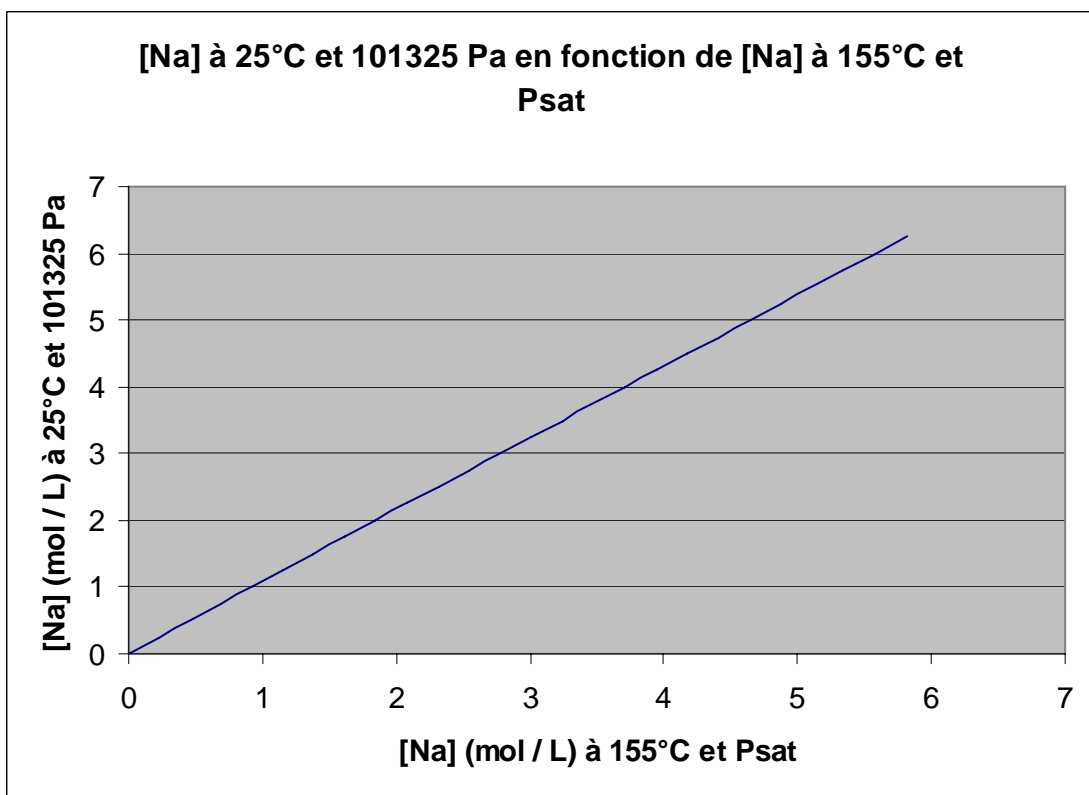


Figure F20 : Concentration en sodium à 25°C et 101325 Pa en fonction de la concentration en sodium à 155°C et Psat

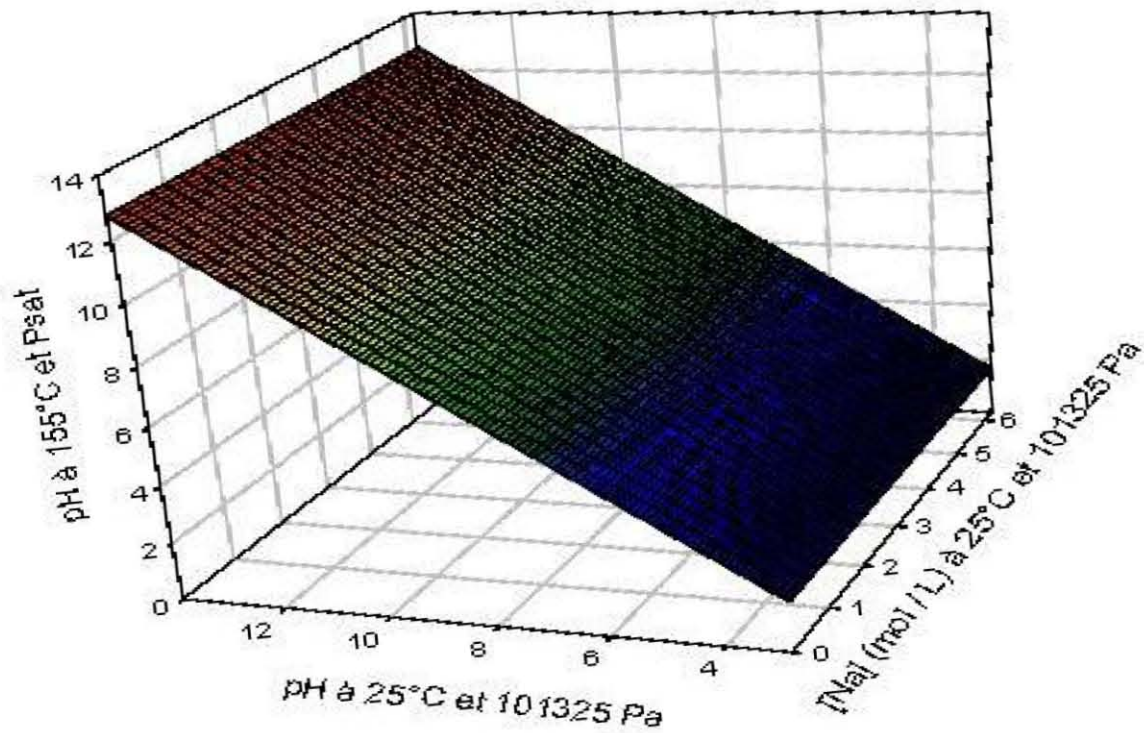


Figure F20 : Valeurs du pH à 155°C et pression de vapeur saturante en fonction des valeurs du pH et de [Na] mesurées à 25°C et 101325 Pa

$$\begin{cases}
 a_{\text{H}_2\text{O}}(T_2, P_2) = 1,016 a_{\text{H}_2\text{O}} \\
 a_{\text{Na}^+}(T_2, P_2) = a_{\text{Cl}^-}(T_2, P_2) = 0,96 a_{\text{Na}^+} = 0,96 a_{\text{Cl}^-} \\
 [\text{Na}] = 1,08 [\text{Na}(T_2, P_2)] \\
 \text{pH}(T_2, P_2) = \text{pH} - 1,21
 \end{cases} \quad (\text{M52}) \text{ à } (\text{M55})$$

Notice du programme PolynomialEquation2048 (Christophe Rozsypal)

Table des matières

- 1 Intérêt du programme
- 2 Installation et exécution
- 3 Calcul
- 4 Utilisation
 - 4.1 Fenêtre **Parametres**
 - 4.2 Fenêtre **Coefficients nuls connus**
 - 4.3 Fenêtre **Coordonnees**
 - 4.4 Fenêtre **Resultats**
 - 4.8 Fenêtre **Deviation**
 - 4.6 Fenêtre **Message**
 - 4.7 Fenêtre **Erreur**
- 5 Interprétation des résultats
 - 5.1 Influence des grandeurs
 - 5.2 Influence des coefficients non nuls
 - 5.3 Influence des coordonnées
 - 5.4 Influence du degré de l'équation
- 6 Résolution mathématique
 - 6.1 Détermination du degré maximal de l'équation
 - 6.2 Détermination des coefficients
 - 6.3 Détermination des déviations sur la grandeur exprimée
 - 6.4 Détermination des écarts types sur les coefficients
- 7 Responsabilités
- 8 Remerciements

1 Intérêt du programme

Ce programme a pour but de déterminer un polynôme de degré D exprimant une grandeur $x(k)$ en fonction de $(G - 1)$ autres grandeurs $x(j)$:

$$x(k) = \sum_{i=1}^{i=C} c(\sigma_i) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq A}}^{j=G} x(j)^{\sigma_i[j]} .$$

σ_i est une combinaison de $(G - 1)$ nombres entiers $\sigma_i[j]$ compris entre 0 et D et tels que leur somme soit inférieure ou égale à D. Le programme détermine les $C = \frac{(D + G - 1)!}{D!(G - 1)!}$

combinaisons σ_i possibles et calcule les termes $\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq A}}^{j=G} x(j)^{\sigma_i[j]}$, dans lesquels chaque coordonnée $x(j)$ est élevée à la puissance $\sigma_i[j]$, avec j compris entre 1 et G et différent de k . Ces termes sont attribués aux coefficients $c(\sigma_i)$ que le programme a pour but de calculer.

2 Installation et exécution

Ce programme nécessite l'installation de la version 1.6 ou d'une version plus récente du JRE (Java Runtime Environment), en téléchargement gratuit sur le site <http://java.sun.com> *. Le programme ouvre la fenêtre **Paramètres** à l'exécution du fichier `PolynomialEquation2048\dist\PolynomialEquation2048.jar`. Les autres fichiers présents dans le dossier `PolynomialEquation`, à l'exception de la présente notice, sont nécessaires au fonctionnement du programme **. Il existe enfin plusieurs versions du programme `PolynomialEquation`, celle correspondant à cette notice étant destinée à être utilisée sur des ordinateurs possédant une Random Access Memory (RAM) de 2048 Mo. L'installation de ce programme sur un ordinateur possédant une RAM inférieure peut être source de non fonctionnement. Au contraire l'installation de ce programme sur un ordinateur possédant une RAM supérieure n'exploitera pas au maximum les capacités de celui-ci et sera peut-être incapable de résoudre des systèmes qui pourraient être résolus par la version de ce programme correspondant à cette RAM.

3 Calcul

Il n'a été programmé aucune limitation théorique à l'utilisation de ce programme. Un langage informatique et un système d'exploitation ne pouvant toutefois pas gérer les nombres de trop grande dimension, l'apparition de ceux-ci au cours du calcul peuvent faire échouer celui-ci. Le programme a été sécurisé de manière à ne pas bloquer le système d'exploitation mais à renvoyer le message "Impossible de résoudre le système" si cela est dû au système généré par le programme ou "Paramètre non valable" si cela est dû à une entrée de l'utilisateur. Ce dernier message étant toutefois affiché pour la plupart des invalidités des entrées de l'utilisateur, son apparition n'implique pas obligatoirement celle d'un nombre de trop grande dimension. Quelle que soit la cause de l'apparition d'un tel nombre, l'utilisateur peut espérer résoudre le système par la résolution d'un système équivalent mais utilisant des nombres compatibles avec le langage informatique et le système d'exploitation. L'utilisation de nombres de dimensions proches de l'unité permet de plus d'accélérer le calcul effectué en arrière-plan de la fenêtre **Coordonnées**, et dont l'utilisateur peut observer la progression dans cette fenêtre. Une éventuelle diminution de cette progression est possible, à un moment du calcul, en cas de détection, par le programme, de coefficients nuls. L'utilisateur peut également, à tout moment, interrompre le calcul mais la sécurisation de celui-ci implique que le programme devra finir un certain nombre d'opérations avant de rendre la main à l'utilisateur, cette terminaison pouvant alors être plus ou moins longue. Cette sécurisation du calcul implique enfin qu'une fois celui-ci en cours certaines fonctions des différentes fenêtres soient désactivées et que seules certaines de ces fonctions seront réactivées une fois celui-ci terminé ou arrêté par l'utilisateur. La réactivation de ces fonctions avant la terminaison du calcul indique à l'utilisateur que ce calcul ne peut être effectué qu'avec une version de ce programme correspondant à une RAM supérieure à celle correspondant à la version utilisée.

4 Utilisation

Les fenêtres ouvertes ne doivent être fermées qu'à la terminaison du programme.

4.1 Fenêtre **Parametres**

Cette fenêtre demande tout d'abord quatre nombres entiers à l'utilisateur :

- le nombre G de grandeurs, supérieur ou égal à 2.
- l'indice k attribué à la grandeur $x(k)$ et compris entre 1 et G .
- le nombre N de coefficients connus comme étant nuls, supérieur ou égal à 0.
- le nombre P de points, supérieur ou égal à $(G - N)$.

Après validation de ces entrées, le programme calcule le degré maximal de l'équation que l'utilisateur peut espérer déterminer en fonction de ces entrées et en affiche la valeur. L'utilisateur peut alors entrer le degré D de l'équation, entier supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à ce degré maximal, et valider son entrée. Si N est supérieur à 0 et inférieur à C , le programme ouvre la fenêtre **Coefficients nuls connus**. Si N est égal à 0, le programme ouvre la fenêtre **Coordonnees**. Si N est égal à C , le programme ouvre la fenêtre **Message**. Dans les deux premiers cas, l'utilisateur doit choisir quel indice j il souhaite attribuer à chaque grandeur $x(j)$, avec j compris entre 1 et G et différent de k . Ce choix n'a aucune influence sur la résolution de l'équation, mais le même indice doit être attribué à la même grandeur dans toutes les fenêtres sous peine de résultats erronés.

4.2 Fenêtre **Coefficients nuls connus**

Cette fenêtre demande à l'utilisateur d'entrer les combinaisons σ_i correspondant aux coefficients $c(\sigma_i)$ connus comme étant nuls. L'ordre d'entrée des combinaisons n'a pas d'importance mais elles doivent chacune être une combinaison différente des autres combinaisons. Chaque ligne de la fenêtre correspond à une combinaison σ_i et les valeurs $\sigma_i[j]$ doivent être des nombres entiers supérieurs ou égaux à 0 et tels que leur somme sur chaque ligne soit inférieure ou égale à D . Cette fenêtre dispose également d'une fonction de collage qui récupère les données copiées dans un autre fichier. Seuls les nombres entiers copiés sont collés dans cette fenêtre et ceci ligne par ligne de gauche à droite. Le programme ouvre ensuite la fenêtre **Coordonnees**.

4.3 Fenêtre **Coordonnees**

Cette fenêtre demande à l'utilisateur d'entrer les points x de coordonnées $x(j)$ dont il dispose. L'ordre d'entrée des points n'a pas d'importance mais ils doivent chacun être un point différent des autres points. Chaque ligne de la fenêtre correspond à un point x et les coordonnées $x(j)$ doivent être des nombres. Cette fenêtre dispose également d'une fonction de collage qui récupère les données copiées dans un autre fichier. Seuls les nombres copiés sont collés dans cette fenêtre et ceci ligne par ligne de gauche à droite. Cette fenêtre dispose enfin d'une fonction d'arrêt du calcul qui s'effectue en arrière-plan de celle-ci et est la seule dont l'icône de fermeture située dans la barre de titre soit désactivée afin de sécuriser ce calcul. Le programme ouvre ensuite les fenêtres **Resultats** et **Deviation**.

4.4 Fenêtre **Resultats**

Cette fenêtre affiche, dans les $(G - 1)$ premières colonnes, les nombres entiers $\sigma_i[j]$ définissant le coefficient $c(\sigma_i)$ et correspondant chacun à la puissance à laquelle est élevée la coordonnée $x(j)$ dans le terme $c(\sigma_i) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq A}}^{j=G} x(j)^{\sigma_i[j]}$. Les deux dernières colonnes affichent

respectivement les valeurs calculées des coefficients $c(\sigma_i)$ et les valeurs des écarts types sur ces coefficients, chaque ligne correspondant donc à un coefficient $c(\sigma_i)$. Afin de permettre à l'utilisateur de récupérer informatiquement ces données, le programme crée un fichier `Resultats.txt` dans le répertoire `PolEq\dist`. L'utilisateur doit toutefois copier ces données dans un autre fichier avant d'arrêter le programme, cet arrêt, provoqué par la fermeture de toutes les fenêtres, supprimant le fichier `Resultats.txt` afin de libérer l'espace mémoire.

4.5 Fenêtre **Deviation**

Cette fenêtre affiche dans la première colonne les valeurs de $x(k)$ entrées dans la fenêtre **Coordonnees**, dans la deuxième colonne les valeurs de $x(k)$ calculées par le programme en utilisant les coefficients $c(\sigma_i)$ calculés par celui-ci, dans la troisième colonne les différences entre les valeurs de $x(k)$ entrées dans la fenêtre **Coordonnees** et celles calculées par le programme, et dans la quatrième colonne les rapports entre ces différences et les valeurs de $x(k)$ entrées dans la fenêtre **Coordonnees**. Chaque ligne correspond à un point et leur ordre est le même que celui dans lequel ces points ont été entrés dans la fenêtre **Coordonnees**. Afin de permettre à l'utilisateur de récupérer informatiquement ces données, le programme crée un fichier `Deviation.txt` dans le répertoire `PolEq\dist`. L'utilisateur doit toutefois copier ces données dans un autre fichier avant d'arrêter le programme, cet arrêt, provoqué par la fermeture de toutes les fenêtres, supprimant le fichier `Deviation.txt` afin de libérer l'espace mémoire.

4.6 Fenêtre **Message**

Cette fenêtre affiche un message signalant à l'utilisateur que tous les coefficients de l'équation sont définis nuls par celui-ci, que celui-ci a interrompu la résolution du système, ou que le système n'a pas de solution unique.

4.7 Fenêtre **Erreur**

Cette fenêtre s'ouvre si l'utilisateur commet une erreur ou si le programme est dans l'impossibilité de coller les données dans l'une des fenêtres **Coefficients nuls connus** ou **Coordonnees**, de résoudre le système, ou de créer l'un des fichiers `Resultats.txt` ou `Deviation.txt`. Le message indique à l'utilisateur quelle est l'erreur survenue. Si celle-ci est commise par l'utilisateur et survient dans la fenêtre **Coefficients nuls connus** ou **Coordonnees**, le programme affiche en rouge les entrées concernées afin de permettre à l'utilisateur de les visualiser facilement.

5 Interprétation des résultats

Les différences entre le système réel et le système généré par le programme suite aux entrées de l'utilisateur sont source d'incertitude sur les résultats et peuvent parfois conduire à une absence de solution unique du système généré par le programme. Il revient au final à l'utilisateur d'interpréter correctement les résultats fournis par le programme^{***}.

5.1 Influence des grandeurs

L'indépendance de la grandeur k par rapport à une ou plusieurs grandeurs entrées par l'utilisateur et la dépendance de la grandeur k par rapport à une ou plusieurs grandeurs non entrées par l'utilisateur peuvent parfois conduire à une absence de solution unique du système généré par le programme. Celui-ci effectuant de plus une résolution polynomiale, il est préférable que l'utilisateur choisisse des grandeurs dont la grandeur $x(k)$ dépend effectivement de façon polynomiale, en traitant préalablement si nécessaire les grandeurs dont il dispose.

5.2 Influence des coefficients non nuls

La non nullité d'un coefficient défini comme nul par l'utilisateur induit une erreur d'autant plus importante que la moyenne, sur l'ensemble des points, des valeurs absolues des termes correspondant à ce coefficient est grande.

5.3 Influence des coordonnées

La précision des résultats est d'autant meilleure que l'est celle sur les coordonnées entrées par l'utilisateur.

5.4 Influence du degré de l'équation

La supériorité du degré réel de l'équation par rapport au degré entré par l'utilisateur conduit à l'équation de degré entré par l'utilisateur la plus proche de l'équation de degré réel.

6 Résolution mathématique

6.1 Détermination du degré maximal de l'équation

Chaque point entré par l'utilisateur dans la fenêtre **Coordonnees** définissant une équation du système généré par le programme, il est nécessaire de disposer d'au moins autant de points que l'équation comporte de coefficients $c(\sigma_i)$ inconnus afin de pouvoir résoudre ce système :

$$P \geq C - N.$$

Le programme calcule donc par récurrence la valeur maximale de D vérifiant cette condition :

$$\prod_{a=1}^{a=G-1} (D + a) \leq (P + N)(G - 1)!$$

6.2 Détermination des coefficients

Le programme utilise les points entrés par l'utilisateur dans la fenêtre **Coordonnees** pour générer une matrice M de $(C - N)$ colonnes et P lignes et un vecteur T d'une colonne et $(C - N)$ lignes. Chaque ligne de M correspond au point entré par l'utilisateur dans la même ligne de la fenêtre **Coordonnees** et chaque élément de cette ligne est un produit $\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq A}}^{j=G} x(j)^{\sigma_i[j]}$

correspondant à un terme $c(\sigma_i) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq A}}^{j=G} x(j)^{\sigma_i[j]}$ dont le coefficient $c(\sigma_i)$ n'a pas été défini comme

nul dans la fenêtre **Coefficients nuls connus**. Chaque ligne de T est le coefficient $c(\sigma_i)$ non défini comme nul dans la fenêtre **Coefficients nuls connus** et dont la combinaison σ_i qui le caractérise est la même que celle de la colonne de M de même indice. Si nous appelons B le vecteur d'une colonne et P lignes dont chaque élément est la valeur de $x(A)$ du point correspondant à la même ligne de M, le système généré par le programme peut alors s'écrire :

$$M * T = B.$$

Le principe de la régression multilinéaire consiste alors à s'assurer tout d'abord de passer de la matrice M à une matrice symétrique définie positive en multipliant chaque membre de l'équation par la matrice transposée ${}^T M$ de M :

$${}^T M * M * T = {}^T M * B.$$

Le produit de matrices ${}^T M * M$ ayant pour résultat une matrice symétrique définie positive de $(C - N)$ colonnes et $(C - N)$ lignes, le système possède une solution unique si ce produit de matrices est inversible, sinon ce système possède soit une infinité de solutions, soit aucune solution. Si la matrice $({}^T M * M)^{-1}$ existe, alors le vecteur T est égal à :

$$T = ({}^T M * M)^{-1} * {}^T M * B.$$

6.3 Détermination des déviations sur la grandeur exprimée

Le programme génère trois vecteurs, F, H, et I, d'une colonne et P lignes chacun et dont chaque ligne correspond au point entré par l'utilisateur dans la même ligne de la fenêtre **Coordonnées**. Le programme calcule ensuite chaque élément du vecteur F en effectuant l'opération :

$$F = M * T.$$

Le programme effectue ensuite la différence des vecteurs B et F et l'attribue au vecteur H :

$$H = B - F.$$

Le programme calcule enfin les rapports entre les éléments des vecteurs H et de B et les attribuent aux éléments du vecteur I :

$$I_i = \frac{H_i}{B_i}.$$

6.4 Détermination des écarts types sur les coefficients

Le programme génère un vecteur J d'une colonne et (C - N) lignes correspondant à l'écart type sur le vecteur T. Cet L'écart type J_i sur le coefficient $c(\sigma_i)$ est la racine carrée du rapport de l'élément diagonal K_{ii} de la matrice de variance-covariance K du vecteur T par la différence entre le nombre de points P et le nombre de coefficients indépendants à déterminer (C - N - 1) :

$$J_i = \sqrt{\frac{K_{ii}}{P - C + N + 1}}.$$

Or J est égale à l'espérance mathématique $E((L - T) * {}^T(L - T))$ du produit du vecteur obtenu par différence entre les vecteurs L et T et du vecteur transposé de ce vecteur, avec L le vecteur d'une colonne et (C - N) lignes vérifiant l'équation :

$$M * L = M * T + H.$$

Les vecteurs $L - T$ et ${}^T(L - T)$ peuvent donc être calculés :

$$\begin{cases} L - T = ({}^T M * M)^{-1} * {}^T M * H \\ {}^T(L - T) = {}^T H * M * ({}^T M * M)^{-1} \end{cases}$$

Le produit de la matrice transposée d'une matrice par cette matrice ayant pour résultat une matrice symétrique, la matrice inverse de ce produit de matrice est également symétrique, donc égale à sa matrice transposée. De plus l'espérance mathématique d'un produit et le produit des espérances mathématiques des multiplicandes de ce produit étant égaux, les espérances mathématiques de ces multiplicandes peuvent être factorisées :

$$K_{ii} = \left(E(H * {}^T H) * E\left(({}^T M * M)^{-1} \right) \right)_{ii}.$$

Le produit des vecteurs H et ${}^T H$ est un scalaire et les éléments des matrices ${}^T M$ et M sont considérés constants. L'espérance mathématique d'un scalaire est égale à la valeur de ce scalaire, par laquelle une matrice peut être factorisée, et l'espérance mathématique d'une matrice constante est égale à cette matrice. Le terme J_i est donc égal à :

$$J_i = \sqrt{\frac{{}^T H * H * \left(({}^T M * M)^{-1} \right)_{ii}}{(P - C + N + 1)}}.$$

7 Responsabilités

- * L'auteur du programme ne peut être tenu pour responsable d'éventuelles modifications par Sun Microsystems de son site Internet.
- ** L'auteur du programme ne peut être tenu pour responsable du mauvais fonctionnement de ce programme en cas de modification de celui-ci par l'utilisateur ou par une tierce personne.
- *** L'auteur du programme ne peut être tenu pour responsable d'une éventuelle mauvaise interprétation, par l'utilisateur ou par une tierce personne, des résultats fournis par ce programme.

8 Remerciements

L'auteur du programme tient à remercier :

Cédric Carteret, maître de conférences au LCPME, UHP Nancy 1, pour son aide concernant la résolution matricielle de systèmes d'équations par régression multilinéaire.

Nicolas Hiblot, doctorant au laboratoire de Méthodologie RMN, UHP Nancy 1, pour son aide concernant la programmation en langage Java.

Sébastien Leclerc, ingénieur de recherche au LEMTA, UHP Nancy 1, pour son aide concernant la programmation en langage Java.

Annexe 4 : Code du programme PolynomialEquation

Le fichier principal du programme PolynomialEquation est le fichier PolynomialEquation.java, placé à l'extérieur d'un dossier PE contenant les autres fichiers.

- Fichier PolynomialEquation.java

```
import PE.*;

public class PolynomialEquation {

    public static void main(String[] args) {
        new Class1();
    }

}
```

- Fichier Class1.java

```
package PE;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;

public class Class1 extends JFrame implements ActionListener {

    private static JTextField[] A;
    private static JLabel B;
    private static JTextField C;
    protected static JButton D;
    private static int[] E;

    public Class1() {
        super("Parametres");
        JPanel F = new JPanel();
        GridBagLayout G = new GridBagLayout();
        F.setLayout(G);
        GridBagConstraints H = new GridBagConstraints();
        JLabel[] I = new JLabel[6];
        I[0] = new JLabel(" Nombre de grandeurs ");
        I[1] = new JLabel(" Indice de la grandeur particuliere ");
        I[2] = new JLabel(" Nombre de coefficients nuls connus ");
        I[3] = new JLabel(" Nombre de points ");
        I[4] = new JLabel(" Degre maximal de l'equation ");
        I[5] = new JLabel(" Degre de l'equation ");
```

```

A = new JTextField[4];
for (int i=0;i<6;i++) {
    if (i < 4) {
        A[i] = new JTextField();
        Positionnement(H,1,i);
        H.fill = GridBagConstraints.BOTH;
        G.setConstraints(A[i],H);
        F.add(A[i]);
    }
    I[i].setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
    Positionnement(H,0,i);
    H.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    G.setConstraints(I[i],H);
    F.add(I[i]);
}
B = new JLabel();
B.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
Positionnement(H,1,4);
H.fill = GridBagConstraints.BOTH;
G.setConstraints(B,H);
F.add(B);
C = new JTextField();
Positionnement(H,1,5);
H.fill = GridBagConstraints.BOTH;
G.setConstraints(C,H);
F.add(C);
C.setEnabled(false);
D = new JButton("Valider");
D.setActionCommand("1");
D.setMnemonic(KeyEvent.VK_ENTER);
getRootPane().setDefaultButton(D);
Positionnement(H,0,6);
H.fill = GridBagConstraints.BOTH;
G.setConstraints(D,H);
D.addActionListener(this);
F.add(D);
JButton J = new JButton("Annuler");
J.setActionCommand("2");
Positionnement(H,1,6);
H.fill = GridBagConstraints.BOTH;
G.setConstraints(J,H);
J.addActionListener(this);
F.add(J);
    this.setContentPane(F);
this.pack();
this.setLocationRelativeTo(null);
    this.setVisible(true);
this.setDefaultCloseOperation(DISPOSE_ON_CLOSE);
}

```

```

private void Positionnement(GridBagConstraints K,int L,int M) {
    K.gridx = L;
    K.gridy = M;
}

private long Factorielle(int N) {
    long O = 1;
    if (N < 0) {
        O = 0;
    }
    if (N > 1) {
        for (long i=2;i<N+1;i++) {
            O = O*i;
        }
    }
    return O;
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent P) {
    if (P.getActionCommand().equals("1")) {
        try {
            E = new int[6];
            for (int i=0;i<4;i++) {
                E[i] = Integer.parseInt(A[i].getText());
            }
            if (E[0] < 2 || E[1] < 1 || E[1] > E[0] || E[2] < 0 || E[3] < E[0]-E[2]) {
                new Class8(1,null);
            }
            else {
                E[4] = 0;
                long Q = 1;
                while (Q <= E[2]+E[3]) {
                    E[4]++;
                    Q = Q*(E[4]+E[0]-1)/E[4];
                }
                E[4]--;
                B.setText(String.valueOf(E[4]--));
                E[4]++;
                C.setEnabled(true);
                D.setActionCommand("3");
            }
        }
        catch (Throwable R) {
            new Class8(1,R);
        }
    }
    if (P.getActionCommand().equals("2")) {
        this.dispose();
    }
}

```

```

if (P.getActionCommand().equals("3")) {
    try {
        int[] S = new int[5];
        S[4] = 0;
        for (int i=0;i<4;i++) {
            S[i] = Integer.parseInt(A[i].getText());
            if (S[i] == E[i]) {
                S[4]++;
            }
        }
        if (S[4] == 4) {
            int T = Integer.parseInt(C.getText());
            if (T < 1 || T > Integer.valueOf(B.getText())) {
                new Class8(1,null);
            }
            else {
                long U = 1;
                long V = 0;
                if (T > E[0]-1) {
                    for (int i=1;i<E[0];i++) {
                        U = U*(T+i);
                    }
                    V = U/Factorielle(E[0]-1);
                }
                else {
                    for (int i=0;i<T;i++) {
                        U = U*(E[0]+i);
                    }
                    V = U/Factorielle(T);
                }
                E[4] = T;
                E[5] = (int) V;
                if (E[2] == 0) {
                    new Class3(E,null);
                }
                if (E[2] > 0 & E[2] < E[5]) {
                    new Class2(E);
                }
                if (E[2] == E[5]) {
                    new Class7(E[2],E[5],true);
                }
            }
        }
        else {
            if (S[0] < 2 || S[1] < 1 || S[1] > S[0] || S[2] < 0 || S[3] < S[0]-S[2]) {
                new Class8(1,null);
            }
            else {
                S[4] = 0;
                long W = 1;
            }
        }
    }
}

```

```

        while (W <= S[2]+S[3]) {
            S[4]++;
            W = W*(S[4]+S[0]-1)/S[4];
        }
        S[4]--;
        B.setText(String.valueOf(S[4]));
        S[4]++;
        for (int i=0;i<4;i++) {
            E[i] = S[i];
        }
    }
}
}
}
catch (Throwable X) {
    new Class8(1,X);
}
}
}
}

```

- Fichier Class2.java

```

package PE;
import java.awt.*;
import java.awt.datatransfer.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;
import java.util.Scanner;

public class Class2 extends JFrame implements ActionListener {

    private static int[] A;
    private static JTextField[][] B;
    protected static JButton C;
    protected static JButton D;

    protected Class2(int[] a) {
        super("Coefficients nuls connus");
        A = a;
        JPanel E = new JPanel();
        GridBagLayout F = new GridBagLayout();
        E.setLayout(F);
        GridBagConstraints G = new GridBagConstraints();
        B = new JTextField[A[0]-1][A[2]];
        JLabel[] H = new JLabel[A[0]-1];
        for (int i=0;i<A[0]-1;i++) {
            if (i<A[1]-1) {
                H[i] = new JLabel(" Puissance de x("+(i+1)+") du monome ");
            }
        }
    }
}

```



```

    }
    else {
        H[i] = new JLabel(" Puissance de x("+(i+2)+") du monome ");
    }
    H[i].setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
    Positionnement(G,i,0);
    G.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    F.setConstraints(H[i],G);
    E.add(H[i]);
    for (int j=0;j<A[2];j++) {
        B[i][j] = new JTextField();
        Positionnement(G,i,j+1);
        G.fill = GridBagConstraints.BOTH;
        F.setConstraints(B[i][j],G);
        E.add(B[i][j]);
    }
}
final int I = A[2];
final int J = A[0]-1;

```

```

E.getInputMap().put(KeyStroke.getKeyStroke(KeyEvent.VK_V,InputEvent.CTRL_MASK),"
1");

```

```

E.getActionMap().put("1", new AbstractAction() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent K) {
        if (Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null) != null &&
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).isDataFlavorSupported(
DataFlavor.stringFlavor)) {
            try {
                Scanner L = new Scanner((String)
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).getTransferData(DataFla
vor.stringFlavor));
                for (int i=0;i<I;i++) {
                    for (int j=0;j<J;j++) {
                        B[j][i].replaceSelection(String.valueOf(L.nextInt()));
                    }
                }
                L.close();
            }
            catch (Throwable M) {
                new Class8(2,M);
            }
        }
    }
});
C = new JButton("Coller");
C.setActionCommand("2");
Positionnement(G,0,A[2]+1);
G.fill = GridBagConstraints.BOTH;
F.setConstraints(C,G);

```

```

C.addActionListener(this);
E.add(C);
D = new JButton("Valider");
D.setActionCommand("3");
D.setMnemonic(KeyEvent.VK_ENTER);
getRootPane().setDefaultButton(D);
Positionnement(G,0,A[2]+2);
G.fill = GridBagConstraints.BOTH;
F.setConstraints(D,G);
D.addActionListener(this);
E.add(D);
JButton N = new JButton("Annuler");
N.setActionCommand("4");
Positionnement(G,0,A[2]+3);
G.fill = GridBagConstraints.BOTH;
F.setConstraints(N,G);
N.addActionListener(this);
E.add(N);
JScrollPane O = new
JScrollPane(E,ScrollPaneConstants.VERTICAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED,ScrollPaneC
onstants.HORIZONTAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED);
O.setVerticalScrollBar().setValue(0);
O.setVerticalScrollBar().setBlockIncrement(A[2]);
O.setVerticalScrollBar().setUnitIncrement(A[2]);
O.setHorizontalScrollBar().setValue(0);
O.setHorizontalScrollBar().setBlockIncrement(A[0]);
O.setHorizontalScrollBar().setUnitIncrement(A[0]);
this.setContentPane(O);
this.pack();
if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {

this.setSize(this.getWidth(),(int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
}
if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)) {
this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),this.getH
eight());
}
if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right) &&
this.getHeight() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-

```

```

Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {
    this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),(int)(Tool
kit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    this.setLocation(((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)-
this.getWidth())/2,((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)-
this.getHeight())/2);
    this.setVisible(true);
    this.setDefaultCloseOperation(DISPOSE_ON_CLOSE);
}

private void Positionnement(GridBagConstraints P,int Q,int R) {
    P.gridx = Q;
    P.gridy = R;
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent S) {
    if(S.getActionCommand().equals("2")) {
        if (Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null) != null &&
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).isDataFlavorSupported(
DataFlavor.stringFlavor)) {
            try {
                Scanner T = new Scanner((String)
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).getTransferData(DataFla
vor.stringFlavor));
                for (int i=0;i<A[2];i++) {
                    for (int j=0;j<A[0]-1;j++) {
                        B[j][i].replaceSelection(String.valueOf(T.nextInt()));
                    }
                }
                T.close();
            }
            catch (Throwable U) {
                new Class8(2,U);
            }
        }
    }
    if (S.getActionCommand().equals("3")) {
        int V = 0;
        Throwable W = null;

```

```

int[][] X = new int[A[0]-1][A[2]];
for (int i=0;i<A[2];i++) {
    for (int j=0;j<A[0]-1;j++) {
        B[j][i].setBackground(new Color(255,255,255));
        try {
            X[j][i] = Integer.parseInt(B[j][i].getText());
        }
        catch (Throwable Y) {
            V = 1;
            W = Y;
            B[j][i].setBackground(new Color(255,0,0));
        }
    }
}
if (V == 1) {
    new Class8(1,W);
}
else {
    for (int i=0;i<A[2];i++) {
        int Z = 0;
        for (int j=0;j<A[0]-1;j++) {
            Z = Z+X[j][i];
            if (Z > A[4] || X[j][i] < 0) {
                V = 1;
                for (int k=0;k<A[0]-1;k++) {
                    B[k][i].setBackground(new Color(255,0,0));
                }
            }
        }
    }
}
if (V == 1) {
    new Class8(1,null);
}
else {
    for (int i=0;i<A[2];i++) {
        for (int j=0;j<i;j++) {
            int AA = 0;
            for (int k=0;k<A[0]-1;k++) {
                if (X[k][i] == X[k][j]) {
                    AA++;
                }
            }
            if (AA == A[0]-1) {
                V = 3;
                for (int k=0;k<A[0]-1;k++) {
                    B[k][i].setBackground(new Color(255,0,0));
                }
            }
        }
    }
}
}

```

```

        if (V == 3) {
            new Class8(3,null);
        }
        else {
            new Class3(A,X);
        }
    }
}
}
}
if (S.getActionCommand().equals("4")) {
    this.dispose();
}
}
}
}

```

- Fichier Class3.java

```

package PE;
import java.awt.*;
import java.awt.datatransfer.*;
import java.awt.event.*;
import java.math.BigDecimal;
import javax.swing.*;
import java.util.Scanner;

public class Class3 extends JFrame implements ActionListener {

    private static int[] A;
    private static int[][] B;
    private static JTextField[][] C;
    private static JButton D;
    private static JButton E;
    protected static JButton F;
    protected static JButton G;
    protected static JLabel H;
    protected static Class4 I;

    protected Class3(int[] a,int[][] b) {
        super("Coordonnees");
        A = a;
        B = b;
        JPanel J = new JPanel();
        GridBagLayout K = new GridBagLayout();
        J.setLayout(K);
        GridBagConstraints L = new GridBagConstraints();
        C = new JTextField[A[0]][A[3]];
        JLabel[] M = new JLabel[A[0]];
        for (int i=1;i<A[0]+1;i++) {

```

```

M[i-1] = new JLabel(" Valeur de x("+i+" )");
M[i-1].setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
Positionnement(L,i-1,0);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(M[i-1],L);
J.add(M[i-1]);
for (int j=0;j<A[3];j++) {
    C[i-1][j] = new JTextField();
    Positionnement(L,i-1,j+1);
    L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    K.setConstraints(C[i-1][j],L);
    J.add(C[i-1][j]);
}
}
final int N = A[3];
final int O = A[0];

J.getInputMap().put(KeyStroke.getKeyStroke(KeyEvent.VK_V,InputEvent.CTRL_MASK),"
1");
J.getActionMap().put("1", new AbstractAction() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent P) {
        if (Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null) != null &&
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).isDataFlavorSupported(
DataFlavor.stringFlavor)) {
            try {
                Scanner Q = new Scanner((String)
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).getTransferData(DataFla
vor.stringFlavor));
                for (int i=0;i<N;i++) {
                    for (int j=0;j<O;j++) {
                        C[j][i].replaceSelection(Q.nextBigDecimal().toString());
                    }
                }
                Q.close();
            }
            catch (Throwable R) {
                new Class8(2,R);
            }
        }
    }
});
D = new JButton("Coller");
D.setActionCommand("2");
Positionnement(L,0,A[3]+1);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(D,L);
D.addActionListener(this);
J.add(D);
E = new JButton("Valider");

```

```

E.setActionCommand("3");
E.setMnemonic(KeyEvent.VK_ENTER);
getRootPane().setDefaultButton(E);
Positionnement(L,1,A[3]+1);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(E,L);
E.addActionListener(this);
J.add(E);
F = new JButton("Arreter");
F.setActionCommand("4");
F.setEnabled(false);
Positionnement(L,0,A[3]+2);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(F,L);
F.addActionListener(this);
J.add(F);
G = new JButton("Annuler");
G.setActionCommand("5");
Positionnement(L,1,A[3]+2);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(G,L);
G.addActionListener(this);
J.add(G);
JLabel S = new JLabel("Resolution :");
S.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
Positionnement(L,0,A[3]+3);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(S,L);
J.add(S);
H = new JLabel("0 %");
H.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
Positionnement(L,1,A[3]+3);
L.fill = GridBagConstraints.BOTH;
K.setConstraints(H,L);
J.add(H);
JScrollPane T = new
JScrollPane(J,ScrollPaneConstants.VERTICAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED,ScrollPaneCo
nstants.HORIZONTAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED);
T.setVerticalScrollBar().setValue(0);
T.setVerticalScrollBar().setBlockIncrement(A[3]);
T.setVerticalScrollBar().setUnitIncrement(A[3]);
T.setHorizontalScrollBar().setValue(0);
T.setHorizontalScrollBar().setBlockIncrement(A[0]);
T.setHorizontalScrollBar().setUnitIncrement(A[0]);
this.setContentPane(T);
this.pack();
if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {

```

```

this.setSize(this.getWidth(),(int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)) {
        this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),this.getH
eight());
    }
    if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right) &&
this.getHeight() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {
        this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),(int)(Tool
kit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    this.setLocation(((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)-
this.getWidth())/2,((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)-
this.getHeight())/2);
    this.setVisible(true);
    this.setDefaultCloseOperation(DO_NOTHING_ON_CLOSE);
}

private void Positionnement(GridBagConstraints U,int V,int W) {
    U.gridx = V;
    U.gridy = W;
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent X) {
    if(X.getActionCommand().equals("2")) {
        if (Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null) != null &&
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).isDataFlavorSupported(
DataFlavor.stringFlavor)) {
            try {

```



```

        Scanner Y = new Scanner((String)
Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard().getContents(null).getTransferData(DataFlavor.stringFlavor));
        for (int i=0;i<A[3];i++) {
            for (int j=0;j<A[0];j++) {
                C[j][i].replaceSelection(Y.nextBigDecimal().toString());
            }
        }
        Y.close();
    }
    catch (Throwable Z) {
        new Class8(2,Z);
    }
}
}
if (X.getActionCommand().equals("3")) {
    int AA = 0;
    Throwable AB = null;
    Class9 AC = new Class9(A[0],A[3]);
    for (int i=0;i<A[3];i++) {
        for (int j=0;j<A[0];j++) {
            C[j][i].setBackground(new Color(255,255,255));
            try {
                AC.setElement(new BigDecimal(C[j][i].getText()),j,i);
            }
            catch (Throwable AD) {
                AA = 1;
                AB = AD;
                C[j][i].setBackground(new Color(255,0,0));
            }
        }
    }
}
if (AA == 1) {
    new Class8(1,AB);
}
else {
    for (int i=0;i<A[3];i++) {
        for (int j=0;j<i;j++) {
            int AE = 0;
            for (int k=0;k<A[0];k++) {
                if (AC.getElement(k,i).compareTo(AC.getElement(k,j)) == 0) {
                    AE++;
                }
            }
        }
        if (AE == A[0]) {
            AA = 3;
            for (int k=0;k<A[0];k++) {
                C[k][i].setBackground(new Color(255,0,0));
            }
        }
    }
}
}

```

```

    }
  }
  if (AA == 3) {
    new Class8(3,null);
  }
  else {
    try {
      int AF = (int) Math.pow(A[4]+1,A[0]-1);
      int[][] AG = new int[A[0]-1][AF];
      for (int i=0;i<A[0]-1;i++) {
        int AH = (int) Math.pow(A[4]+1,A[0]-2-i);
        int AI = -1;
        int AJ = 0;
        int AK = 0;
        for (int j=0;j<AF;j++) {
          AI++;
          if (AJ < AH) {
            AJ++;
          }
          else {
            AJ = 1;
            if (AI == (A[4]+1)*AH) {
              AI = 0;
              AK = 0;
            }
            else {
              AK = AK+1;
            }
          }
        }
        AG[i][j] = AK;
      }
    }
    Class1.D.setEnabled(false);
    if (A[2] != 0) {
      Class2.D.setEnabled(false);
      Class2.C.setEnabled(false);
    }
    E.setEnabled(false);
    D.setEnabled(false);
    G.setEnabled(false);
    F.setEnabled(true);
    I = new Class4(A,B,AC,AF,AG);
    I.execute();
  }
  catch(Throwable AL) {
    new Class8(4,AL);
  }
}
}
}

```

```

        if (X.getActionCommand().equals("4")) {
            I.cancel(true);
        }
        if (X.getActionCommand().equals("5")) {
            this.dispose();
        }
    }
}

```

- Fichier Class4.java

```

package PE;
import java.beans.*;
import javax.lang.model.type.NullType;
import java.math.*;
import javax.swing.SwingWorker;

public class Class4 extends SwingWorker<NullType,Integer> {

    private static int[] A;
    private static int[][] B;
    private static Class9 C;
    private static int D;
    private static int[][] E;
    private static final MathContext DECIMAL128 = new
    MathContext(34,RoundingMode.HALF_EVEN);

    protected Class4(int[] a,int[][] b,Class9 c,int d,int[][] e) {
        A = a;
        B = b;
        C = c;
        D = d;
        E = e;
        addPropertyChangeListener(new PropertyChangeListener() {
            @Override
            public void propertyChange(PropertyChangeEvent F) {
                if (Class3.I.isDone()) {
                    Class1.D.setEnabled(true);
                    Class3.G.setEnabled(true);
                    Class3.F.setEnabled(false);
                }
                Class3.H.setText(String.valueOf(getProgress())+" %");
            }
        });
    }

    @Override
    protected NullType doInBackground() {

```

```

if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
else {
    int[][] G = new int[A[0]-1][A[5]-A[2]];
    int H = -1;
    for (int i=0;i<D;i++) {
        if (this.isCancelled()) {
            i = D;
        }
        else {
            int I = 0;
            for (int j=0;j<A[0]-1;j++) {
                I = I+E[j][i];
            }
            if (I < A[4]+1) {
                int J = 0;
                if (A[2] != 0) {
                    for (int j=0;j<A[2];j++) {
                        int K = 0;
                        for (int k=0;k<A[0]-1;k++) {
                            if (E[k][i] == B[k][j]) {
                                K++;
                            }
                        }
                        if (K > J) {
                            J = K;
                        }
                    }
                }
                if (J != A[0]-1 || A[2] == 0) {
                    H++;
                    for (int j=0;j<A[0]-1;j++) {
                        G[j][H] = E[j][i];
                    }
                }
            }
        }
    }
}
if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
else {
    Class9 L = new Class9(A[5]-A[2],A[3]);
    for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
        for (int j=0;j<A[3];j++) {
            if (this.isCancelled()) {
                j = A[3];
                i = A[5]-A[2];
            }
        }
    }
}

```

```

else {
    L.setElement(new BigDecimal("1.0"),i,j);
    for (int k=0;k<A[0];k++) {
        if (k < A[1]-1) {
L.setElement(L.getElement(i,j).multiply(C.getElement(k,j).pow(G[k][i],DECIMAL128),DEC
IMAL128),i,j);
        }
        if (k > A[1]-1) {
            L.setElement(L.getElement(i,j).multiply(C.getElement(k,j).pow(G[k-
1][i],DECIMAL128),DECIMAL128),i,j);
        }
    }
    setProgress((int) (A[3]*i+j+1)*100/(3*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1)));
    publish(getProgress());
}
}
}
if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
else {
    Class9 M = new Class9(A[5]-A[2],A[5]-A[2]);
    for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
        for (int j=0;j<A[5]-A[2];j++) {
            if (this.isCancelled()) {
                j = A[5]-A[2];
                i = A[5]-A[2];
            }
            else {
                for (int k=0;k<A[3];k++) {
M.setElement(M.getElement(i,j).add(L.getElement(j,k).multiply(L.getElement(i,k),DECIMA
L128)),i,j);
                }
                setProgress((int) ((A[5]-A[2])*(A[3]+i)+j+1)*100/(3*(A[5]-
A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1)));
                publish(getProgress());
            }
        }
    }
}
if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
else {
    Class9 N = new Class9(A[5]-A[2],A[5]-A[2]);
    for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
        for (int j=i;j<A[5]-A[2];j++) {
            if (this.isCancelled()) {
                j = A[5]-A[2];

```

```

        i = A[5]-A[2];
    }
    else {
        BigDecimal O = new BigDecimal("0.0");
        BigDecimal P = new BigDecimal("0.0");
        for (int k=0;k<i;k++) {
            O =
O.add(N.getElement(k,i).multiply(N.getElement(k,j),DECIMAL128));
            P = P.add(N.getElement(k,i).pow(2,DECIMAL128));
        }
        O = M.getElement(i,j).subtract(O);
        P = M.getElement(i,i).subtract(P);
        if (P.signum() == 1) {
            if (j == i) {
                N.setElement(new
BigDecimal(String.valueOf(Math.sqrt(P.doubleValue()))),i,j);
            }
            else {
                N.setElement(O.divide(new
BigDecimal(String.valueOf(Math.sqrt(P.doubleValue()))),DECIMAL128),i,j);
            }
        }
    }
    else {
        A[2]++;
        if (A[2] != A[5]) {
            int[][] Q = new int[A[0]-1][A[2]];
            int[][] R = new int[A[0]-1][A[5]-A[2]];
            for (int k=0;k<A[0]-1;k++) {
                for (int l=0;l<A[2]-1;l++) {
                    Q[k][l] = B[k][l];
                }
                Q[k][A[2]-1] = G[k][i];
                for (int l=0;l<i;l++) {
                    R[k][l] = G[k][l];
                }
                for (int l=i;l<A[5]-A[2];l++) {
                    R[k][l] = G[k][l+1];
                }
            }
        }
        B = Q;
        G = R;
        Class9 S = new Class9(A[5]-A[2],A[3]);
        for (int k=0;k<A[3];k++) {
            for (int l=0;l<i;l++) {
                S.setElement(L.getElement(l,k),l,k);
            }
            for (int l=i;l<A[5]-A[2];l++) {
                S.setElement(L.getElement(l+1,k),l,k);
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    L = S;
    Class9 T = new Class9(A[5]-A[2],A[5]-A[2]);
    Class9 U = new Class9(A[5]-A[2],A[5]-A[2]);
    for (int k=0;k<i;k++) {
        for (int l=0;l<k;l++) {
            T.setElement(M.getElement(k,l),k,l);
        }
        for (int l=k;l<i;l++) {
            T.setElement(M.getElement(k,l),k,l);
            U.setElement(N.getElement(k,l),k,l);
        }
        for (int l=i;l<A[5]-A[2];l++) {
            T.setElement(M.getElement(k,l+1),k,l);
            U.setElement(N.getElement(k,l+1),k,l);
        }
    }
    for (int k=i;k<A[5]-A[2];k++) {
        for (int l=0;l<i;l++) {
            T.setElement(M.getElement(k+1,l),k,l);
        }
        for (int l=i;l<A[5]-A[2];l++) {
            T.setElement(M.getElement(k+1,l+1),k,l);
        }
    }
    }
    M = T;
    N = U;
    j = A[5]-A[2];
    i--;
    }
    }
    setProgress((int) ((2*((A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+i)+j+1))-
i*(i+1))*100/(6*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1)));
    publish(getProgress());
    }
    }
    }
    if (A[2] == A[5]) {
        new Class7(A[2],A[5],false);
    }
    else {
        if (this.isCancelled()) {
            new Class7(A[2],A[5],true);
        }
        else {
            Class9 V = new Class9(A[5]-A[2],A[5]-A[2]);
            Class9 W = new Class9(1,A[5]-A[2]);
            for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
                for (int j=i;j<A[5]-A[2];j++) {

```

```

        if (this.isCancelled()) {
            j = A[5]-A[2];
            i = A[5]-A[2];
        }
        else {
            if (j == i) {
                V.setElement(new
BigDecimal("1.0").divide(N.getElement(j,i),DECIMAL128),j,i);
            }
            else {
                for (int k=i;k<j;k++) {

V.setElement(V.getElement(j,i).subtract(V.getElement(k,i).multiply(N.getElement(k,j),DECI
MAL128)),j,i);

                }

V.setElement(V.getElement(j,i).divide(N.getElement(j,j),DECIMAL128),j,i);
            }
            setProgress((int) ((A[5]-A[2])*(2*(A[3]+i)+3*(A[5]-
A[2])+1)+i*(2*A[3]-i-1)+2*(j+1))*100/(6*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1)));
            publish(getProgress());
        }
    }
    for (int j=0;j<A[3];j++) {
        if (this.isCancelled()) {
            j = A[3];
            i = A[5]-A[2];
        }
        else {
            W.setElement(W.getElement(0,i).add(C.getElement(A[1]-
1,j).multiply(L.getElement(i,j),DECIMAL128)),0,i);
            setProgress((int) ((A[5]-A[2])*(2*(A[3]+i)+3*(A[5]-
A[2])+1)+i*(2*A[3]-i-1)+2*(j+1))*100/(6*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1)));
            publish(getProgress());
        }
    }
}
if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
else {
    Class9 X = new Class9(1,A[5]-A[2]);
    for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
        for (int j=0;j<i+1;j++) {
            if (this.isCancelled()) {
                j = i+1;
                i = A[5]-A[2];
            }
            else {

```



```
X.setElement(X.getElement(0,i).add(V.getElement(i,j).multiply(W.getElement(0,j),DECIMAL128)),0,i);
```

```
        setProgress((int) (2*((A[5]-A[2])*(2*(A[3]+A[5]-A[2])+1)+j+1)+i*(i+1))*100/(6*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1))));
        publish(getProgress());
    }
}
```

```
    }
}
if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
```

```
else {
    Class9 Y = new Class9(1,A[5]-A[2]);
    for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
        for (int j=i;j<A[5]-A[2];j++) {
            if (this.isCancelled()) {
                j = A[5]-A[2];
                i = A[5]-A[2];
            }
            else {
```

```
Y.setElement(Y.getElement(0,i).add(V.getElement(j,i).multiply(X.getElement(0,j),DECIMAL128)),0,i);
```

```
        setProgress((int) ((A[5]-A[2])*(4*A[3]+5*(A[5]-A[2])+3+2*i)-i*(i+1)+2*(j+1))*100/(6*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1))));
        publish(getProgress());
    }
}
```

```
    }
}
if (this.isCancelled()) {
    new Class7(A[2],A[5],true);
}
```

```
else {
    Class9 Z = new Class9(1,A[3]);
    Class9 AA = new Class9(A[5]-A[2],A[3]);
    Class9 AB = new Class9(1,A[3]);
    Class9 AC = new Class9(1,A[3]);
    String[] AD = new String[A[3]];
    BigDecimal AE = new BigDecimal("0.0");
    for (int i=0;i<A[3];i++) {
        if (this.isCancelled()) {
            i = A[3];
        }
        else {
            for (int j=0;j<A[5]-A[2];j++) {
```

```
Z.setElement(Z.getElement(0,i).add(L.getElement(j,i).multiply(Y.getElement(0,j),DECIMAL128)),0,i);
```

```

AA.setElement((Y.getElement(0,j).multiply(L.getElement(j,i),DECIMAL128)).abs(),j,i);

AB.setElement(AB.getElement(0,i).add(AA.getElement(j,i),0,i);
    setProgress((int) ((A[5]-A[2])*(2*(A[3]+1)+3*(A[5]-
A[2])+i)+j+1)*100/(3*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1))));
    publish(getProgress());
    }
    AC.setElement(C.getElement(A[1]-
1,i).subtract(Z.getElement(0,i),0,i);
    if (C.getElement(A[1]-1,i).signum() == 0) {
        AD[i] = "Indefinie";
    }
    else {
        AD[i] =
String.valueOf(AC.getElement(0,i).divide(C.getElement(A[1]-1,i),DECIMAL128));
    }
    AE = AE.add(AC.getElement(0,i).pow(2,DECIMAL128));
    }
    }
    if (this.isCancelled()) {
        new Class7(A[2],A[5],true);
    }
    else {
        String[] AF = new String[A[5]-A[2]];
        for (int i=0;i<A[5]-A[2];i++) {
            if (this.isCancelled()) {
                i = A[5]-A[2];
            }
            else {
                AF[i] =
String.valueOf(Math.sqrt(AE.multiply(V.getElement(i,i),DECIMAL128).pow(2,DECIMAL1
28).divide(new BigDecimal(String.valueOf(A[3]-
A[5]+A[2]+1)),DECIMAL128).doubleValue()));
                setProgress((int) ((A[5]-A[2])*(3*(A[3]+A[5]-
A[2])+2)+i+1)*100/(3*(A[5]-A[2])*(A[3]+A[5]-A[2]+1))));
                publish(getProgress());
            }
        }
    }
    if (this.isCancelled()) {
        new Class7(A[2],A[5],true);
    }
    else {
        new Class5(A[0],A[1],A[2],A[5],B,G,Y,AF);
        new Class6(A[1],A[3],C,Z,AC,AD);
    }
    }
    }
    }
    }
    }

```

```

    }
    }
    }
    }
    }
    }
    return null;
}
}
}

```

- Fichier Class5.java

```

package PE;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.io.*;
import javax.swing.*;

public class Class5 extends JFrame implements ActionListener {

    private static int A;
    private static int B;
    private static int C;
    private static int D;
    private static int[][] E;
    private static int[][] F;
    private static Class9 G;
    private static String[] H;

    protected Class5(int a,int b,int c,int d,int[][] e,int[][] f,Class9 g,String[] h) {
        super("Resultats");
        A = a;
        B = b;
        C = c;
        D = d;
        E = e;
        F = f;
        G = g;
        H = h;
        JPanel I = new JPanel();
        GridBagLayout J = new GridBagLayout();
        I.setLayout(J);
        GridBagConstraints K = new GridBagConstraints();
        JLabel[][] L = new JLabel[A+1][D+1];
        L[A-1][0] = new JLabel(" Valeur du coefficient");
        L[A][0] = new JLabel(" Ecart type sur le coefficient");
        for (int i=0;i<D+1;i++) {
            if (i > 0 && i < D-C+1) {

```

```

    L[A-1][i] = new JLabel(" "+G.getElement(0,i-1).toString());
    L[A][i] = new JLabel(" "+H[i-1]);
}
if (i > D-C) {
    L[A-1][i] = new JLabel(" 0");
    L[A][i] = new JLabel(" 0");
}
for (int j=0;j<A+1;j++) {
    if (j < A-1) {
        if (i == 0) {
            if (j < B-1) {
                L[j][i] = new JLabel(" Puissance de x("+(j+1)+") du monome");
            }
            else {
                L[j][i] = new JLabel(" Puissance de x("+(j+2)+") du monome");
            }
        }
        if (i > 0 && i < D-C+1) {
            L[j][i] = new JLabel(String.valueOf(F[j][i-1]));
        }
        if (i > D-C) {
            L[j][i] = new JLabel(String.valueOf(E[j][i-D+C-1]));
        }
    }
    L[j][i].setHorizontalAlignment(SwingConstants.RIGHT);
    Positionnement(K,j,i);
    K.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    J.setConstraints(L[j][i],K);
    I.add(L[j][i]);
}
}
JButton M = new JButton("Fermer");
Positionnement(K,A,D+1);
K.fill = GridBagConstraints.BOTH;
J.setConstraints(M,K);
M.setActionCommand("1");
M.addActionListener(this);
I.add(M);
JScrollPane N = new
JScrollPane(I,ScrollPaneConstants.VERTICAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED,ScrollPaneCo
nstants.HORIZONTAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED);
N.getVerticalScrollBar().setValue(0);
N.getVerticalScrollBar().setBlockIncrement(D);
N.getVerticalScrollBar().setUnitIncrement(D);
N.getHorizontalScrollBar().setValue(0);
N.getHorizontalScrollBar().setBlockIncrement(A);
N.getHorizontalScrollBar().setUnitIncrement(A);
this.setContentPane(N);
this.pack();

```

```

        if (this.getHeight() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {

this.setSize(this.getWidth(),(int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)) {
        this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),this.getH
eight());
    }
    if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right) &&
this.getHeight() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {
        this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),(int)(Tool
kit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    this.setLocation(((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)-
this.getWidth())/2,((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)-
this.getHeight())/2);
    this.setVisible(true);
    this.setDefaultCloseOperation(DISPOSE_ON_CLOSE);
    try {
        File O = new File("Resultats.txt");
        BufferedWriter P = new BufferedWriter(new FileWriter(O));
        int[] Q = new int[A+1];
        for (int i=0;i<A+1;i++) {
            Q[i] = L[i][0].getText().length();
            for (int j=0;j<D+1;j++) {
                if (L[i][j].getText().length() > Q[i]) {
                    Q[i] = L[i][j].getText().length();
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        for (int i=0;i<D+1;i++) {
            for (int j=0;j<A+1;j++) {
                String R = new String(" ");
                for (int k=0;k<Q[j]-L[j][i].getText().length();k++) {
                    P.write(R);
                }
                P.write(L[j][i].getText());
            }
            P.newLine();
        }
        P.close();
        O.deleteOnExit();
    }
    catch (Throwable S) {
        new Class8(5,S);
    }
}

private void Positionnement(GridBagConstraints T,int U,int V) {
    T.gridx = U;
    T.gridy = V;
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent W) {
    if (W.getActionCommand().equals("1")) {
        this.dispose();
    }
}
}
}

```

- Fichier Class6.java

```

package PE;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.io.*;
import javax.swing.*;

public class Class6 extends JFrame implements ActionListener {

    private static int A;
    private static int B;
    private static Class9 C;
    private static Class9 D;
    private static Class9 E;
    private static String[] F;

```

```

protected Class6(int a,int b,Class9 c,Class9 d,Class9 e,String[] f) {
    super("Deviation");
    A = a;
    B = b;
    C = c;
    D = d;
    E = e;
    F = f;
    JPanel G = new JPanel();
    GridBagLayout H = new GridBagLayout();
    G.setLayout(H);
    GridBagConstraints I = new GridBagConstraints();
    JLabel[][] J = new JLabel[4][B+1];
    J[0][0] = new JLabel(" x("+A+") entree");
    J[1][0] = new JLabel(" x("+A+") calculee");
    J[2][0] = new JLabel(" Deviation absolue sur x("+A+)");
    J[3][0] = new JLabel(" Deviation relative sur x("+A+)");
    for (int i=0;i<B+1;i++) {
        if (i > 0) {
            J[0][i] = new JLabel(" "+C.getElement(A-1,i-1).toString());
            J[1][i] = new JLabel(" "+D.getElement(0,i-1).toString());
            J[2][i] = new JLabel(" "+E.getElement(0,i-1).toString());
            J[3][i] = new JLabel(" "+F[i-1]);
        }
        for (int j=0;j<4;j++) {
            J[j][i].setHorizontalAlignment(SwingConstants.RIGHT);
            Positionnement(I,j,i);
            I.fill = GridBagConstraints.BOTH;
            H.setConstraints(J[j][i],I);
            G.add(J[j][i]);
        }
    }
    JButton K = new JButton("Fermer");
    Positionnement(I,3,B+1);
    I.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    H.setConstraints(K,I);
    K.setActionCommand("1");
    K.addActionListener(this);
    G.add(K);
    JScrollPane L = new
JScrollPane(G,ScrollPaneConstants.VERTICAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED,ScrollPaneC
onstants.HORIZONTAL_SCROLLBAR_AS_NEEDED);
    L.setVerticalScrollBar().setValue(0);
    L.setVerticalScrollBar().setBlockIncrement(B);
    L.setVerticalScrollBar().setUnitIncrement(B);
    L.setHorizontalScrollBar().setValue(0);
    L.setHorizontalScrollBar().setBlockIncrement(3);
    L.setHorizontalScrollBar().setUnitIncrement(3);
    this.setContentPane(L);
    this.pack();
}

```

```

        if (this.getHeight() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {

this.setSize(this.getWidth(),(int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)) {
        this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),this.getH
eight());
    }
    if (this.getWidth() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right) &&
this.getHeight() > (int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)) {
        this.setSize((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right),(int)(Tool
kit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom));
    }
    this.setLocation(((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).left-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).right)-
this.getWidth())/2,((int)(Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight()-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).top-
Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenInsets(this.getGraphicsConfiguration()).bottom)-
this.getHeight())/2);
    this.setVisible(true);
    this.setDefaultCloseOperation(DISPOSE_ON_CLOSE);
    try {
        File M = new File("Deviation.txt");
        BufferedWriter N = new BufferedWriter(new FileWriter(M));
        int[] O = new int[4];
        for (int i=0;i<4;i++) {
            O[i] = J[i][0].getText().length();
            for (int j=0;j<B+1;j++) {
                if (J[i][j].getText().length() > O[i]) {
                    O[i] = J[i][j].getText().length();
                }
            }
        }
    }
}

```



```

        for (int i=0;i<B+1;i++) {
            for (int j=0;j<4;j++) {
                String P = new String(" ");
                for (int k=0;k<O[j]-J[j][i].getText().length();k++) {
                    N.write(P);
                }
                N.write(J[j][i].getText());
            }
            N.newLine();
        }
        N.close();
        M.deleteOnExit();
    }
    catch (Throwable Q) {
        new Class8(6,Q);
    }
}

private void Positionnement(GridBagConstraints R,int S,int T) {
    R.gridx = S;
    R.gridy = T;
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent U) {
    if (U.getActionCommand().equals("1")) {
        this.dispose();
    }
}
}
}

```

- Fichier Class7.java

```

package PE;
import java.awt.event.*;
import java.awt.GridLayout;
import javax.swing.*;

public class Class7 extends JFrame implements ActionListener {

    private static int A;
    private static int B;
    private static boolean C;

    protected Class7(int a,int b,boolean c) {
        super("Message");
        A = a;
        B = b;
    }
}

```

```

C = c;
JPanel D = new JPanel();
GridLayout E = new GridLayout(2,1);
D.setLayout(E);
JLabel F = new JLabel();
if (A == B) {
    if (C) {
        F = new JLabel("Coefficients definis tous nuls");
    }
    else {
        F = new JLabel("Système sans solution unique");
    }
}
else {
    F = new JLabel("Resolution interrompue par l'utilisateur");
}
D.add(F);
F.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
JButton G = new JButton("Fermer");
G.setActionCommand("1");
G.setMnemonic(KeyEvent.VK_ENTER);
getRootPane().setDefaultButton(G);
G.addActionListener(this);
D.add(G);
this.setContentPane(D);
this.pack();
this.setLocationRelativeTo(null);
this.setVisible(true);
this.setDefaultCloseOperation(DISPOSE_ON_CLOSE);
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent H) {
    if (H.getActionCommand().equals("1")) {
        this.dispose();
    }
}
}
}

```

- Fichier Class8.java

```

package PE;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;

public class Class8 extends JFrame implements ActionListener {

```

```

private static int A;
private static Throwable B;

protected Class8(int a,Throwable b) {
    super("Erreur");
    A = a;
    B = b;
    JPanel C = new JPanel();
        GridBagLayout D = new GridBagLayout();
        C.setLayout(D);
    GridBagConstraints E = new GridBagConstraints();
    JLabel F = new JLabel();
    if (A == 1) {
        F = new JLabel("Parametre non valable");
    }
    if (A == 2) {
        F = new JLabel("Collage impossible");
    }
    if (A == 3) {
        F = new JLabel("Entree deja enregistree");
    }
    if (A == 4) {
        F = new JLabel("Impossibilite de resoudre le systeme");
    }
    if (A == 5) {
        F = new JLabel("Impossibilite de creer le fichier Resultats");
    }
    if (A == 6) {
        F = new JLabel("Impossibilite de creer le fichier Deviation");
    }
    F.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
    Positionnement(E,0,0);
    E.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    D.setConstraints(F,E);
    C.add(F);
    JButton G = new JButton("Fermer");
    G.setActionCommand("1");
    G.setMnemonic(KeyEvent.VK_ENTER);
    getRootPane().setDefaultButton(G);
    if (B == null || B.getMessage() == null) {
        Positionnement(E,0,1);
    }
    else {
        JLabel H = new JLabel(B.getMessage());
        H.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
        Positionnement(E,0,1);
        E.fill = GridBagConstraints.BOTH;
        D.setConstraints(H,E);
        C.add(H);
        Positionnement(E,0,2);
    }
}

```

```

    }
    E.fill = GridBagConstraints.BOTH;
    D.setConstraints(G,E);
    G.addActionListener(this);
    C.add(G);
    this.setContentPane(C);
    this.pack();
    this.setLocationRelativeTo(null);
    this.setVisible(true);
    this.setDefaultCloseOperation(DISPOSE_ON_CLOSE);
}

private void Positionnement(GridBagConstraints I,int J,int K) {
    I.gridx = J;
    I.gridy = K;
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent L) {
    if (L.getActionCommand().equals("1")) {
        this.dispose();
    }
}
}
}

```

- Fichier Class9.java

```

package PE;
import java.math.BigDecimal;

public class Class9 {

    private static int A;
    private static int B;
    private BigDecimal[][] C;

    protected Class9(int a,int b) {
        A = a;
        B = b;
        this.C = new BigDecimal[A][B];
        for (int i=0;i<A;i++) {
            for (int j=0;j<B;j++) {
                this.C[i][j] = new BigDecimal("0.0");
            }
        }
    }
}

```

```
protected void setElement(BigDecimal D,int E,int F) {  
    this.C[E][F] = new BigDecimal(D.toString());  
}  
  
protected BigDecimal getElement(int G,int H) {  
    return new BigDecimal(this.C[G][H].toString());  
}  
}
```

Annexe 5 : Modélisation de la masse volumique d'une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température, de la pression, et de la molalité en NaCl

T (K)	P (bars)	m_{NaCl} (mol kg ⁻¹)	ρ (kg L ⁻¹)	ρ calculee (kg L ⁻¹)	Deviation absolue sur ρ (kg L ⁻¹)	Deviation relative sur ρ
273,15	1	0,1	1,00429	1,00549	-0,00120471	-0,00119956
283,15	1	0,1	1,00402	1,00378	0,00024131	0,00024034
293,15	1	0,1	1,00239	1,00152	0,00087045	0,00086837
298,15	1	0,1	1,00117	1,00019	0,00098369	0,00098254
303,15	1	0,1	0,99972	0,99872	0,00100272	0,00100300
313,15	1	0,1	0,99622	0,99537	0,00084811	0,00085132
323,15	1	0,1	0,99200	0,99148	0,00051662	0,00052079
333,15	1	0,1	0,98715	0,98705	0,00009826	0,00009954
343,15	1	0,1	0,98171	0,98208	-0,00036698	-0,00037382
353,15	1	0,1	0,97575	0,97656	-0,00080909	-0,00082920
363,15	1	0,1	0,96930	0,97050	-0,00119808	-0,00123603
373,15	1	0,1	0,96237	0,96389	-0,00152395	-0,00158354
383,15	1,4	0,1	0,95501	0,95676	-0,00175412	-0,00183676
393,15	2	0,1	0,94723	0,94910	-0,00187175	-0,00197602
403,15	2,7	0,1	0,93901	0,94090	-0,00189398	-0,00201699
413,15	3,6	0,1	0,93039	0,93218	-0,00178752	-0,00192126
423,15	4,8	0,1	0,92134	0,92293	-0,00159063	-0,00172643
433,15	6,2	0,1	0,91188	0,91316	-0,00128209	-0,00140599
443,15	7,9	0,1	0,90198	0,90288	-0,00090215	-0,00100018
453,15	10	0,1	0,89165	0,89210	-0,00045338	-0,00050848
463,15	12,5	0,1	0,88086	0,88083	0,00002594	0,00002945
473,15	15,5	0,1	0,86958	0,86909	0,00048891	0,00056224
483,15	19,1	0,1	0,85780	0,85689	0,00090527	0,00105534
493,15	23,2	0,1	0,84548	0,84425	0,00122875	0,00145332
503,15	28	0,1	0,83258	0,83119	0,00138581	0,00166448
513,15	33,4	0,1	0,81905	0,81773	0,00131677	0,00160768
523,15	39,7	0,1	0,80482	0,80392	0,00089971	0,00111790
533,15	46,9	0,1	0,78984	0,78978	0,00005737	0,00007263
543,15	55	0,1	0,77401	0,77535	-0,00133922	-0,00173024
553,15	64,1	0,1	0,75721	0,76066	-0,00345385	-0,00456128
563,15	74,4	0,1	0,73932	0,74579	-0,00646909	-0,00875005
573,15	85,8	0,1	0,72015	0,73075	-0,01060087	-0,01472037
273,15	200	0,1	1,01409	1,01583	-0,00173998	-0,00171581
283,15	200	0,1	1,01323	1,01353	-0,00030079	-0,00029686
293,15	200	0,1	1,01123	1,01077	0,00045741	0,00045233
298,15	200	0,1	1,00988	1,00922	0,00065863	0,00065219
303,15	200	0,1	1,00834	1,00756	0,00078461	0,00077812
313,15	200	0,1	1,00471	1,00388	0,00083082	0,00082693
323,15	200	0,1	1,00045	0,99974	0,00070605	0,00070573
333,15	200	0,1	0,99561	0,99515	0,00046027	0,00046230
343,15	200	0,1	0,99025	0,99010	0,00015351	0,00015502
353,15	200	0,1	0,98441	0,98458	-0,00017425	-0,00017700
363,15	200	0,1	0,97813	0,97861	-0,00048299	-0,00049379

373,15	200	0,1	0,97142	0,97218	-0,00076273	-0,00078517
383,15	200	0,1	0,96430	0,96529	-0,00099347	-0,00103025
393,15	200	0,1	0,95679	0,95795	-0,00115519	-0,00120736
403,15	200	0,1	0,94889	0,95014	-0,00124791	-0,00131512
413,15	200	0,1	0,94062	0,94187	-0,00125162	-0,00133063
423,15	200	0,1	0,93197	0,93315	-0,00117632	-0,00126218
433,15	200	0,1	0,92294	0,92396	-0,00102201	-0,00110734
443,15	200	0,1	0,91352	0,91432	-0,00079870	-0,00087431
453,15	200	0,1	0,90370	0,90422	-0,00051637	-0,00057140
463,15	200	0,1	0,89347	0,89366	-0,00018504	-0,00020711
473,15	200	0,1	0,88281	0,88263	0,00017529	0,00019856
483,15	200	0,1	0,87168	0,87116	0,00052464	0,00060187
493,15	200	0,1	0,86006	0,85922	0,00084299	0,00098016
503,15	200	0,1	0,84791	0,84682	0,00109036	0,00128593
513,15	200	0,1	0,83518	0,83396	0,00121673	0,00145684
523,15	200	0,1	0,82182	0,82065	0,00117210	0,00142623
533,15	200	0,1	0,80774	0,80687	0,00086649	0,00107273
543,15	200	0,1	0,79286	0,79264	0,00021988	0,00027732
553,15	200	0,1	0,77706	0,77795	-0,00088772	-0,00114241
563,15	200	0,1	0,76020	0,76280	-0,00259631	-0,00341530
573,15	200	0,1	0,74208	0,74719	-0,00510590	-0,00688052
273,15	400	0,1	1,02350	1,02565	-0,00214832	-0,00209899
283,15	400	0,1	1,02210	1,02286	-0,00076258	-0,00074609
293,15	400	0,1	1,01976	1,01969	0,00007180	0,00007041
298,15	400	0,1	1,01829	1,01796	0,00033472	0,00032871
303,15	400	0,1	1,01665	1,01613	0,00052480	0,00051621
313,15	400	0,1	1,01290	1,01217	0,00072644	0,00071719
323,15	400	0,1	1,00857	1,00783	0,00073672	0,00073046
333,15	400	0,1	1,00374	1,00310	0,00063562	0,00063325
343,15	400	0,1	0,99843	0,99799	0,00044316	0,00044386
353,15	400	0,1	0,99270	0,99248	0,00021933	0,00022094
363,15	400	0,1	0,98655	0,98659	-0,00003586	-0,00003635
373,15	400	0,1	0,98002	0,98030	-0,00028243	-0,00028818
383,15	400	0,1	0,97311	0,97363	-0,00052035	-0,00053473
393,15	400	0,1	0,96586	0,96657	-0,00070965	-0,00073473
403,15	400	0,1	0,95826	0,95912	-0,00086031	-0,00089779
413,15	400	0,1	0,95032	0,95128	-0,00096234	-0,00101265
423,15	400	0,1	0,94206	0,94306	-0,00099574	-0,00105698
433,15	400	0,1	0,93346	0,93444	-0,00098050	-0,00105040
443,15	400	0,1	0,92452	0,92544	-0,00091663	-0,00099147
453,15	400	0,1	0,91525	0,91604	-0,00079413	-0,00086766
463,15	400	0,1	0,90563	0,90626	-0,00063299	-0,00069895
473,15	400	0,1	0,89566	0,89609	-0,00043323	-0,00048369
483,15	400	0,1	0,88531	0,88553	-0,00022482	-0,00025395
493,15	400	0,1	0,87457	0,87459	-0,00001779	-0,00002034
503,15	400	0,1	0,86341	0,86325	0,00015788	0,00018286
513,15	400	0,1	0,85182	0,85153	0,00029218	0,00034301
523,15	400	0,1	0,83976	0,83941	0,00034512	0,00041097
533,15	400	0,1	0,82719	0,82691	0,00027668	0,00033449
543,15	400	0,1	0,81407	0,81402	0,00004688	0,00005759
553,15	400	0,1	0,80036	0,80074	-0,00038428	-0,00048014
563,15	400	0,1	0,78598	0,78708	-0,00109682	-0,00139547

573,15	400	0,1	0,77087	0,77302	-0,00215072	-0,00278998
273,15	600	0,1	1,03250	1,03490	-0,00239636	-0,00232093
283,15	600	0,1	1,03062	1,03172	-0,00110387	-0,00107107
293,15	600	0,1	1,02796	1,02822	-0,00025892	-0,00025188
298,15	600	0,1	1,02638	1,02634	0,00003823	0,00003724
303,15	600	0,1	1,02465	1,02438	0,00026849	0,00026203
313,15	600	0,1	1,02077	1,02021	0,00055835	0,00054699
323,15	600	0,1	1,01638	1,01571	0,00067067	0,00065987
333,15	600	0,1	1,01154	1,01087	0,00066545	0,00065786
343,15	600	0,1	1,00627	1,00571	0,00056269	0,00055919
353,15	600	0,1	1,00061	1,00021	0,00040239	0,00040214
363,15	600	0,1	0,99458	0,99438	0,00020454	0,00020566
373,15	600	0,1	0,98819	0,98821	-0,00002085	-0,00002110
383,15	600	0,1	0,98147	0,98171	-0,00024378	-0,00024838
393,15	600	0,1	0,97443	0,97488	-0,00045425	-0,00046617
403,15	600	0,1	0,96708	0,96772	-0,00064226	-0,00066413
413,15	600	0,1	0,95942	0,96023	-0,00080782	-0,00084199
423,15	600	0,1	0,95147	0,95240	-0,00093092	-0,00097840
433,15	600	0,1	0,94323	0,94424	-0,00101156	-0,00107244
443,15	600	0,1	0,93470	0,93575	-0,00104974	-0,00112308
453,15	600	0,1	0,92587	0,92693	-0,00105547	-0,00113997
463,15	600	0,1	0,91675	0,91777	-0,00101873	-0,00111124
473,15	600	0,1	0,90732	0,90828	-0,00095954	-0,00105756
483,15	600	0,1	0,89758	0,89846	-0,00087789	-0,00097807
493,15	600	0,1	0,88752	0,88830	-0,00078378	-0,00088312
503,15	600	0,1	0,87712	0,87782	-0,00069722	-0,00079490
513,15	600	0,1	0,86637	0,86700	-0,00062820	-0,00072509
523,15	600	0,1	0,85526	0,85585	-0,00058672	-0,00068601
533,15	600	0,1	0,84376	0,84436	-0,00060278	-0,00071439
543,15	600	0,1	0,83185	0,83255	-0,00069638	-0,00083715
553,15	600	0,1	0,81950	0,82040	-0,00089752	-0,00109521
563,15	600	0,1	0,80668	0,80792	-0,00123621	-0,00153247
573,15	600	0,1	0,79336	0,79510	-0,00174244	-0,00219628
273,15	800	0,1	1,04110	1,04357	-0,00247410	-0,00237643
283,15	800	0,1	1,03880	1,04011	-0,00131466	-0,00126556
293,15	800	0,1	1,03586	1,03636	-0,00050474	-0,00048727
298,15	800	0,1	1,03417	1,03438	-0,00021085	-0,00020388
303,15	800	0,1	1,03235	1,03232	0,00002566	0,00002486
313,15	800	0,1	1,02835	1,02799	0,00035655	0,00034672
323,15	800	0,1	1,02391	1,02337	0,00053792	0,00052536
333,15	800	0,1	1,01905	1,01846	0,00058977	0,00057875
343,15	800	0,1	1,01380	1,01326	0,00054211	0,00053473
353,15	800	0,1	1,00820	1,00777	0,00043492	0,00043139
363,15	800	0,1	1,00226	1,00198	0,00027822	0,00027759
373,15	800	0,1	0,99600	0,99591	0,00009200	0,00009237
383,15	800	0,1	0,98943	0,98954	-0,00011373	-0,00011495
393,15	800	0,1	0,98257	0,98289	-0,00031899	-0,00032465
403,15	800	0,1	0,97543	0,97594	-0,00051376	-0,00052670
413,15	800	0,1	0,96801	0,96871	-0,00069805	-0,00072112
423,15	800	0,1	0,96033	0,96118	-0,00085186	-0,00088704
433,15	800	0,1	0,95239	0,95337	-0,00097518	-0,00102393
443,15	800	0,1	0,94419	0,94526	-0,00106802	-0,00113115

453,15	800	0,1	0,93573	0,93686	-0,00113038	-0,00120802
463,15	800	0,1	0,92702	0,92817	-0,00115226	-0,00124297
473,15	800	0,1	0,91804	0,91919	-0,00115365	-0,00125665
483,15	800	0,1	0,90879	0,90992	-0,00113457	-0,00124844
493,15	800	0,1	0,89927	0,90036	-0,00109500	-0,00121765
503,15	800	0,1	0,88948	0,89051	-0,00103494	-0,00116354
513,15	800	0,1	0,87939	0,88037	-0,00098441	-0,00111942
523,15	800	0,1	0,86901	0,86994	-0,00093339	-0,00107409
533,15	800	0,1	0,85832	0,85922	-0,00090189	-0,00105077
543,15	800	0,1	0,84730	0,84821	-0,00090991	-0,00107390
553,15	800	0,1	0,83595	0,83691	-0,00095745	-0,00114534
563,15	800	0,1	0,82423	0,82531	-0,00108450	-0,00131578
573,15	800	0,1	0,81215	0,81343	-0,00128107	-0,00157738
273,15	1000	0,1	1,04932	1,05168	-0,00236155	-0,00225055
283,15	1000	0,1	1,04666	1,04803	-0,00137496	-0,00131367
293,15	1000	0,1	1,04347	1,04413	-0,00065567	-0,00062835
298,15	1000	0,1	1,04168	1,04207	-0,00039250	-0,00037680
303,15	1000	0,1	1,03979	1,03995	-0,00016367	-0,00015740
313,15	1000	0,1	1,03568	1,03552	0,00016104	0,00015549
323,15	1000	0,1	1,03117	1,03082	0,00034846	0,00033792
333,15	1000	0,1	1,02629	1,02586	0,00042858	0,00041760
343,15	1000	0,1	1,02106	1,02064	0,00042140	0,00041271
353,15	1000	0,1	1,01550	1,01515	0,00034694	0,00034164
363,15	1000	0,1	1,00963	1,00940	0,00022518	0,00022303
373,15	1000	0,1	1,00348	1,00339	0,00008612	0,00008582
383,15	1000	0,1	0,99704	0,99712	-0,00008022	-0,00008046
393,15	1000	0,1	0,99033	0,99058	-0,00025386	-0,00025634
403,15	1000	0,1	0,98337	0,98378	-0,00041480	-0,00042181
413,15	1000	0,1	0,97616	0,97672	-0,00056303	-0,00057678
423,15	1000	0,1	0,96871	0,96940	-0,00068855	-0,00071079
433,15	1000	0,1	0,96102	0,96181	-0,00079136	-0,00082346
443,15	1000	0,1	0,95310	0,95396	-0,00086147	-0,00090387
453,15	1000	0,1	0,94496	0,94585	-0,00088888	-0,00094065
463,15	1000	0,1	0,93658	0,93747	-0,00089357	-0,00095408
473,15	1000	0,1	0,92798	0,92884	-0,00085556	-0,00092196
483,15	1000	0,1	0,91914	0,91993	-0,00079485	-0,00086477
493,15	1000	0,1	0,91007	0,91077	-0,00070142	-0,00077074
503,15	1000	0,1	0,90077	0,90135	-0,00057529	-0,00063867
513,15	1000	0,1	0,89122	0,89166	-0,00043646	-0,00048973
523,15	1000	0,1	0,88142	0,88170	-0,00028492	-0,00032325
533,15	1000	0,1	0,87136	0,87149	-0,00013067	-0,00014996
543,15	1000	0,1	0,86104	0,86101	0,00002629	0,00003053
553,15	1000	0,1	0,85045	0,85027	0,00017595	0,00020689
563,15	1000	0,1	0,83957	0,83927	0,00029832	0,00035532
573,15	1000	0,1	0,82841	0,82801	0,00040339	0,00048695
273,15	1	0,25	1,01086	1,01160	-0,00074135	-0,00073339
283,15	1	0,25	1,01032	1,00979	0,00052968	0,00052427
293,15	1	0,25	1,00851	1,00745	0,00106247	0,00105350
298,15	1	0,25	1,00722	1,00608	0,00114327	0,00113507
303,15	1	0,25	1,00571	1,00457	0,00113701	0,00113056
313,15	1	0,25	1,00212	1,00117	0,00095331	0,00095130
323,15	1	0,25	0,99784	0,99723	0,00061138	0,00061270

333,15	1	0,25	0,99296	0,99276	0,00020119	0,00020262
343,15	1	0,25	0,98748	0,98776	-0,00027723	-0,00028075
353,15	1	0,25	0,98152	0,98222	-0,00070390	-0,00071715
363,15	1	0,25	0,97508	0,97616	-0,00107881	-0,00110638
373,15	1	0,25	0,96819	0,96956	-0,00137196	-0,00141703
383,15	1,4	0,25	0,96089	0,96245	-0,00156077	-0,00162429
393,15	2	0,25	0,95316	0,95482	-0,00165839	-0,00173989
403,15	2,7	0,25	0,94503	0,94666	-0,00163200	-0,00172693
413,15	3,6	0,25	0,93649	0,93799	-0,00149826	-0,00159986
423,15	4,8	0,25	0,92755	0,92881	-0,00125539	-0,00135345
433,15	6,2	0,25	0,91820	0,91911	-0,00091214	-0,00099340
443,15	7,9	0,25	0,90843	0,90892	-0,00048869	-0,00053795
453,15	10	0,25	0,89824	0,89824	0,00000248	0,00000276
463,15	12,5	0,25	0,88760	0,88708	0,00052323	0,00058949
473,15	15,5	0,25	0,87649	0,87545	0,00103680	0,00118290
483,15	19,1	0,25	0,86489	0,86339	0,00150317	0,00173799
493,15	23,2	0,25	0,85276	0,85088	0,00187624	0,00220020
503,15	28	0,25	0,84007	0,83798	0,00209285	0,00249128
513,15	33,4	0,25	0,82677	0,82468	0,00209356	0,00253222
523,15	39,7	0,25	0,81281	0,81103	0,00177702	0,00218627
533,15	46,9	0,25	0,79813	0,79707	0,00105644	0,00132364
543,15	55	0,25	0,78265	0,78283	-0,00017664	-0,00022570
553,15	64,1	0,25	0,76627	0,76834	-0,00206535	-0,00269533
563,15	74,4	0,25	0,74890	0,75366	-0,00476139	-0,00635784
573,15	85,8	0,25	0,73039	0,73883	-0,00844007	-0,01155557
273,15	200	0,25	1,02052	1,02178	-0,00125908	-0,00123377
283,15	200	0,25	1,01942	1,01941	0,00001370	0,00001344
293,15	200	0,25	1,01726	1,01658	0,00067589	0,00066442
298,15	200	0,25	1,01585	1,01500	0,00084551	0,00083231
303,15	200	0,25	1,01425	1,01331	0,00093747	0,00092430
313,15	200	0,25	1,01054	1,00959	0,00094846	0,00093856
323,15	200	0,25	1,00622	1,00542	0,00079884	0,00079390
333,15	200	0,25	1,00135	1,00080	0,00054862	0,00054788
343,15	200	0,25	0,99596	0,99573	0,00022780	0,00022872
353,15	200	0,25	0,99013	0,99021	-0,00008362	-0,00008446
363,15	200	0,25	0,98386	0,98425	-0,00038565	-0,00039197
373,15	200	0,25	0,97718	0,97783	-0,00064827	-0,00066341
383,15	200	0,25	0,97011	0,97096	-0,00085150	-0,00087773
393,15	200	0,25	0,96267	0,96365	-0,00097532	-0,00101314
403,15	200	0,25	0,95485	0,95588	-0,00102975	-0,00107844
413,15	200	0,25	0,94666	0,94766	-0,00100478	-0,00106139
423,15	200	0,25	0,93811	0,93900	-0,00089041	-0,00094915
433,15	200	0,25	0,92919	0,92989	-0,00069664	-0,00074973
443,15	200	0,25	0,91989	0,92032	-0,00043347	-0,00047122
453,15	200	0,25	0,91021	0,91031	-0,00010091	-0,00011086
463,15	200	0,25	0,90012	0,89985	0,00027106	0,00030113
473,15	200	0,25	0,88960	0,88894	0,00066242	0,00074463
483,15	200	0,25	0,87864	0,87758	0,00106318	0,00121003
493,15	200	0,25	0,86719	0,86577	0,00142334	0,00164133
503,15	200	0,25	0,85523	0,85351	0,00172290	0,00201455
513,15	200	0,25	0,84270	0,84080	0,00190186	0,00225687
523,15	200	0,25	0,82955	0,82764	0,00191022	0,00230272

533,15	200	0,25	0,81571	0,81403	0,00167798	0,00205708
543,15	200	0,25	0,80110	0,79997	0,00112513	0,00140448
553,15	200	0,25	0,78562	0,78547	0,00015169	0,00019308
563,15	200	0,25	0,76914	0,77051	-0,00137236	-0,00178428
573,15	200	0,25	0,75151	0,75511	-0,00359701	-0,00478638
273,15	400	0,25	1,02979	1,03147	-0,00167652	-0,00162802
283,15	400	0,25	1,02819	1,02862	-0,00043218	-0,00042033
293,15	400	0,25	1,02570	1,02540	0,00030251	0,00029493
298,15	400	0,25	1,02418	1,02364	0,00053749	0,00052480
303,15	400	0,25	1,02249	1,02179	0,00069756	0,00068222
313,15	400	0,25	1,01866	1,01781	0,00085298	0,00083735
323,15	400	0,25	1,01428	1,01344	0,00083875	0,00082694
333,15	400	0,25	1,00942	1,00870	0,00072488	0,00071812
343,15	400	0,25	1,00409	1,00357	0,00052137	0,00051925
353,15	400	0,25	0,99835	0,99806	0,00028823	0,00028870
363,15	400	0,25	0,99223	0,99217	0,00005544	0,00005587
373,15	400	0,25	0,98573	0,98591	-0,00017699	-0,00017955
383,15	400	0,25	0,97887	0,97926	-0,00038906	-0,00039746
393,15	400	0,25	0,97168	0,97223	-0,00055077	-0,00056682
403,15	400	0,25	0,96415	0,96482	-0,00067212	-0,00069711
413,15	400	0,25	0,95630	0,95703	-0,00073311	-0,00076661
423,15	400	0,25	0,94812	0,94886	-0,00074374	-0,00078443
433,15	400	0,25	0,93963	0,94031	-0,00068400	-0,00072795
443,15	400	0,25	0,93081	0,93138	-0,00057391	-0,00061658
453,15	400	0,25	0,92166	0,92207	-0,00041346	-0,00044861
463,15	400	0,25	0,91217	0,91238	-0,00021266	-0,00023313
473,15	400	0,25	0,90233	0,90231	0,00001851	0,00002052
483,15	400	0,25	0,89213	0,89186	0,00027004	0,00030270
493,15	400	0,25	0,88154	0,88103	0,00051193	0,00058072
503,15	400	0,25	0,87055	0,86982	0,00073418	0,00084335
513,15	400	0,25	0,85913	0,85822	0,00090679	0,00105547
523,15	400	0,25	0,84725	0,84625	0,00099976	0,00118000
533,15	400	0,25	0,83487	0,83390	0,00097309	0,00116555
543,15	400	0,25	0,82195	0,82116	0,00078677	0,00095720
553,15	400	0,25	0,80844	0,80805	0,00039082	0,00048343
563,15	400	0,25	0,79429	0,79455	-0,00026477	-0,00033334
573,15	400	0,25	0,77943	0,78068	-0,00125000	-0,00160374
273,15	600	0,25	1,03867	1,04061	-0,00194115	-0,00186888
283,15	600	0,25	1,03661	1,03739	-0,00077853	-0,00075104
293,15	600	0,25	1,03382	1,03384	-0,00002083	-0,00002015
298,15	600	0,25	1,03219	1,03195	0,00024493	0,00023729
303,15	600	0,25	1,03041	1,02997	0,00044196	0,00042892
313,15	600	0,25	1,02646	1,02577	0,00068985	0,00067206
323,15	600	0,25	1,02203	1,02125	0,00078282	0,00076594
333,15	600	0,25	1,01716	1,01640	0,00076087	0,00074804
343,15	600	0,25	1,01188	1,01123	0,00065402	0,00064634
353,15	600	0,25	1,00622	1,00573	0,00049226	0,00048922
363,15	600	0,25	1,00020	0,99990	0,00029558	0,00029553
373,15	600	0,25	0,99385	0,99376	0,00009400	0,00009458
383,15	600	0,25	0,98717	0,98728	-0,00011250	-0,00011396
393,15	600	0,25	0,98018	0,98048	-0,00030391	-0,00031005
403,15	600	0,25	0,97290	0,97336	-0,00046022	-0,00047304

413,15	600	0,25	0,96532	0,96591	-0,00059145	-0,00061270
423,15	600	0,25	0,95746	0,95814	-0,00067760	-0,00070770
433,15	600	0,25	0,94931	0,95004	-0,00072865	-0,00076755
443,15	600	0,25	0,94088	0,94161	-0,00073461	-0,00078077
453,15	600	0,25	0,93216	0,93287	-0,00070548	-0,00075683
463,15	600	0,25	0,92316	0,92379	-0,00063127	-0,00068381
473,15	600	0,25	0,91386	0,91439	-0,00053197	-0,00058211
483,15	600	0,25	0,90425	0,90467	-0,00041757	-0,00046179
493,15	600	0,25	0,89433	0,89462	-0,00028809	-0,00032213
503,15	600	0,25	0,88408	0,88424	-0,00016352	-0,00018496
513,15	600	0,25	0,87349	0,87354	-0,00005386	-0,00006166
523,15	600	0,25	0,86253	0,86252	0,00001088	0,00001262
533,15	600	0,25	0,85119	0,85117	0,00002072	0,00002434
543,15	600	0,25	0,83944	0,83949	-0,00005435	-0,00006475
553,15	600	0,25	0,82725	0,82749	-0,00024434	-0,00029536
563,15	600	0,25	0,81459	0,81517	-0,00057923	-0,00071107
573,15	600	0,25	0,80143	0,80252	-0,00108904	-0,00135887
273,15	800	0,25	1,04716	1,04921	-0,00205298	-0,00196052
283,15	800	0,25	1,04471	1,04571	-0,00099535	-0,00095275
293,15	800	0,25	1,04165	1,04191	-0,00026413	-0,00025357
298,15	800	0,25	1,03992	1,03991	0,00000782	0,00000752
303,15	800	0,25	1,03806	1,03784	0,00022067	0,00021258
313,15	800	0,25	1,03400	1,03348	0,00051906	0,00050199
323,15	800	0,25	1,02950	1,02884	0,00066103	0,00064209
333,15	800	0,25	1,02461	1,02391	0,00069659	0,00067986
343,15	800	0,25	1,01936	1,01870	0,00065574	0,00064329
353,15	800	0,25	1,01376	1,01321	0,00054847	0,00054103
363,15	800	0,25	1,00783	1,00744	0,00039479	0,00039172
373,15	800	0,25	1,00159	1,00138	0,00021469	0,00021435
383,15	800	0,25	0,99506	0,99503	0,00002819	0,00002833
393,15	800	0,25	0,98825	0,98840	-0,00015474	-0,00015658
403,15	800	0,25	0,98117	0,98149	-0,00032407	-0,00033029
413,15	800	0,25	0,97382	0,97430	-0,00047983	-0,00049272
423,15	800	0,25	0,96621	0,96682	-0,00061199	-0,00063339
433,15	800	0,25	0,95836	0,95906	-0,00070057	-0,00073101
443,15	800	0,25	0,95025	0,95102	-0,00076556	-0,00080564
453,15	800	0,25	0,94189	0,94269	-0,00079697	-0,00084614
463,15	800	0,25	0,93328	0,93407	-0,00079479	-0,00085161
473,15	800	0,25	0,92441	0,92518	-0,00076902	-0,00083190
483,15	800	0,25	0,91529	0,91600	-0,00070967	-0,00077535
493,15	800	0,25	0,90590	0,90654	-0,00063673	-0,00070287
503,15	800	0,25	0,89623	0,89679	-0,00056021	-0,00062507
513,15	800	0,25	0,88628	0,88676	-0,00048009	-0,00054170
523,15	800	0,25	0,87603	0,87645	-0,00041640	-0,00047532
533,15	800	0,25	0,86548	0,86585	-0,00036911	-0,00042649
543,15	800	0,25	0,85460	0,85497	-0,00036825	-0,00043090
553,15	800	0,25	0,84339	0,84380	-0,00041379	-0,00049063
563,15	800	0,25	0,83181	0,83236	-0,00054575	-0,00065610
573,15	800	0,25	0,81985	0,82062	-0,00077412	-0,00094422
273,15	1000	0,25	1,05528	1,05727	-0,00199200	-0,00188765
283,15	1000	0,25	1,05249	1,05357	-0,00108262	-0,00102863
293,15	1000	0,25	1,04919	1,04962	-0,00042739	-0,00040736

298,15	1000	0,25	1,04737	1,04754	-0,00017384	-0,00016597
303,15	1000	0,25	1,04544	1,04541	0,00003369	0,00003222
313,15	1000	0,25	1,04127	1,04094	0,00033062	0,00031752
323,15	1000	0,25	1,03672	1,03622	0,00050340	0,00048557
333,15	1000	0,25	1,03181	1,03124	0,00057204	0,00055440
343,15	1000	0,25	1,02656	1,02600	0,00055653	0,00054213
353,15	1000	0,25	1,02100	1,02051	0,00048687	0,00047685
363,15	1000	0,25	1,01515	1,01477	0,00038306	0,00037734
373,15	1000	0,25	1,00901	1,00876	0,00024510	0,00024291
383,15	1000	0,25	1,00260	1,00251	0,00009299	0,00009275
393,15	1000	0,25	0,99593	0,99599	-0,00006326	-0,00006352
403,15	1000	0,25	0,98901	0,98922	-0,00021367	-0,00021604
413,15	1000	0,25	0,98186	0,98220	-0,00033822	-0,00034447
423,15	1000	0,25	0,97447	0,97492	-0,00044692	-0,00045863
433,15	1000	0,25	0,96685	0,96738	-0,00052977	-0,00054793
443,15	1000	0,25	0,95901	0,95959	-0,00057677	-0,00060142
453,15	1000	0,25	0,95095	0,95154	-0,00058791	-0,00061824
463,15	1000	0,25	0,94266	0,94323	-0,00057321	-0,00060807
473,15	1000	0,25	0,93415	0,93467	-0,00052265	-0,00055949
483,15	1000	0,25	0,92542	0,92586	-0,00043624	-0,00047140
493,15	1000	0,25	0,91645	0,91678	-0,00033398	-0,00036443
503,15	1000	0,25	0,90726	0,90746	-0,00019587	-0,00021589
513,15	1000	0,25	0,89782	0,89787	-0,00005190	-0,00005781
523,15	1000	0,25	0,88814	0,88803	0,00010791	0,00012150
533,15	1000	0,25	0,87820	0,87794	0,00026358	0,00030013
543,15	1000	0,25	0,86800	0,86758	0,00041509	0,00047822
553,15	1000	0,25	0,85753	0,85698	0,00055246	0,00064425
563,15	1000	0,25	0,84677	0,84611	0,00065569	0,00077434
573,15	1000	0,25	0,83571	0,83500	0,00071476	0,00085527
273,15	1	0,5	1,02156	1,02167	-0,00010591	-0,00010368
283,15	1	0,5	1,02061	1,01970	0,00091262	0,00089419
293,15	1	0,5	1,01850	1,01722	0,00128415	0,00126083
298,15	1	0,5	1,01710	1,01578	0,00131729	0,00129514
303,15	1	0,5	1,01550	1,01422	0,00127867	0,00125915
313,15	1	0,5	1,01176	1,01071	0,00104618	0,00103402
323,15	1	0,5	1,00738	1,00669	0,00068668	0,00068165
333,15	1	0,5	1,00244	1,00216	0,00028017	0,00027949
343,15	1	0,5	0,99689	0,99711	-0,00022335	-0,00022405
353,15	1	0,5	0,99093	0,99155	-0,00062388	-0,00062959
363,15	1	0,5	0,98451	0,98548	-0,00097141	-0,00098670
373,15	1	0,5	0,97767	0,97890	-0,00122596	-0,00125396
383,15	1,4	0,5	0,97043	0,97181	-0,00138489	-0,00142709
393,15	2	0,5	0,96279	0,96423	-0,00144142	-0,00149713
403,15	2,7	0,5	0,95477	0,95614	-0,00137268	-0,00143770
413,15	3,6	0,5	0,94636	0,94756	-0,00119530	-0,00126305
423,15	4,8	0,5	0,93757	0,93848	-0,00090746	-0,00096788
433,15	6,2	0,5	0,92838	0,92891	-0,00052781	-0,00056852
443,15	7,9	0,5	0,91880	0,91886	-0,00005641	-0,00006139
453,15	10	0,5	0,90881	0,90834	0,00047443	0,00052203
463,15	12,5	0,5	0,89838	0,89735	0,00102675	0,00114289
473,15	15,5	0,5	0,88751	0,88593	0,00158411	0,00178489
483,15	19,1	0,5	0,87616	0,87407	0,00208686	0,00238183

493,15	23,2	0,5	0,86430	0,86180	0,00249924	0,00289164
503,15	28	0,5	0,85191	0,84914	0,00276868	0,00324997
513,15	33,4	0,5	0,83893	0,83610	0,00282620	0,00336882
523,15	39,7	0,5	0,82533	0,82274	0,00259143	0,00313987
533,15	46,9	0,5	0,81105	0,80907	0,00197836	0,00243925
543,15	55	0,5	0,79603	0,79513	0,00089940	0,00112985
553,15	64,1	0,5	0,78021	0,78096	-0,00074744	-0,00095799
563,15	74,4	0,5	0,76351	0,76661	-0,00310235	-0,00406327
573,15	85,8	0,5	0,74586	0,75212	-0,00625964	-0,00839251
273,15	200	0,5	1,03099	1,03159	-0,00059731	-0,00057936
283,15	200	0,5	1,02953	1,02909	0,00043782	0,00042526
293,15	200	0,5	1,02710	1,02616	0,00093654	0,00091183
298,15	200	0,5	1,02559	1,02454	0,00105350	0,00102721
303,15	200	0,5	1,02390	1,02280	0,00109886	0,00107321
313,15	200	0,5	1,02006	1,01901	0,00105476	0,00103402
323,15	200	0,5	1,01564	1,01478	0,00086426	0,00085095
333,15	200	0,5	1,01072	1,01011	0,00060735	0,00060091
343,15	200	0,5	1,00528	1,00502	0,00026403	0,00026265
353,15	200	0,5	0,99944	0,99949	-0,00004569	-0,00004572
363,15	200	0,5	0,93200	0,99352	-0,06152183	-0,06601054
373,15	200	0,5	0,98657	0,98712	-0,00055437	-0,00056192
383,15	200	0,5	0,97957	0,98029	-0,00072332	-0,00073841
393,15	200	0,5	0,97221	0,97303	-0,00081868	-0,00084208
403,15	200	0,5	0,96450	0,96533	-0,00083045	-0,00086101
413,15	200	0,5	0,95644	0,95720	-0,00075862	-0,00079317
423,15	200	0,5	0,94803	0,94863	-0,00060321	-0,00063628
433,15	200	0,5	0,93927	0,93963	-0,00036420	-0,00038775
443,15	200	0,5	0,93015	0,93020	-0,00005160	-0,00005548
453,15	200	0,5	0,92065	0,92034	0,00031459	0,00034170
463,15	200	0,5	0,91076	0,91004	0,00072437	0,00079535
473,15	200	0,5	0,90047	0,89930	0,00116775	0,00129682
483,15	200	0,5	0,88973	0,88814	0,00159471	0,00179236
493,15	200	0,5	0,87853	0,87653	0,00199527	0,00227115
503,15	200	0,5	0,86683	0,86450	0,00232942	0,00268729
513,15	200	0,5	0,85458	0,85203	0,00254716	0,00298060
523,15	200	0,5	0,84172	0,83913	0,00258850	0,00307525
533,15	200	0,5	0,82821	0,82580	0,00241342	0,00291402
543,15	200	0,5	0,81396	0,81203	0,00193194	0,00237351
553,15	200	0,5	0,79888	0,79783	0,00105405	0,00131941
563,15	200	0,5	0,78289	0,78319	-0,00030025	-0,00038352
573,15	200	0,5	0,76586	0,76812	-0,00226096	-0,00295218
273,15	400	0,5	1,04005	1,04106	-0,00101080	-0,00097187
283,15	400	0,5	1,03813	1,03812	0,00001099	0,00001059
293,15	400	0,5	1,03540	1,03481	0,00058959	0,00056943
298,15	400	0,5	1,03379	1,03302	0,00077145	0,00074623
303,15	400	0,5	1,03202	1,03113	0,00088501	0,00085755
313,15	400	0,5	1,02806	1,02709	0,00096723	0,00094083
323,15	400	0,5	1,02360	1,02268	0,00091627	0,00089515
333,15	400	0,5	1,01868	1,01791	0,00077213	0,00075797
343,15	400	0,5	1,01332	1,01277	0,00055479	0,00054750
353,15	400	0,5	1,00758	1,00726	0,00032427	0,00032183
363,15	400	0,5	1,00148	1,00138	0,00010057	0,00010042

373,15	400	0,5	0,99503	0,99514	-0,00010633	-0,00010686
383,15	400	0,5	0,98824	0,98853	-0,00028641	-0,00028982
393,15	400	0,5	0,98113	0,98155	-0,00041968	-0,00042775
403,15	400	0,5	0,97370	0,97421	-0,00050613	-0,00051981
413,15	400	0,5	0,96597	0,96650	-0,00052578	-0,00054430
423,15	400	0,5	0,95793	0,95842	-0,00048861	-0,00051007
433,15	400	0,5	0,94959	0,94997	-0,00038462	-0,00040504
443,15	400	0,5	0,94093	0,94116	-0,00023383	-0,00024851
453,15	400	0,5	0,93196	0,93199	-0,00002622	-0,00002813
463,15	400	0,5	0,92266	0,92244	0,00021821	0,00023650
473,15	400	0,5	0,91303	0,91253	0,00049944	0,00054702
483,15	400	0,5	0,90304	0,90225	0,00078749	0,00087204
493,15	400	0,5	0,89267	0,89161	0,00106235	0,00119009
503,15	400	0,5	0,88191	0,88060	0,00131403	0,00148998
513,15	400	0,5	0,87073	0,86922	0,00151252	0,00173707
523,15	400	0,5	0,85909	0,85747	0,00161782	0,00188318
533,15	400	0,5	0,84697	0,84536	0,00160993	0,00190081
543,15	400	0,5	0,83431	0,83288	0,00142886	0,00171262
553,15	400	0,5	0,82108	0,82004	0,00104460	0,00127223
563,15	400	0,5	0,80721	0,80682	0,00038715	0,00047962
573,15	400	0,5	0,79265	0,79324	-0,00059348	-0,00074873
273,15	600	0,5	1,04873	1,05004	-0,00130526	-0,00124461
283,15	600	0,5	1,04639	1,04673	-0,00033961	-0,00032455
293,15	600	0,5	1,04340	1,04311	0,00028913	0,00027710
298,15	600	0,5	1,04168	1,04118	0,00049591	0,00047607
303,15	600	0,5	1,03984	1,03918	0,00066096	0,00063563
313,15	600	0,5	1,03577	1,03493	0,00083587	0,00080700
323,15	600	0,5	1,03126	1,03038	0,00088387	0,00085708
333,15	600	0,5	1,02633	1,02551	0,00082495	0,00080379
343,15	600	0,5	1,02102	1,02032	0,00069912	0,00068473
353,15	600	0,5	1,01536	1,01482	0,00053638	0,00052827
363,15	600	0,5	1,00937	1,00901	0,00035673	0,00035342
373,15	600	0,5	1,00306	1,00289	0,00017016	0,00016964
383,15	600	0,5	0,99644	0,99645	-0,00001332	-0,00001337
393,15	600	0,5	0,98953	0,98970	-0,00017372	-0,00017556
403,15	600	0,5	0,98234	0,98264	-0,00030103	-0,00030644
413,15	600	0,5	0,97488	0,97527	-0,00038525	-0,00039518
423,15	600	0,5	0,96714	0,96758	-0,00043639	-0,00045122
433,15	600	0,5	0,95913	0,95957	-0,00044444	-0,00046338
443,15	600	0,5	0,95085	0,95126	-0,00040940	-0,00043056
453,15	600	0,5	0,94230	0,94263	-0,00033128	-0,00035156
463,15	600	0,5	0,93347	0,93369	-0,00022007	-0,00023576
473,15	600	0,5	0,92436	0,92444	-0,00007577	-0,00008198
483,15	600	0,5	0,91495	0,91487	0,00008161	0,00008919
493,15	600	0,5	0,90523	0,90499	0,00024208	0,00026742
503,15	600	0,5	0,89519	0,89479	0,00039563	0,00044195
513,15	600	0,5	0,88481	0,88429	0,00052227	0,00059027
523,15	600	0,5	0,87407	0,87347	0,00060200	0,00068873
533,15	600	0,5	0,86295	0,86234	0,00061481	0,00071246
543,15	600	0,5	0,85142	0,85089	0,00053072	0,00062333
553,15	600	0,5	0,83945	0,83913	0,00031970	0,00038085
563,15	600	0,5	0,82700	0,82706	-0,00005822	-0,00007040

573,15	600	0,5	0,81402	0,81467	-0,00065306	-0,00080227
273,15	800	0,5	1,05704	1,05851	-0,00147071	-0,00139135
283,15	800	0,5	1,05435	1,05492	-0,00057398	-0,00054439
293,15	800	0,5	1,05111	1,05106	0,00004516	0,00004296
298,15	800	0,5	1,04930	1,04903	0,00026688	0,00025434
303,15	800	0,5	1,04738	1,04693	0,00044671	0,00042650
313,15	800	0,5	1,04321	1,04253	0,00068067	0,00065248
323,15	800	0,5	1,03864	1,03785	0,00078704	0,00075776
333,15	800	0,5	1,03371	1,03290	0,00080583	0,00077955
343,15	800	0,5	1,02842	1,02768	0,00073703	0,00071666
353,15	800	0,5	1,02282	1,02219	0,00063064	0,00061657
363,15	800	0,5	1,01691	1,01642	0,00048666	0,00047857
373,15	800	0,5	1,01071	1,01038	0,00032510	0,00032165
383,15	800	0,5	1,00423	1,00407	0,00015594	0,00015528
393,15	800	0,5	0,99749	0,99749	-0,00000080	-0,00000080
403,15	800	0,5	0,99049	0,99064	-0,00014513	-0,00014652
413,15	800	0,5	0,98324	0,98351	-0,00026705	-0,00027160
423,15	800	0,5	0,97575	0,97611	-0,00035655	-0,00036542
433,15	800	0,5	0,96801	0,96843	-0,00042365	-0,00043765
443,15	800	0,5	0,96004	0,96049	-0,00044833	-0,00046699
453,15	800	0,5	0,95182	0,95227	-0,00045060	-0,00047341
463,15	800	0,5	0,94337	0,94378	-0,00041046	-0,00043510
473,15	800	0,5	0,93467	0,93502	-0,00034790	-0,00037222
483,15	800	0,5	0,92572	0,92598	-0,00026294	-0,00028404
493,15	800	0,5	0,91651	0,91668	-0,00016556	-0,00018064
503,15	800	0,5	0,90703	0,90710	-0,00006577	-0,00007251
513,15	800	0,5	0,89727	0,89724	0,00002643	0,00002946
523,15	800	0,5	0,88723	0,88712	0,00011105	0,00012516
533,15	800	0,5	0,87687	0,87672	0,00014807	0,00016886
543,15	800	0,5	0,86619	0,86605	0,00013751	0,00015875
553,15	800	0,5	0,85517	0,85511	0,00005936	0,00006941
563,15	800	0,5	0,84377	0,84390	-0,00012638	-0,00014978
573,15	800	0,5	0,83196	0,83241	-0,00044971	-0,00054054
273,15	1000	0,5	1,06498	1,06649	-0,00150713	-0,00141518
283,15	1000	0,5	1,06200	1,06270	-0,00070213	-0,00066114
293,15	1000	0,5	1,05855	1,05867	-0,00012233	-0,00011556
298,15	1000	0,5	1,05666	1,05657	0,00009437	0,00008931
303,15	1000	0,5	1,05467	1,05440	0,00027226	0,00025815
313,15	1000	0,5	1,05040	1,04988	0,00052164	0,00049661
323,15	1000	0,5	1,04578	1,04511	0,00066580	0,00063666
333,15	1000	0,5	1,04083	1,04011	0,00072476	0,00069633
343,15	1000	0,5	1,03555	1,03485	0,00069850	0,00067453
353,15	1000	0,5	1,02998	1,02935	0,00062704	0,00060879
363,15	1000	0,5	1,02414	1,02361	0,00053037	0,00051786
373,15	1000	0,5	1,01803	1,01762	0,00040848	0,00040125
383,15	1000	0,5	1,01166	1,01139	0,00027138	0,00026826
393,15	1000	0,5	1,00504	1,00491	0,00012908	0,00012843
403,15	1000	0,5	0,99820	0,99819	0,00001156	0,00001158
413,15	1000	0,5	0,99112	0,99122	-0,00010117	-0,00010207
423,15	1000	0,5	0,98382	0,98401	-0,00018910	-0,00019221
433,15	1000	0,5	0,97631	0,97655	-0,00024225	-0,00024813
443,15	1000	0,5	0,96858	0,96885	-0,00027061	-0,00027939

453,15	1000	0,5	0,96063	0,96090	-0,00027418	-0,00028541
463,15	1000	0,5	0,95248	0,95271	-0,00023296	-0,00024458
473,15	1000	0,5	0,94410	0,94428	-0,00017694	-0,00018742
483,15	1000	0,5	0,93551	0,93560	-0,00008614	-0,00009208
493,15	1000	0,5	0,92670	0,92667	0,00002945	0,00003177
503,15	1000	0,5	0,91767	0,91750	0,00016983	0,00018506
513,15	1000	0,5	0,90839	0,90809	0,00030499	0,00033575
523,15	1000	0,5	0,89888	0,89843	0,00045495	0,00050613
533,15	1000	0,5	0,88912	0,88852	0,00059970	0,00067449
543,15	1000	0,5	0,87909	0,87837	0,00071924	0,00081816
553,15	1000	0,5	0,86879	0,86798	0,00081357	0,00093644
563,15	1000	0,5	0,85820	0,85734	0,00086269	0,00100523
573,15	1000	0,5	0,84729	0,84645	0,00083659	0,00098737
273,15	1	0,75	1,03200	1,03159	0,00041099	0,00039825
283,15	1	0,75	1,03065	1,02946	0,00118598	0,00115071
293,15	1	0,75	1,02827	1,02684	0,00142541	0,00138622
298,15	1	0,75	1,02676	1,02535	0,00141054	0,00137378
303,15	1	0,75	1,02507	1,02373	0,00133928	0,00130653
313,15	1	0,75	1,02119	1,02012	0,00106760	0,00104545
323,15	1	0,75	1,01672	1,01602	0,00070037	0,00068885
333,15	1	0,75	1,01172	1,01142	0,00029758	0,00029413
343,15	1	0,75	1,00611	1,00633	-0,00022076	-0,00021942
353,15	1	0,75	1,00013	1,00074	-0,00061466	-0,00061458
363,15	1	0,75	0,99373	0,99466	-0,00093411	-0,00094000
373,15	1	0,75	0,98692	0,98809	-0,00116911	-0,00118461
383,15	1,4	0,75	0,97974	0,98104	-0,00129701	-0,00132383
393,15	2	0,75	0,97218	0,97350	-0,00132104	-0,00135885
403,15	2,7	0,75	0,96425	0,96548	-0,00122833	-0,00127387
413,15	3,6	0,75	0,95596	0,95698	-0,00101546	-0,00106224
423,15	4,8	0,75	0,94730	0,94800	-0,00070052	-0,00073949
433,15	6,2	0,75	0,93826	0,93855	-0,00029211	-0,00031133
443,15	7,9	0,75	0,92884	0,92864	0,00019986	0,00021517
453,15	10	0,75	0,91902	0,91828	0,00074325	0,00080874
463,15	12,5	0,75	0,90879	0,90747	0,00132033	0,00145285
473,15	15,5	0,75	0,89812	0,89624	0,00188496	0,00209878
483,15	19,1	0,75	0,88699	0,88459	0,00239789	0,00270340
493,15	23,2	0,75	0,87537	0,87255	0,00282371	0,00322573
503,15	28	0,75	0,86323	0,86013	0,00310047	0,00359171
513,15	33,4	0,75	0,85053	0,84735	0,00317968	0,00373846
523,15	39,7	0,75	0,83723	0,83426	0,00297194	0,00354973
533,15	46,9	0,75	0,82328	0,82088	0,00240210	0,00291772
543,15	55	0,75	0,80865	0,80724	0,00141345	0,00174791
553,15	64,1	0,75	0,79327	0,79337	-0,00010483	-0,00013215
563,15	74,4	0,75	0,77712	0,77935	-0,00223139	-0,00287136
573,15	85,8	0,75	0,76015	0,76519	-0,00503950	-0,00662962
273,15	200	0,75	1,04120	1,04126	-0,00006186	-0,00005942
283,15	200	0,75	1,03939	1,03864	0,00074522	0,00071697
293,15	200	0,75	1,03672	1,03561	0,00111034	0,00107101
298,15	200	0,75	1,03511	1,03394	0,00117467	0,00113482
303,15	200	0,75	1,03335	1,03216	0,00119351	0,00115499
313,15	200	0,75	1,02937	1,02829	0,00108472	0,00105377
323,15	200	0,75	1,02487	1,02400	0,00087398	0,00085277

333,15	200	0,75	1,01988	1,01929	0,00059128	0,00057976
343,15	200	0,75	1,01440	1,01416	0,00023663	0,00023327
353,15	200	0,75	1,00855	1,00862	-0,00006998	-0,00006938
363,15	200	0,75	1,00233	1,00266	-0,00032854	-0,00032778
373,15	200	0,75	0,99573	0,99628	-0,00054906	-0,00055141
383,15	200	0,75	0,98879	0,98948	-0,00069153	-0,00069937
393,15	200	0,75	0,98151	0,98227	-0,00075596	-0,00077020
403,15	200	0,75	0,97389	0,97463	-0,00074234	-0,00076225
413,15	200	0,75	0,96595	0,96658	-0,00063068	-0,00065292
423,15	200	0,75	0,95766	0,95811	-0,00045098	-0,00047092
433,15	200	0,75	0,94904	0,94922	-0,00018323	-0,00019307
443,15	200	0,75	0,94007	0,93992	0,00015257	0,00016229
453,15	200	0,75	0,93075	0,93019	0,00055641	0,00059780
463,15	200	0,75	0,92104	0,92005	0,00098829	0,00107302
473,15	200	0,75	0,91093	0,90949	0,00143822	0,00157885
483,15	200	0,75	0,90040	0,89851	0,00188619	0,00209484
493,15	200	0,75	0,88942	0,88712	0,00230221	0,00258844
503,15	200	0,75	0,87794	0,87530	0,00263628	0,00300280
513,15	200	0,75	0,86592	0,86307	0,00284838	0,00328943
523,15	200	0,75	0,85332	0,85042	0,00289854	0,00339678
533,15	200	0,75	0,84008	0,83735	0,00272673	0,00324580
543,15	200	0,75	0,82612	0,82387	0,00225298	0,00272718
553,15	200	0,75	0,81138	0,80996	0,00141726	0,00174673
563,15	200	0,75	0,79577	0,79564	0,00012960	0,00016286
573,15	200	0,75	0,77921	0,78090	-0,00169003	-0,00216890
273,15	400	0,75	1,05005	1,05053	-0,00047668	-0,00045396
283,15	400	0,75	1,04783	1,04749	0,00034231	0,00032668
293,15	400	0,75	1,04489	1,04410	0,00079487	0,00076072
298,15	400	0,75	1,04319	1,04227	0,00092374	0,00088549
303,15	400	0,75	1,04134	1,04035	0,00099100	0,00095166
313,15	400	0,75	1,03727	1,03625	0,00102070	0,00098402
323,15	400	0,75	1,03272	1,03180	0,00092396	0,00089469
333,15	400	0,75	1,02775	1,02699	0,00076080	0,00074026
343,15	400	0,75	1,02236	1,02183	0,00053120	0,00051958
353,15	400	0,75	1,01661	1,01631	0,00029518	0,00029035
363,15	400	0,75	1,01053	1,01045	0,00008272	0,00008186
373,15	400	0,75	1,00411	1,00423	-0,00011617	-0,00011569
383,15	400	0,75	0,99738	0,99765	-0,00027149	-0,00027220
393,15	400	0,75	0,99034	0,99072	-0,00038324	-0,00038698
403,15	400	0,75	0,98301	0,98344	-0,00043142	-0,00043888
413,15	400	0,75	0,97538	0,97581	-0,00042603	-0,00043679
423,15	400	0,75	0,96746	0,96782	-0,00035708	-0,00036909
433,15	400	0,75	0,95925	0,95947	-0,00022455	-0,00023409
443,15	400	0,75	0,95074	0,95078	-0,00003846	-0,00004045
453,15	400	0,75	0,94193	0,94173	0,00020121	0,00021361
463,15	400	0,75	0,93280	0,93233	0,00047444	0,00050862
473,15	400	0,75	0,92334	0,92257	0,00077124	0,00083527
483,15	400	0,75	0,91354	0,91246	0,00108161	0,00118398
493,15	400	0,75	0,90337	0,90199	0,00137555	0,00152269
503,15	400	0,75	0,89281	0,89118	0,00163306	0,00182912
513,15	400	0,75	0,88184	0,88001	0,00183414	0,00207990
523,15	400	0,75	0,87042	0,86848	0,00193878	0,00222741

533,15	400	0,75	0,85851	0,85660	0,00190700	0,00222129
543,15	400	0,75	0,84607	0,84437	0,00169878	0,00200785
553,15	400	0,75	0,83306	0,83179	0,00127413	0,00152946
563,15	400	0,75	0,81941	0,81885	0,00056306	0,00068715
573,15	400	0,75	0,80508	0,80555	-0,00047445	-0,00058932
273,15	600	0,75	1,05853	1,05933	-0,00080371	-0,00075927
283,15	600	0,75	1,05594	1,05595	-0,00000565	-0,00000535
293,15	600	0,75	1,05276	1,05226	0,00050385	0,00047860
298,15	600	0,75	1,05097	1,05030	0,00067164	0,00063906
303,15	600	0,75	1,04905	1,04827	0,00078478	0,00074809
313,15	600	0,75	1,04488	1,04397	0,00090714	0,00086818
323,15	600	0,75	1,04029	1,03938	0,00091094	0,00087566
333,15	600	0,75	1,03531	1,03448	0,00082617	0,00079800
343,15	600	0,75	1,02998	1,02929	0,00069284	0,00067267
353,15	600	0,75	1,02431	1,02379	0,00052093	0,00050857
363,15	600	0,75	1,01834	1,01799	0,00035046	0,00034415
373,15	600	0,75	1,01206	1,01189	0,00017142	0,00016938
383,15	600	0,75	1,00549	1,00549	0,00000382	0,00000380
393,15	600	0,75	0,99865	0,99878	-0,00013235	-0,00013253
403,15	600	0,75	0,99155	0,99178	-0,00022709	-0,00022902
413,15	600	0,75	0,98418	0,98447	-0,00029039	-0,00029506
423,15	600	0,75	0,97655	0,97686	-0,00031226	-0,00031976
433,15	600	0,75	0,96867	0,96895	-0,00028270	-0,00029185
443,15	600	0,75	0,96053	0,96074	-0,00021171	-0,00022041
453,15	600	0,75	0,95212	0,95223	-0,00010928	-0,00011478
463,15	600	0,75	0,94345	0,94342	0,00003458	0,00003665
473,15	600	0,75	0,93450	0,93430	0,00019988	0,00021388
483,15	600	0,75	0,92526	0,92488	0,00037660	0,00040702
493,15	600	0,75	0,91572	0,91517	0,00055476	0,00060582
503,15	600	0,75	0,90587	0,90515	0,00072436	0,00079963
513,15	600	0,75	0,89586	0,89482	0,00103538	0,00115574
523,15	600	0,75	0,88514	0,88420	0,00093784	0,00105954
533,15	600	0,75	0,87421	0,87328	0,00093174	0,00106580
543,15	600	0,75	0,86287	0,86205	0,00081706	0,00094691
553,15	600	0,75	0,85108	0,85053	0,00055382	0,00065073
563,15	600	0,75	0,83879	0,83870	0,00009201	0,00010970
573,15	600	0,75	0,82579	0,82657	-0,00077836	-0,00094257
273,15	800	0,75	1,06666	1,06768	-0,00102295	-0,00095902
283,15	800	0,75	1,06376	1,06402	-0,00025865	-0,00024315
293,15	800	0,75	1,06035	1,06009	0,00025728	0,00024264
298,15	800	0,75	1,05848	1,05803	0,00044837	0,00042359
303,15	800	0,75	1,05650	1,05591	0,00059486	0,00056305
313,15	800	0,75	1,05223	1,05146	0,00077407	0,00073565
323,15	800	0,75	1,04759	1,04675	0,00084492	0,00080654
333,15	800	0,75	1,04261	1,04177	0,00083741	0,00080318
343,15	800	0,75	1,03730	1,03654	0,00076153	0,00073415
353,15	800	0,75	1,03169	1,03104	0,00064729	0,00062741
363,15	800	0,75	1,02580	1,02529	0,00051469	0,00050174
373,15	800	0,75	1,01962	1,01927	0,00035372	0,00034692
383,15	800	0,75	1,01319	1,01299	0,00020439	0,00020173
393,15	800	0,75	1,00651	1,00644	0,00006670	0,00006627
403,15	800	0,75	0,99958	0,99964	-0,00005935	-0,00005937

413,15	800	0,75	0,99242	0,99257	-0,00015376	-0,00015494
423,15	800	0,75	0,98502	0,98525	-0,00022654	-0,00022999
433,15	800	0,75	0,97740	0,97766	-0,00025768	-0,00026364
443,15	800	0,75	0,96954	0,96981	-0,00026719	-0,00027558
453,15	800	0,75	0,96146	0,96170	-0,00023506	-0,00024448
463,15	800	0,75	0,95314	0,95332	-0,00018129	-0,00019020
473,15	800	0,75	0,94459	0,94469	-0,00009588	-0,00010150
483,15	800	0,75	0,93580	0,93579	0,00001117	0,00001193
493,15	800	0,75	0,92675	0,92663	0,00011985	0,00012932
503,15	800	0,75	0,91744	0,91721	0,00023017	0,00025088
513,15	800	0,75	0,90786	0,90753	0,00033213	0,00036583
523,15	800	0,75	0,89798	0,89758	0,00039572	0,00044068
533,15	800	0,75	0,88780	0,88738	0,00042095	0,00047415
543,15	800	0,75	0,87730	0,87691	0,00038782	0,00044206
553,15	800	0,75	0,86644	0,86618	0,00025632	0,00029584
563,15	800	0,75	0,85519	0,85519	-0,00000353	-0,00000413
573,15	800	0,75	0,84352	0,84394	-0,00042175	-0,00049999
273,15	1000	0,75	1,07444	1,07557	-0,00113441	-0,00105581
283,15	1000	0,75	1,07128	1,07171	-0,00042671	-0,00039832
293,15	1000	0,75	1,06769	1,06760	0,00008517	0,00007977
298,15	1000	0,75	1,06574	1,06547	0,00027393	0,00025703
303,15	1000	0,75	1,06370	1,06327	0,00043123	0,00040541
313,15	1000	0,75	1,05934	1,05870	0,00064147	0,00060554
323,15	1000	0,75	1,05466	1,05389	0,00076589	0,00072620
333,15	1000	0,75	1,04966	1,04886	0,00080450	0,00076644
343,15	1000	0,75	1,04435	1,04358	0,00076728	0,00073470
353,15	1000	0,75	1,03878	1,03808	0,00070425	0,00067796
363,15	1000	0,75	1,03294	1,03233	0,00060540	0,00058609
373,15	1000	0,75	1,02685	1,02636	0,00049072	0,00047789
383,15	1000	0,75	1,02051	1,02015	0,00036023	0,00035299
393,15	1000	0,75	1,01394	1,01371	0,00023393	0,00023071
403,15	1000	0,75	1,00715	1,00703	0,00012180	0,00012093
413,15	1000	0,75	1,00015	1,00012	0,00003385	0,00003385
423,15	1000	0,75	0,99293	0,99297	-0,00003991	-0,00004020
433,15	1000	0,75	0,98550	0,98559	-0,00008950	-0,00009081
443,15	1000	0,75	0,97787	0,97797	-0,00010490	-0,00010727
453,15	1000	0,75	0,97004	0,97013	-0,00008612	-0,00008878
463,15	1000	0,75	0,96200	0,96204	-0,00004316	-0,00004486
473,15	1000	0,75	0,95375	0,95373	0,00002398	0,00002515
483,15	1000	0,75	0,94529	0,94517	0,00011531	0,00012198
493,15	1000	0,75	0,93662	0,93639	0,00023081	0,00024643
503,15	1000	0,75	0,92772	0,92737	0,00035050	0,00037780
513,15	1000	0,75	0,91860	0,91812	0,00048436	0,00052728
523,15	1000	0,75	0,90924	0,90863	0,00061241	0,00067354
533,15	1000	0,75	0,89963	0,89891	0,00072464	0,00080549
543,15	1000	0,75	0,88976	0,88895	0,00081105	0,00091154
553,15	1000	0,75	0,87961	0,87876	0,00085164	0,00096820
563,15	1000	0,75	0,86916	0,86833	0,00082642	0,00095082
573,15	1000	0,75	0,85839	0,85767	0,00071537	0,00083339
273,15	1	1	1,04218	1,04137	0,00080936	0,00077661
283,15	1	1	1,04047	1,03909	0,00137974	0,00132607
293,15	1	1	1,03783	1,03633	0,00149623	0,00144169

298,15	1	1	1,03623	1,03478	0,00145303	0,00140222
303,15	1	1	1,03445	1,03310	0,00134885	0,00130393
313,15	1	1	1,03044	1,02939	0,00104759	0,00101664
323,15	1	1	1,02588	1,02521	0,00067245	0,00065549
333,15	1	1	1,02081	1,02055	0,00026343	0,00025806
343,15	1	1	1,01515	1,01541	-0,00025946	-0,00025559
353,15	1	1	1,00915	1,00980	-0,00064624	-0,00064038
363,15	1	1	1,00276	1,00371	-0,00094689	-0,00094428
373,15	1	1	0,99598	0,99714	-0,00116142	-0,00116611
383,15	1,4	1	0,98885	0,99012	-0,00126712	-0,00128141
393,15	2	1	0,98136	0,98263	-0,00126726	-0,00129133
403,15	2,7	1	0,97352	0,97467	-0,00114895	-0,00118020
413,15	3,6	1	0,96533	0,96625	-0,00091872	-0,00095172
423,15	4,8	1	0,95679	0,95737	-0,00058458	-0,00061098
433,15	6,2	1	0,94789	0,94805	-0,00015505	-0,00016357
443,15	7,9	1	0,93861	0,93827	0,00034011	0,00036235
453,15	10	1	0,92895	0,92806	0,00088895	0,00095694
463,15	12,5	1	0,91889	0,91743	0,00146397	0,00159319
473,15	15,5	1	0,90841	0,90638	0,00202934	0,00223395
483,15	19,1	1	0,89748	0,89494	0,00253626	0,00282598
493,15	23,2	1	0,88607	0,88312	0,00294965	0,00332891
503,15	28	1	0,87416	0,87094	0,00321823	0,00368151
513,15	33,4	1	0,86171	0,85842	0,00329397	0,00382260
523,15	39,7	1	0,84868	0,84559	0,00308856	0,00363925
533,15	46,9	1	0,83503	0,83249	0,00253767	0,00303901
543,15	55	1	0,82073	0,81914	0,00158551	0,00193183
553,15	64,1	1	0,80574	0,80559	0,00015246	0,00018922
563,15	74,4	1	0,79005	0,79188	-0,00182852	-0,00231444
573,15	85,8	1	0,77365	0,77804	-0,00438967	-0,00567397
273,15	200	1	1,05116	1,05080	0,00035726	0,00033988
283,15	200	1	1,04904	1,04806	0,00097589	0,00093027
293,15	200	1	1,04614	1,04492	0,00121728	0,00116359
298,15	200	1	1,04444	1,04320	0,00123901	0,00118629
303,15	200	1	1,04260	1,04138	0,00122143	0,00117152
313,15	200	1	1,02850	1,03743	-0,00893167	-0,00868417
323,15	200	1	1,03391	1,03308	0,00082799	0,00080084
333,15	200	1	1,02887	1,02833	0,00054041	0,00052525
343,15	200	1	1,02335	1,02317	0,00017559	0,00017158
353,15	200	1	1,01749	1,01762	-0,00012648	-0,00012430
363,15	200	1	1,01128	1,01166	-0,00037579	-0,00037159
373,15	200	1	1,00472	1,00529	-0,00057234	-0,00056965
383,15	200	1	0,99782	0,99853	-0,00070613	-0,00070767
393,15	200	1	0,99061	0,99136	-0,00074716	-0,00075425
403,15	200	1	0,98308	0,98379	-0,00070544	-0,00071758
413,15	200	1	0,97523	0,97581	-0,00058096	-0,00059572
423,15	200	1	0,96706	0,96743	-0,00037372	-0,00038645
433,15	200	1	0,95857	0,95865	-0,00008372	-0,00008734
443,15	200	1	0,94974	0,94947	0,00026903	0,00028327
453,15	200	1	0,94057	0,93989	0,00068454	0,00072779
463,15	200	1	0,93102	0,92990	0,00112281	0,00120600
473,15	200	1	0,92109	0,91951	0,00158384	0,00171953
483,15	200	1	0,91075	0,90871	0,00203762	0,00223730

493,15	200	1	0,89995	0,89752	0,00243417	0,00270478
503,15	200	1	0,88868	0,88592	0,00276347	0,00310963
513,15	200	1	0,87688	0,87391	0,00296552	0,00338190
523,15	200	1	0,86450	0,86151	0,00299034	0,00345904
533,15	200	1	0,85150	0,84870	0,00279791	0,00328586
543,15	200	1	0,83780	0,83549	0,00230824	0,00275513
553,15	200	1	0,82334	0,82188	0,00146133	0,00177489
563,15	200	1	0,80806	0,80786	0,00019718	0,00024402
573,15	200	1	0,79190	0,79344	-0,00154421	-0,00195001
273,15	400	1	1,05980	1,05986	-0,00006417	-0,00006055
283,15	400	1	1,05731	1,05673	0,00058177	0,00055024
293,15	400	1	1,05417	1,05325	0,00091834	0,00087115
298,15	400	1	1,05239	1,05139	0,00100436	0,00095436
303,15	400	1	1,05048	1,04943	0,00104554	0,00099530
313,15	400	1	1,04630	1,04528	0,00102336	0,00097808
323,15	400	1	1,04167	1,04078	0,00089182	0,00085614
333,15	400	1	1,03664	1,03594	0,00070090	0,00067612
343,15	400	1	1,03122	1,03076	0,00046060	0,00044666
353,15	400	1	1,02547	1,02524	0,00023094	0,00022520
363,15	400	1	1,01940	1,01938	0,00002190	0,00002148
373,15	400	1	1,01301	1,01318	-0,00016651	-0,00016437
383,15	400	1	1,00633	1,00663	-0,00030429	-0,00030238
393,15	400	1	0,99936	0,99975	-0,00039144	-0,00039170
403,15	400	1	0,99210	0,99253	-0,00042797	-0,00043138
413,15	400	1	0,98457	0,98496	-0,00039387	-0,00040004
423,15	400	1	0,97676	0,97706	-0,00029914	-0,00030626
433,15	400	1	0,96867	0,96881	-0,00014379	-0,00014844
443,15	400	1	0,96030	0,96023	0,00007220	0,00007518
453,15	400	1	0,95163	0,95130	0,00032881	0,00034552
463,15	400	1	0,94265	0,94203	0,00061604	0,00065352
473,15	400	1	0,93336	0,93243	0,00093391	0,00100059
483,15	400	1	0,92372	0,92248	0,00124240	0,00134500
493,15	400	1	0,91373	0,91219	0,00154152	0,00168707
503,15	400	1	0,90336	0,90156	0,00180127	0,00199397
513,15	400	1	0,89258	0,89059	0,00199165	0,00223134
523,15	400	1	0,88135	0,87928	0,00207265	0,00235168
533,15	400	1	0,86963	0,86763	0,00200428	0,00230475
543,15	400	1	0,85739	0,85563	0,00175654	0,00204871
553,15	400	1	0,84457	0,84330	0,00126943	0,00150305
563,15	400	1	0,83112	0,83063	0,00049294	0,00059310
573,15	400	1	0,81698	0,81761	-0,00063292	-0,00077471
273,15	600	1	1,06809	1,06851	-0,00041650	-0,00038995
283,15	600	1	1,06528	1,06504	0,00024335	0,00022844
293,15	600	1	1,06192	1,06128	0,00064333	0,00060582
298,15	600	1	1,06006	1,05929	0,00077212	0,00072837
303,15	600	1	1,05808	1,05723	0,00085344	0,00080659
313,15	600	1	1,05381	1,05289	0,00092367	0,00087651
323,15	600	1	1,04915	1,04826	0,00089404	0,00085215
333,15	600	1	1,04412	1,04334	0,00078453	0,00075138
343,15	600	1	1,03876	1,03812	0,00063515	0,00061145
353,15	600	1	1,03309	1,03262	0,00046591	0,00045098
363,15	600	1	1,02713	1,02683	0,00029679	0,00028895

373,15	600	1	1,02088	1,02075	0,00012780	0,00012518
383,15	600	1	1,01436	1,01438	-0,00002107	-0,00002077
393,15	600	1	1,00758	1,00772	-0,00013980	-0,00013875
403,15	600	1	1,00055	1,00077	-0,00021840	-0,00021828
413,15	600	1	0,99327	0,99353	-0,00025688	-0,00025862
423,15	600	1	0,98574	0,98600	-0,00025522	-0,00025891
433,15	600	1	0,97797	0,97817	-0,00020344	-0,00020802
443,15	600	1	0,96995	0,97006	-0,00011153	-0,00011498
453,15	600	1	0,96168	0,96166	0,00002051	0,00002133
463,15	600	1	0,95315	0,95297	0,00018268	0,00019166
473,15	600	1	0,94435	0,94399	0,00036498	0,00038649
483,15	600	1	0,93527	0,93471	0,00055741	0,00059599
493,15	600	1	0,92590	0,92515	0,00074997	0,00080999
503,15	600	1	0,91621	0,91530	0,00091265	0,00099612
513,15	600	1	0,90620	0,90515	0,00104547	0,00115368
523,15	600	1	0,89583	0,89472	0,00110841	0,00123730
533,15	600	1	0,88508	0,88400	0,00108148	0,00122191
543,15	600	1	0,87391	0,87299	0,00092469	0,00105810
553,15	600	1	0,86228	0,86168	0,00059802	0,00069353
563,15	600	1	0,85015	0,85009	0,00006148	0,00007231
573,15	600	1	0,83746	0,83820	-0,00074494	-0,00088952
273,15	800	1	1,07605	1,07673	-0,00067971	-0,00063167
283,15	800	1	1,07296	1,07299	-0,00002936	-0,00002737
293,15	800	1	1,06940	1,06900	0,00040225	0,00037615
298,15	800	1	1,06747	1,06691	0,00056228	0,00052674
303,15	800	1	1,06543	1,06475	0,00067512	0,00063366
313,15	800	1	1,06108	1,06026	0,00081926	0,00077210
323,15	800	1	1,05637	1,05552	0,00085466	0,00080905
333,15	800	1	1,05134	1,05052	0,00082132	0,00078121
343,15	800	1	1,04601	1,04527	0,00073924	0,00070672
353,15	800	1	1,04039	1,03977	0,00061842	0,00059441
363,15	800	1	1,03451	1,03402	0,00048887	0,00047256
373,15	800	1	1,02836	1,02802	0,00034058	0,00033118
383,15	800	1	1,02197	1,02177	0,00020355	0,00019917
393,15	800	1	1,01534	1,01526	0,00007778	0,00007660
403,15	800	1	1,00847	1,00851	-0,00003673	-0,00003642
413,15	800	1	1,00139	1,00150	-0,00010997	-0,00010982
423,15	800	1	0,99408	0,99424	-0,00016196	-0,00016292
433,15	800	1	0,98655	0,98673	-0,00018268	-0,00018517
443,15	800	1	0,97881	0,97897	-0,00016214	-0,00016565
453,15	800	1	0,97085	0,97096	-0,00011033	-0,00011365
463,15	800	1	0,96266	0,96270	-0,00003727	-0,00003871
473,15	800	1	0,95424	0,95418	0,00005706	0,00005979
483,15	800	1	0,94559	0,94542	0,00017265	0,00018258
493,15	800	1	0,93669	0,93640	0,00028950	0,00030906
503,15	800	1	0,92754	0,92713	0,00040761	0,00043945
513,15	800	1	0,91811	0,91761	0,00049699	0,00054131
523,15	800	1	0,90840	0,90784	0,00055762	0,00061385
533,15	800	1	0,89839	0,89782	0,00056952	0,00063393
543,15	800	1	0,88804	0,88755	0,00049268	0,00055480
553,15	800	1	0,87733	0,87702	0,00030710	0,00035004
563,15	800	1	0,86623	0,86625	-0,00001721	-0,00001987

573,15	800	1	0,85469	0,85522	-0,00053027	-0,00062042
273,15	1000	1	1,08367	1,08453	-0,00086382	-0,00079712
283,15	1000	1	1,08036	1,08059	-0,00022637	-0,00020953
293,15	1000	1	1,07664	1,07641	0,00022510	0,00020908
298,15	1000	1	1,07463	1,07425	0,00038485	0,00035812
303,15	1000	1	1,07254	1,07202	0,00052060	0,00048539
313,15	1000	1	1,06811	1,06740	0,00071012	0,00066484
323,15	1000	1	1,06336	1,06256	0,00080368	0,00075579
333,15	1000	1	1,05832	1,05749	0,00083125	0,00078545
343,15	1000	1	1,05298	1,05220	0,00078286	0,00074347
353,15	1000	1	1,04740	1,04668	0,00071849	0,00068597
363,15	1000	1	1,04157	1,04094	0,00062815	0,00060308
373,15	1000	1	1,03549	1,03498	0,00051183	0,00049429
383,15	1000	1	1,02919	1,02879	0,00039954	0,00038821
393,15	1000	1	1,02266	1,02238	0,00028128	0,00027505
403,15	1000	1	1,01592	1,01574	0,00017704	0,00017427
413,15	1000	1	1,00898	1,00888	0,00009683	0,00009597
423,15	1000	1	1,00184	1,00180	0,00004065	0,00004058
433,15	1000	1	0,99449	0,99449	-0,00000151	-0,00000151
443,15	1000	1	0,98695	0,98696	-0,00000964	-0,00000976
453,15	1000	1	0,97922	0,97920	0,00001626	0,00001661
463,15	1000	1	0,97128	0,97122	0,00005618	0,00005785
473,15	1000	1	0,96315	0,96302	0,00013013	0,00013511
483,15	1000	1	0,95481	0,95459	0,00021811	0,00022843
493,15	1000	1	0,94627	0,94594	0,00033011	0,00034886
503,15	1000	1	0,93751	0,93706	0,00044614	0,00047588
513,15	1000	1	0,92852	0,92796	0,00055620	0,00059902
523,15	1000	1	0,91930	0,91864	0,00066028	0,00071824
533,15	1000	1	0,90984	0,90909	0,00074839	0,00082255
543,15	1000	1	0,90011	0,89932	0,00079053	0,00087825
553,15	1000	1	0,89011	0,88932	0,00078669	0,00088381
563,15	1000	1	0,87979	0,87910	0,00068688	0,00078073
573,15	1000	1	0,86914	0,86866	0,00048109	0,00055353
273,15	1	2	1,08058	1,07908	0,00149751	0,00138584
283,15	1	2	1,07769	1,07619	0,00149886	0,00139081
293,15	1	2	1,07421	1,07289	0,00131525	0,00122439
298,15	1	2	1,07228	1,07109	0,00118533	0,00110543
303,15	1	2	1,07022	1,06919	0,00102668	0,00095932
313,15	1	2	1,06577	1,06509	0,00068315	0,00064099
323,15	1	2	1,06089	1,06058	0,00031466	0,00029660
333,15	1	2	1,05561	1,05566	-0,00004879	-0,00004622
343,15	1	2	1,04976	1,05034	-0,00057719	-0,00054984
353,15	1	2	1,04371	1,04461	-0,00090056	-0,00086285
363,15	1	2	1,03733	1,03848	-0,00114889	-0,00110755
373,15	1	2	1,03064	1,03194	-0,00130218	-0,00126347
383,15	1,4	2	1,02367	1,02502	-0,00134748	-0,00131632
393,15	2	2	1,01640	1,01770	-0,00129813	-0,00127719
403,15	2,7	2	1,00884	1,00998	-0,00114118	-0,00113118
413,15	3,6	2	1,00099	1,00187	-0,00088287	-0,00088200
423,15	4,8	2	0,99283	0,99338	-0,00055080	-0,00055478
433,15	6,2	2	0,98437	0,98450	-0,00013316	-0,00013528
443,15	7,9	2	0,97559	0,97525	0,00034094	0,00034947

453,15	10	2	0,96647	0,96563	0,00084053	0,00086969
463,15	12,5	2	0,95700	0,95565	0,00134907	0,00140969
473,15	15,5	2	0,94716	0,94533	0,00183225	0,00193446
483,15	19,1	2	0,93692	0,93468	0,00224315	0,00239417
493,15	23,2	2	0,92625	0,92370	0,00254811	0,00275100
503,15	28	2	0,91514	0,91243	0,00270891	0,00296010
513,15	33,4	2	0,90354	0,90087	0,00266941	0,00295439
523,15	39,7	2	0,89144	0,88906	0,00237609	0,00266545
533,15	46,9	2	0,87880	0,87703	0,00176821	0,00201207
543,15	55	2	0,86562	0,86480	0,00082385	0,00095174
553,15	64,1	2	0,85188	0,85239	-0,00051148	-0,00060041
563,15	74,4	2	0,83764	0,83987	-0,00222787	-0,00265970
573,15	85,8	2	0,82299	0,82724	-0,00425329	-0,00516809
273,15	200	2	1,08876	1,08763	0,00113055	0,00103838
283,15	200	2	1,08563	1,08441	0,00122141	0,00112507
293,15	200	2	1,08199	1,08084	0,00114649	0,00105961
298,15	200	2	1,08000	1,07893	0,00106811	0,00098899
303,15	200	2	1,07790	1,07693	0,00096578	0,00089598
313,15	200	2	1,07340	1,07268	0,00071928	0,00067009
323,15	200	2	1,06852	1,06808	0,00043698	0,00040896
333,15	200	2	1,06327	1,06314	0,00012890	0,00012123
343,15	200	2	1,05761	1,05785	-0,00024497	-0,00023163
353,15	200	2	1,05171	1,05222	-0,00051464	-0,00048933
363,15	200	2	1,04552	1,04625	-0,00073009	-0,00069830
373,15	200	2	1,03905	1,03993	-0,00088133	-0,00084821
383,15	200	2	1,03231	1,03327	-0,00095837	-0,00092837
393,15	200	2	1,02531	1,02626	-0,00095119	-0,00092771
403,15	200	2	1,01805	1,01891	-0,00085981	-0,00084456
413,15	200	2	1,01052	1,01121	-0,00069421	-0,00068698
423,15	200	2	1,00272	1,00317	-0,00045441	-0,00045317
433,15	200	2	0,99465	0,99479	-0,00014039	-0,00014115
443,15	200	2	0,98628	0,98606	0,00021783	0,00022086
453,15	200	2	0,97761	0,97699	0,00062027	0,00063447
463,15	200	2	0,96862	0,96757	0,00104691	0,00108083
473,15	200	2	0,95927	0,95781	0,00145777	0,00151966
483,15	200	2	0,94956	0,94771	0,00185283	0,00195125
493,15	200	2	0,93943	0,93726	0,00217211	0,00231215
503,15	200	2	0,92886	0,92646	0,00239559	0,00257906
513,15	200	2	0,91780	0,91533	0,00247328	0,00269480
523,15	200	2	0,90622	0,90384	0,00237519	0,00262098
533,15	200	2	0,89404	0,89202	0,00202130	0,00226086
543,15	200	2	0,88124	0,87985	0,00139162	0,00157916
553,15	200	2	0,86774	0,86733	0,00040616	0,00046806
563,15	200	2	0,85353	0,85448	-0,00094510	-0,00110729
573,15	200	2	0,83859	0,84127	-0,00268215	-0,00319840
273,15	400	2	1,09666	1,09593	0,00072983	0,00066550
283,15	400	2	1,09331	1,09241	0,00090106	0,00082416
293,15	400	2	1,08953	1,08860	0,00093418	0,00085742
298,15	400	2	1,08749	1,08658	0,00091020	0,00083697
303,15	400	2	1,08535	1,08449	0,00085919	0,00079163
313,15	400	2	1,08080	1,08009	0,00070609	0,00065330
323,15	400	2	1,07591	1,07541	0,00050488	0,00046926

333,15	400	2	1,07069	1,07042	0,00026555	0,00024802
343,15	400	2	1,06516	1,06515	0,00000812	0,00000762
353,15	400	2	1,05938	1,05959	-0,00020743	-0,00019580
363,15	400	2	1,05333	1,05373	-0,00040109	-0,00038078
373,15	400	2	1,04707	1,04758	-0,00051286	-0,00048981
383,15	400	2	1,04050	1,04114	-0,00064274	-0,00061773
393,15	400	2	1,03374	1,03441	-0,00067074	-0,00064885
403,15	400	2	1,02674	1,02739	-0,00064684	-0,00063000
413,15	400	2	1,01951	1,02007	-0,00056106	-0,00055032
423,15	400	2	1,01205	1,01246	-0,00041339	-0,00040847
433,15	400	2	1,00435	1,00456	-0,00021383	-0,00021291
443,15	400	2	0,99640	0,99637	0,00002762	0,00002772
453,15	400	2	0,98820	0,98789	0,00031095	0,00031466
463,15	400	2	0,97974	0,97911	0,00062618	0,00063912
473,15	400	2	0,97098	0,97005	0,00093329	0,00096118
483,15	400	2	0,96193	0,96069	0,00124229	0,00129145
493,15	400	2	0,95254	0,95104	0,00150318	0,00157807
503,15	400	2	0,94280	0,94109	0,00170595	0,00180946
513,15	400	2	0,93267	0,93086	0,00181062	0,00194133
523,15	400	2	0,92211	0,92033	0,00177717	0,00192729
533,15	400	2	0,91109	0,90951	0,00157562	0,00172938
543,15	400	2	0,89954	0,89840	0,00113595	0,00126281
553,15	400	2	0,88742	0,88700	0,00041817	0,00047122
563,15	400	2	0,87466	0,87531	-0,00064773	-0,00074055
573,15	400	2	0,86118	0,86332	-0,00214173	-0,00248697
273,15	600	2	1,10426	1,10394	0,00031902	0,00028890
283,15	600	2	1,10073	1,10015	0,00057973	0,00052668
293,15	600	2	1,09683	1,09611	0,00071885	0,00065539
298,15	600	2	1,09474	1,09400	0,00074156	0,00067739
303,15	600	2	1,09256	1,09182	0,00073638	0,00067399
313,15	600	2	1,08796	1,08729	0,00067230	0,00061795
323,15	600	2	1,08305	1,08250	0,00054663	0,00050472
333,15	600	2	1,07785	1,07747	0,00037937	0,00035197
343,15	600	2	1,07241	1,07219	0,00022050	0,00020562
353,15	600	2	1,06671	1,06666	0,00005004	0,00004691
363,15	600	2	1,06077	1,06088	-0,00011201	-0,00010560
373,15	600	2	1,05460	1,05486	-0,00025566	-0,00024243
383,15	600	2	1,04822	1,04858	-0,00036091	-0,00034431
393,15	600	2	1,04163	1,04206	-0,00042776	-0,00041066
403,15	600	2	1,03484	1,03529	-0,00044620	-0,00043118
413,15	600	2	1,02783	1,02827	-0,00043624	-0,00042443
423,15	600	2	1,02063	1,02100	-0,00036788	-0,00036044
433,15	600	2	1,01322	1,01348	-0,00026111	-0,00025770
443,15	600	2	1,00560	1,00572	-0,00011594	-0,00011529
453,15	600	2	0,99776	0,99770	0,00005764	0,00005777
463,15	600	2	0,98970	0,98944	0,00025962	0,00026232
473,15	600	2	0,98140	0,98093	0,00047000	0,00047890
483,15	600	2	0,97285	0,97217	0,00067878	0,00069772
493,15	600	2	0,96404	0,96316	0,00087597	0,00090865
503,15	600	2	0,95493	0,95391	0,00102156	0,00106978
513,15	600	2	0,94552	0,94440	0,00111556	0,00117983
523,15	600	2	0,93576	0,93465	0,00110796	0,00118402

533,15	600	2	0,92563	0,92465	0,00097876	0,00105740
543,15	600	2	0,91508	0,91440	0,00067796	0,00074088
553,15	600	2	0,90406	0,90390	0,00015557	0,00017208
563,15	600	2	0,89251	0,89316	-0,00064841	-0,00072651
573,15	600	2	0,88033	0,88216	-0,00183400	-0,00208331
273,15	800	2	1,11158	1,11166	-0,00008188	-0,00007366
283,15	800	2	1,10791	1,10763	0,00027744	0,00025042
293,15	800	2	1,10389	1,10339	0,00050051	0,00045340
298,15	800	2	1,10175	1,10119	0,00056220	0,00051028
303,15	800	2	1,09954	1,09893	0,00060733	0,00055235
313,15	800	2	1,09490	1,09426	0,00063791	0,00058262
323,15	800	2	1,08997	1,08938	0,00059225	0,00054336
333,15	800	2	1,08478	1,08428	0,00050034	0,00046124
343,15	800	2	1,07937	1,07897	0,00040218	0,00037261
353,15	800	2	1,07372	1,07344	0,00027779	0,00025871
363,15	800	2	1,06785	1,06770	0,00014714	0,00013779
373,15	800	2	1,06178	1,06175	0,00003025	0,00002849
383,15	800	2	1,05551	1,05558	-0,00007288	-0,00006905
393,15	800	2	1,04904	1,04920	-0,00016226	-0,00015468
403,15	800	2	1,04239	1,04261	-0,00021788	-0,00020902
413,15	800	2	1,03555	1,03580	-0,00024975	-0,00024118
423,15	800	2	1,02853	1,02878	-0,00024787	-0,00024099
433,15	800	2	1,02133	1,02154	-0,00021222	-0,00020779
443,15	800	2	1,01394	1,01409	-0,00015283	-0,00015073
453,15	800	2	1,00637	1,00643	-0,00005968	-0,00005930
463,15	800	2	0,99860	0,99855	0,00004723	0,00004730
473,15	800	2	0,99064	0,99046	0,00017789	0,00017958
483,15	800	2	0,98247	0,98216	0,00031231	0,00031788
493,15	800	2	0,97407	0,97364	0,00043048	0,00044194
503,15	800	2	0,96545	0,96491	0,00054241	0,00056182
513,15	800	2	0,95657	0,95596	0,00060810	0,00063570
523,15	800	2	0,94743	0,94680	0,00062753	0,00066235
533,15	800	2	0,93799	0,93743	0,00056073	0,00059780
543,15	800	2	0,92822	0,92784	0,00037767	0,00040688
553,15	800	2	0,91809	0,91804	0,00004838	0,00005269
563,15	800	2	0,90753	0,90803	-0,00049716	-0,00054782
573,15	800	2	0,89649	0,89780	-0,00130895	-0,00146008
273,15	1000	2	1,11862	1,11909	-0,00047286	-0,00042271
283,15	1000	2	1,11484	1,11486	-0,00001583	-0,00001420
293,15	1000	2	1,11073	1,11043	0,00029915	0,00026932
298,15	1000	2	1,10855	1,10815	0,00040211	0,00036274
303,15	1000	2	1,10631	1,10582	0,00049206	0,00044478
313,15	1000	2	1,10162	1,10102	0,00060292	0,00054730
323,15	1000	2	1,09667	1,09603	0,00064172	0,00058516
333,15	1000	2	1,09149	1,09085	0,00063847	0,00058495
343,15	1000	2	1,08606	1,08549	0,00057316	0,00052774
353,15	1000	2	1,08044	1,07993	0,00050579	0,00046814
363,15	1000	2	1,07461	1,07419	0,00041637	0,00038746
373,15	1000	2	1,06859	1,06827	0,00032489	0,00030404
383,15	1000	2	1,06238	1,06215	0,00023135	0,00021777
393,15	1000	2	1,05599	1,05584	0,00014576	0,00013803
403,15	1000	2	1,04942	1,04935	0,00006811	0,00006490

413,15	1000	2	1,04268	1,04267	0,00000841	0,00000806
423,15	1000	2	1,03578	1,03580	-0,00002336	-0,00002255
433,15	1000	2	1,02871	1,02875	-0,00003718	-0,00003614
443,15	1000	2	1,02148	1,02150	-0,00002305	-0,00002257
453,15	1000	2	1,01407	1,01407	-0,00000098	-0,00000097
463,15	1000	2	1,00650	1,00645	0,00004903	0,00004871
473,15	1000	2	0,99876	0,99864	0,00011698	0,00011713
483,15	1000	2	0,99084	0,99065	0,00019288	0,00019466
493,15	1000	2	0,98274	0,98246	0,00027672	0,00028158
503,15	1000	2	0,97444	0,97409	0,00034851	0,00035765
513,15	1000	2	0,96594	0,96553	0,00040823	0,00042263
523,15	1000	2	0,95723	0,95678	0,00044591	0,00046583
533,15	1000	2	0,94828	0,94785	0,00043152	0,00045506
543,15	1000	2	0,93909	0,93872	0,00036508	0,00038876
553,15	1000	2	0,92962	0,92941	0,00020658	0,00022222
563,15	1000	2	0,91983	0,91991	-0,00008397	-0,00009129
573,15	1000	2	0,90969	0,91023	-0,00053658	-0,00058985
273,15	1	3	1,11570	1,11453	0,00116911	0,00104787
283,15	1	3	1,11201	1,11105	0,00096450	0,00086735
293,15	1	3	1,10795	1,10722	0,00072740	0,00065653
298,15	1	3	1,10577	1,10518	0,00058541	0,00052942
303,15	1	3	1,10351	1,10306	0,00044780	0,00040580
313,15	1	3	1,09872	1,09856	0,00015570	0,00014171
323,15	1	3	1,09359	1,09373	-0,00013890	-0,00012701
333,15	1	3	1,08814	1,08856	-0,00041600	-0,00038231
343,15	1	3	1,08219	1,08305	-0,00085560	-0,00079062
353,15	1	3	1,07609	1,07720	-0,00110770	-0,00102937
363,15	1	3	1,06972	1,07101	-0,00129230	-0,00120807
373,15	1	3	1,06309	1,06449	-0,00139939	-0,00131634
383,15	1,4	3	1,05623	1,05765	-0,00141570	-0,00134033
393,15	2	3	1,04912	1,05047	-0,00135458	-0,00129115
403,15	2,7	3	1,04177	1,04297	-0,00120297	-0,00115474
413,15	3,6	3	1,03416	1,03515	-0,00098676	-0,00095417
423,15	4,8	3	1,02630	1,02700	-0,00070299	-0,00068497
433,15	6,2	3	1,01818	1,01854	-0,00035947	-0,00035305
443,15	7,9	3	1,00978	1,00976	0,00001552	0,00001537
453,15	10	3	1,00110	1,00069	0,00041217	0,00041171
463,15	12,5	3	0,99212	0,99131	0,00080509	0,00081148
473,15	15,5	3	0,98281	0,98166	0,00115173	0,00117188
483,15	19,1	3	0,97316	0,97173	0,00142746	0,00146683
493,15	23,2	3	0,96315	0,96154	0,00161011	0,00167171
503,15	28	3	0,95276	0,95110	0,00165500	0,00173706
513,15	33,4	3	0,94195	0,94043	0,00151807	0,00161162
523,15	39,7	3	0,93071	0,92956	0,00115132	0,00123704
533,15	46,9	3	0,91903	0,91850	0,00052798	0,00057450
543,15	55	3	0,90688	0,90728	-0,00039966	-0,00044070
553,15	64,1	3	0,89430	0,89592	-0,00162039	-0,00181191
563,15	74,4	3	0,88132	0,88447	-0,00314655	-0,00357026
573,15	85,8	3	0,86807	0,87293	-0,00486167	-0,00560055
273,15	200	3	1,12324	1,12232	0,00092267	0,00082144
283,15	200	3	1,11942	1,11862	0,00079943	0,00071415
293,15	200	3	1,11527	1,11463	0,00063601	0,00057028

298,15	200	3	1,11307	1,11253	0,00053798	0,00048333
303,15	200	3	1,11079	1,11036	0,00043241	0,00038928
313,15	200	3	1,10598	1,10579	0,00018864	0,00017056
323,15	200	3	1,10087	1,10094	-0,00006532	-0,00005933
333,15	200	3	1,09546	1,09579	-0,00032945	-0,00030074
343,15	200	3	1,08972	1,09035	-0,00063376	-0,00058158
353,15	200	3	1,08377	1,08463	-0,00085825	-0,00079191
363,15	200	3	1,07759	1,07861	-0,00102291	-0,00094926
373,15	200	3	1,07118	1,07231	-0,00112775	-0,00105281
383,15	200	3	1,06454	1,06571	-0,00117277	-0,00110167
393,15	200	3	1,05768	1,05883	-0,00114797	-0,00108537
403,15	200	3	1,05060	1,05165	-0,00105335	-0,00100262
413,15	200	3	1,04330	1,04419	-0,00088891	-0,00085201
423,15	200	3	1,03576	1,03643	-0,00067464	-0,00065135
433,15	200	3	1,02799	1,02839	-0,00040055	-0,00038964
443,15	200	3	1,01996	1,02006	-0,00009664	-0,00009475
453,15	200	3	1,01168	1,01143	0,00024710	0,00024424
463,15	200	3	1,00310	1,00252	0,00058065	0,00057886
473,15	200	3	0,99423	0,99332	0,00091403	0,00091933
483,15	200	3	0,98503	0,98382	0,00120723	0,00122558
493,15	200	3	0,97545	0,97404	0,00141025	0,00144574
503,15	200	3	0,96551	0,96397	0,00154309	0,00159822
513,15	200	3	0,95513	0,95360	0,00152576	0,00159744
523,15	200	3	0,94428	0,94295	0,00132825	0,00140663
533,15	200	3	0,93291	0,93201	0,00090056	0,00096532
543,15	200	3	0,92097	0,92078	0,00019269	0,00020923
553,15	200	3	0,90843	0,90926	-0,00082535	-0,00090855
563,15	200	3	0,89525	0,89744	-0,00219358	-0,00245024
573,15	200	3	0,88146	0,88534	-0,00388198	-0,00440403
273,15	400	3	1,13053	1,12994	0,00058815	0,00052025
283,15	400	3	1,12662	1,12604	0,00058066	0,00051540
293,15	400	3	1,12240	1,12189	0,00051115	0,00045541
298,15	400	3	1,12017	1,11972	0,00044939	0,00040118
303,15	400	3	1,11787	1,11749	0,00037963	0,00033960
313,15	400	3	1,11304	1,11284	0,00019611	0,00017619
323,15	400	3	1,10794	1,10795	-0,00000942	-0,00000850
333,15	400	3	1,10257	1,10281	-0,00023696	-0,00021492
343,15	400	3	1,09698	1,09742	-0,00043651	-0,00039792
353,15	400	3	1,09115	1,09178	-0,00062807	-0,00057560
363,15	400	3	1,08511	1,08589	-0,00078163	-0,00072033
373,15	400	3	1,07887	1,07976	-0,00088721	-0,00082235
383,15	400	3	1,07243	1,07337	-0,00094479	-0,00088098
393,15	400	3	1,06579	1,06674	-0,00095438	-0,00089547
403,15	400	3	1,05896	1,05987	-0,00090598	-0,00085554
413,15	400	3	1,05193	1,05274	-0,00080959	-0,00076962
423,15	400	3	1,04471	1,04537	-0,00065520	-0,00062716
433,15	400	3	1,03728	1,03774	-0,00046283	-0,00044619
443,15	400	3	1,02964	1,02987	-0,00023246	-0,00022577
453,15	400	3	1,02178	1,02175	0,00002590	0,00002535
463,15	400	3	1,01369	1,01339	0,00030225	0,00029817
473,15	400	3	1,00534	1,00477	0,00056659	0,00056358
483,15	400	3	0,99673	0,99591	0,00081892	0,00082161

493,15	400	3	0,98783	0,98680	0,00102925	0,00104193
503,15	400	3	0,97861	0,97744	0,00116756	0,00119308
513,15	400	3	0,96904	0,96784	0,00120387	0,00124233
523,15	400	3	0,95909	0,95798	0,00110817	0,00115544
533,15	400	3	0,94871	0,94788	0,00083046	0,00087536
543,15	400	3	0,93786	0,93753	0,00033074	0,00035266
553,15	400	3	0,92646	0,92693	-0,00047098	-0,00050837
563,15	400	3	0,91446	0,91608	-0,00162472	-0,00177670
573,15	400	3	0,90178	0,90499	-0,00321046	-0,00356014
273,15	600	3	1,13758	1,13736	0,00021518	0,00018916
283,15	600	3	1,13358	1,13326	0,00031673	0,00027941
293,15	600	3	1,12930	1,12895	0,00035054	0,00031041
298,15	600	3	1,12705	1,12671	0,00033705	0,00029906
303,15	600	3	1,12473	1,12442	0,00030662	0,00027262
313,15	600	3	1,11988	1,11969	0,00019496	0,00017409
323,15	600	3	1,11479	1,11473	0,00005557	0,00004985
333,15	600	3	1,10945	1,10957	-0,00012156	-0,00010957
343,15	600	3	1,10395	1,10420	-0,00024642	-0,00022322
353,15	600	3	1,09821	1,09861	-0,00039903	-0,00036334
363,15	600	3	1,09228	1,09281	-0,00052936	-0,00048464
373,15	600	3	1,08616	1,08680	-0,00063744	-0,00058687
383,15	600	3	1,07986	1,08057	-0,00071325	-0,00066050
393,15	600	3	1,07339	1,07414	-0,00074679	-0,00069573
403,15	600	3	1,06675	1,06749	-0,00073808	-0,00069189
413,15	600	3	1,05994	1,06063	-0,00068709	-0,00064824
423,15	600	3	1,05295	1,05355	-0,00060385	-0,00057348
433,15	600	3	1,04579	1,04627	-0,00047834	-0,00045739
443,15	600	3	1,03844	1,03877	-0,00033056	-0,00031833
453,15	600	3	1,03091	1,03106	-0,00015053	-0,00014601
463,15	600	3	1,02319	1,02314	0,00005177	0,00005060
473,15	600	3	1,01525	1,01500	0,00024634	0,00024264
483,15	600	3	1,00710	1,00666	0,00044317	0,00044005
493,15	600	3	0,99872	0,99810	0,00062226	0,00062306
503,15	600	3	0,99007	0,98933	0,00074362	0,00075108
513,15	600	3	0,98115	0,98034	0,00080724	0,00082275
523,15	600	3	0,97192	0,97115	0,00077313	0,00079547
533,15	600	3	0,96234	0,96174	0,00060128	0,00062481
543,15	600	3	0,95238	0,95212	0,00026169	0,00027478
553,15	600	3	0,94198	0,94229	-0,00030563	-0,00032446
563,15	600	3	0,93106	0,93224	-0,00118069	-0,00126811
573,15	600	3	0,91954	0,92198	-0,00244348	-0,00265729
273,15	800	3	1,14437	1,14459	-0,00021625	-0,00018897
283,15	800	3	1,14032	1,14029	0,00002765	0,00002425
293,15	800	3	1,13599	1,13582	0,00017420	0,00015334
298,15	800	3	1,13371	1,13351	0,00020096	0,00017726
303,15	800	3	1,13138	1,13116	0,00022338	0,00019744
313,15	800	3	1,12652	1,12631	0,00020520	0,00018215
323,15	800	3	1,12142	1,12129	0,00012966	0,00011562
333,15	800	3	1,11611	1,11608	0,00002676	0,00002397
343,15	800	3	1,11064	1,11069	-0,00005350	-0,00004817
353,15	800	3	1,10496	1,10512	-0,00016113	-0,00014582
363,15	800	3	1,09910	1,09937	-0,00026611	-0,00024211

373,15	800	3	1,09307	1,09343	-0,00035845	-0,00032793
383,15	800	3	1,08687	1,08731	-0,00043815	-0,00040313
393,15	800	3	1,08051	1,08101	-0,00049522	-0,00045832
403,15	800	3	1,07400	1,07452	-0,00051964	-0,00048384
413,15	800	3	1,06734	1,06785	-0,00051143	-0,00047916
423,15	800	3	1,06052	1,06100	-0,00048058	-0,00045315
433,15	800	3	1,05354	1,05397	-0,00042708	-0,00040538
443,15	800	3	1,04641	1,04675	-0,00034095	-0,00032583
453,15	800	3	1,03912	1,03935	-0,00023218	-0,00022344
463,15	800	3	1,03166	1,03177	-0,00011077	-0,00010737
473,15	800	3	1,02403	1,02401	0,00002328	0,00002274
483,15	800	3	1,01621	1,01606	0,00014997	0,00014758
493,15	800	3	1,00821	1,00793	0,00027930	0,00027703
503,15	800	3	1,00000	0,99962	0,00038127	0,00038127
513,15	800	3	0,99156	0,99112	0,00043588	0,00043959
523,15	800	3	0,98289	0,98245	0,00044312	0,00045084
533,15	800	3	0,97394	0,97359	0,00035301	0,00036246
543,15	800	3	0,96470	0,96454	0,00015554	0,00016123
553,15	800	3	0,95511	0,95532	-0,00020930	-0,00021914
563,15	800	3	0,94514	0,94591	-0,00077149	-0,00081628
573,15	800	3	0,93469	0,93632	-0,00163105	-0,00174502
273,15	1000	3	1,15092	1,15161	-0,00068613	-0,00059616
283,15	1000	3	1,14684	1,14713	-0,00028657	-0,00024988
293,15	1000	3	1,14247	1,14249	-0,00001789	-0,00001566
298,15	1000	3	1,14018	1,14011	0,00007111	0,00006237
303,15	1000	3	1,13783	1,13769	0,00013990	0,00012295
313,15	1000	3	1,13295	1,13273	0,00021681	0,00019137
323,15	1000	3	1,12786	1,12762	0,00024284	0,00021531
333,15	1000	3	1,12257	1,12234	0,00022799	0,00020310
343,15	1000	3	1,11708	1,11691	0,00017225	0,00015420
353,15	1000	3	1,11142	1,11131	0,00010564	0,00009505
363,15	1000	3	1,10559	1,10556	0,00002814	0,00002545
373,15	1000	3	1,09960	1,09965	-0,00005024	-0,00004569
383,15	1000	3	1,09346	1,09358	-0,00011951	-0,00010929
393,15	1000	3	1,08717	1,08735	-0,00017965	-0,00016525
403,15	1000	3	1,08073	1,08096	-0,00023068	-0,00021345
413,15	1000	3	1,07415	1,07441	-0,00026259	-0,00024447
423,15	1000	3	1,06743	1,06771	-0,00027539	-0,00025799
433,15	1000	3	1,06057	1,06084	-0,00026906	-0,00025370
443,15	1000	3	1,05357	1,05381	-0,00024362	-0,00023123
453,15	1000	3	1,04642	1,04663	-0,00020906	-0,00019979
463,15	1000	3	1,03913	1,03929	-0,00015538	-0,00014953
473,15	1000	3	1,03169	1,03178	-0,00009259	-0,00008974
483,15	1000	3	1,02409	1,02412	-0,00003067	-0,00002995
493,15	1000	3	1,01634	1,01630	0,00004036	0,00003971
503,15	1000	3	1,00842	1,00832	0,00010050	0,00009967
513,15	1000	3	1,00032	1,00018	0,00013977	0,00013973
523,15	1000	3	0,99203	0,99188	0,00014815	0,00014934
533,15	1000	3	0,98353	0,98342	0,00010566	0,00010743
543,15	1000	3	0,97481	0,97481	0,00000228	0,00000233
553,15	1000	3	0,96584	0,96603	-0,00019199	-0,00019878
563,15	1000	3	0,95658	0,95710	-0,00051713	-0,00054061

573,15	1000	3	0,94700	0,94800	-0,00100316	-0,00105930
273,15	1	4	1,14810	1,14772	0,00038416	0,00033461
283,15	1	4	1,14389	1,14365	0,00023668	0,00020690
293,15	1	4	1,13940	1,13932	0,00008269	0,00007257
298,15	1	4	1,13705	1,13705	0,00000326	0,00000287
303,15	1	4	1,13463	1,13471	-0,00007779	-0,00006856
313,15	1	4	1,12958	1,12982	-0,00024477	-0,00021669
323,15	1	4	1,12425	1,12467	-0,00041824	-0,00037202
333,15	1	4	1,11825	1,11924	-0,00098821	-0,00088371
343,15	1	4	1,11267	1,11353	-0,00086468	-0,00077712
353,15	1	4	1,10653	1,10756	-0,00102764	-0,00092871
363,15	1	4	1,10017	1,10131	-0,00113710	-0,00103357
373,15	1	4	1,09359	1,09478	-0,00119306	-0,00109096
383,15	1,4	4	1,08681	1,08800	-0,00119178	-0,00109658
393,15	2	4	1,07981	1,08096	-0,00114659	-0,00106185
403,15	2,7	4	1,07260	1,07364	-0,00104432	-0,00097364
413,15	3,6	4	1,06518	1,06607	-0,00089040	-0,00083591
423,15	4,8	4	1,05754	1,05824	-0,00070113	-0,00066298
433,15	6,2	4	1,04967	1,05015	-0,00048397	-0,00046107
443,15	7,9	4	1,04158	1,04182	-0,00023616	-0,00022674
453,15	10	4	1,03325	1,03324	0,00001385	0,00001341
463,15	12,5	4	1,02467	1,02442	0,00025200	0,00024593
473,15	15,5	4	1,01583	1,01537	0,00045780	0,00045066
483,15	19,1	4	1,00673	1,00611	0,00061919	0,00061506
493,15	23,2	4	0,99733	0,99663	0,00069563	0,00069749
503,15	28	4	0,98763	0,98696	0,00066652	0,00067487
513,15	33,4	4	0,97762	0,97710	0,00051993	0,00053183
523,15	39,7	4	0,96728	0,96708	0,00020425	0,00021115
533,15	46,9	4	0,95661	0,95690	-0,00029301	-0,00030630
543,15	55	4	0,94559	0,94660	-0,00100501	-0,00106284
553,15	64,1	4	0,93424	0,93617	-0,00193427	-0,00207042
563,15	74,4	4	0,92262	0,92567	-0,00305455	-0,00331073
573,15	85,8	4	0,91081	0,91510	-0,00429481	-0,00471537
273,15	200	4	1,15517	1,15487	0,00030364	0,00026286
283,15	200	4	1,15090	1,15070	0,00019994	0,00017373
293,15	200	4	1,14638	1,14629	0,00008584	0,00007488
298,15	200	4	1,14402	1,14400	0,00001863	0,00001629
303,15	200	4	1,14159	1,14165	-0,00005867	-0,00005139
313,15	200	4	1,13654	1,13676	-0,00022359	-0,00019673
323,15	200	4	1,13123	1,13164	-0,00040891	-0,00036147
333,15	200	4	1,12568	1,12627	-0,00059463	-0,00052824
343,15	200	4	1,11989	1,12067	-0,00078077	-0,00069718
353,15	200	4	1,11391	1,11483	-0,00091730	-0,00082350
363,15	200	4	1,10772	1,10874	-0,00102425	-0,00092464
373,15	200	4	1,10134	1,10242	-0,00108160	-0,00098207
383,15	200	4	1,09476	1,09586	-0,00109935	-0,00100419
393,15	200	4	1,08799	1,08906	-0,00106751	-0,00098117
403,15	200	4	1,08103	1,08202	-0,00098607	-0,00091216
413,15	200	4	1,07387	1,07474	-0,00086504	-0,00080554
423,15	200	4	1,06651	1,06721	-0,00070442	-0,00066049
433,15	200	4	1,05893	1,05945	-0,00052420	-0,00049503
443,15	200	4	1,05115	1,05145	-0,00030439	-0,00028957

453,15	200	4	1,04314	1,04321	-0,00007498	-0,00007188
463,15	200	4	1,03489	1,03474	0,00015402	0,00014883
473,15	200	4	1,02638	1,02602	0,00036262	0,00035330
483,15	200	4	1,01760	1,01706	0,00054081	0,00053146
493,15	200	4	1,00853	1,00786	0,00066860	0,00066295
503,15	200	4	0,99914	0,99842	0,00071598	0,00071660
513,15	200	4	0,98941	0,98875	0,00066296	0,00067005
523,15	200	4	0,97929	0,97883	0,00045953	0,00046924
533,15	200	4	0,96877	0,96867	0,00009569	0,00009878
543,15	200	4	0,95780	0,95828	-0,00047855	-0,00049963
553,15	200	4	0,94635	0,94764	-0,00129320	-0,00136651
563,15	200	4	0,93440	0,93677	-0,00236825	-0,00253451
573,15	200	4	0,92196	0,92565	-0,00369371	-0,00400636
273,15	400	4	1,16203	1,16190	0,00013081	0,00011257
283,15	400	4	1,15772	1,15762	0,00010056	0,00008686
293,15	400	4	1,15317	1,15313	0,00003924	0,00003403
298,15	400	4	1,15080	1,15081	-0,00000806	-0,00000701
303,15	400	4	1,14836	1,14843	-0,00007314	-0,00006369
313,15	400	4	1,14332	1,14353	-0,00020658	-0,00018068
323,15	400	4	1,13803	1,13841	-0,00038108	-0,00033486
333,15	400	4	1,13253	1,13309	-0,00055665	-0,00049151
343,15	400	4	1,12688	1,12755	-0,00067328	-0,00059747
353,15	400	4	1,12102	1,12181	-0,00079097	-0,00070558
363,15	400	4	1,11497	1,11586	-0,00088973	-0,00079798
373,15	400	4	1,10875	1,10970	-0,00094955	-0,00085641
383,15	400	4	1,10236	1,10333	-0,00097043	-0,00088032
393,15	400	4	1,09579	1,09675	-0,00096237	-0,00087824
403,15	400	4	1,08905	1,08997	-0,00091538	-0,00084053
413,15	400	4	1,08215	1,08297	-0,00081945	-0,00075724
423,15	400	4	1,07506	1,07576	-0,00070458	-0,00065539
433,15	400	4	1,06780	1,06835	-0,00055077	-0,00051580
443,15	400	4	1,06035	1,06073	-0,00037803	-0,00035652
453,15	400	4	1,05271	1,05290	-0,00018635	-0,00017702
463,15	400	4	1,04487	1,04486	0,00001426	0,00001365
473,15	400	4	1,03681	1,03661	0,00020382	0,00019658
483,15	400	4	1,02853	1,02815	0,00038231	0,00037170
493,15	400	4	1,02000	1,01948	0,00051973	0,00050954
503,15	400	4	1,01121	1,01060	0,00060610	0,00059938
513,15	400	4	1,00213	1,00152	0,00061140	0,00061010
523,15	400	4	0,99274	0,99222	0,00051564	0,00051941
533,15	400	4	0,98300	0,98272	0,00027882	0,00028364
543,15	400	4	0,97287	0,97301	-0,00013907	-0,00014295
553,15	400	4	0,96231	0,96309	-0,00077802	-0,00080849
563,15	400	4	0,95126	0,95296	-0,00169803	-0,00178503
573,15	400	4	0,93965	0,94262	-0,00296910	-0,00315980
273,15	600	4	1,16866	1,16878	-0,00011801	-0,00010098
283,15	600	4	1,16433	1,16438	-0,00004566	-0,00003922
293,15	600	4	1,15975	1,15979	-0,00004160	-0,00003587
298,15	600	4	1,15736	1,15743	-0,00007143	-0,00006171
303,15	600	4	1,15493	1,15503	-0,00009583	-0,00008297
313,15	600	4	1,14988	1,15008	-0,00019834	-0,00017249
323,15	600	4	1,14462	1,14495	-0,00032915	-0,00028756

333,15	600	4	1,13916	1,13964	-0,00047825	-0,00041982
343,15	600	4	1,13360	1,13415	-0,00054563	-0,00048133
353,15	600	4	1,12782	1,12847	-0,00065131	-0,00057749
363,15	600	4	1,12188	1,12262	-0,00073527	-0,00065539
373,15	600	4	1,11579	1,11658	-0,00078752	-0,00070580
383,15	600	4	1,10954	1,11036	-0,00081807	-0,00073730
393,15	600	4	1,10313	1,10396	-0,00082690	-0,00074959
403,15	600	4	1,09658	1,09737	-0,00079402	-0,00072409
413,15	600	4	1,08987	1,09061	-0,00073943	-0,00067846
423,15	600	4	1,08301	1,08366	-0,00065314	-0,00060307
433,15	600	4	1,07599	1,07654	-0,00054513	-0,00050663
443,15	600	4	1,06881	1,06923	-0,00041541	-0,00038866
453,15	600	4	1,06147	1,06173	-0,00026398	-0,00024869
463,15	600	4	1,05395	1,05406	-0,00011084	-0,00010516
473,15	600	4	1,04625	1,04621	0,00004402	0,00004207
483,15	600	4	1,03837	1,03817	0,00020058	0,00019317
493,15	600	4	1,03028	1,02995	0,00032885	0,00031918
503,15	600	4	1,02198	1,02155	0,00042883	0,00041961
513,15	600	4	1,01344	1,01297	0,00047053	0,00046429
523,15	600	4	1,00465	1,00421	0,00044393	0,00044187
533,15	600	4	0,99557	0,99526	0,00030904	0,00031042
543,15	600	4	0,98617	0,98613	0,00003587	0,00003637
553,15	600	4	0,97642	0,97683	-0,00040560	-0,00041539
563,15	600	4	0,96624	0,96734	-0,00109535	-0,00113362
573,15	600	4	0,95558	0,95766	-0,00208339	-0,00218024
273,15	800	4	1,17506	1,17550	-0,00044283	-0,00037686
283,15	800	4	1,17072	1,17097	-0,00024871	-0,00021244
293,15	800	4	1,16612	1,16628	-0,00015669	-0,00013436
298,15	800	4	1,16373	1,16387	-0,00014145	-0,00012155
303,15	800	4	1,16128	1,16143	-0,00014674	-0,00012636
313,15	800	4	1,15624	1,15642	-0,00017888	-0,00015471
323,15	800	4	1,15101	1,15125	-0,00024311	-0,00021122
333,15	800	4	1,14559	1,14593	-0,00033943	-0,00029629
343,15	800	4	1,14006	1,14045	-0,00038782	-0,00034018
353,15	800	4	1,13434	1,13481	-0,00046831	-0,00041285
363,15	800	4	1,12847	1,12901	-0,00054088	-0,00047930
373,15	800	4	1,12246	1,12306	-0,00059553	-0,00053056
383,15	800	4	1,11631	1,11694	-0,00063227	-0,00056640
393,15	800	4	1,11003	1,11067	-0,00064110	-0,00057755
403,15	800	4	1,10360	1,10424	-0,00064201	-0,00058174
413,15	800	4	1,09704	1,09766	-0,00061501	-0,00056061
423,15	800	4	1,09035	1,09091	-0,00056009	-0,00051368
433,15	800	4	1,08351	1,08401	-0,00049726	-0,00045893
443,15	800	4	1,07654	1,07695	-0,00040651	-0,00037761
453,15	800	4	1,06942	1,06973	-0,00030785	-0,00028786
463,15	800	4	1,06215	1,06235	-0,00020127	-0,00018949
473,15	800	4	1,05473	1,05482	-0,00008678	-0,00008228
483,15	800	4	1,04716	1,04712	0,00003562	0,00003402
493,15	800	4	1,03941	1,03927	0,00013594	0,00013079
503,15	800	4	1,03149	1,03127	0,00022418	0,00021734
513,15	800	4	1,02337	1,02310	0,00027033	0,00026416
523,15	800	4	1,01506	1,01478	0,00028439	0,00028017

533,15	800	4	1,00651	1,00629	0,00021637	0,00021497
543,15	800	4	0,99772	0,99765	0,00006626	0,00006641
553,15	800	4	0,98865	0,98886	-0,00020593	-0,00020829
563,15	800	4	0,97926	0,97990	-0,00064021	-0,00065377
573,15	800	4	0,96949	0,97079	-0,00129657	-0,00133737
273,15	1000	4	1,18124	1,18207	-0,00083364	-0,00070573
283,15	1000	4	1,17689	1,17740	-0,00050860	-0,00043216
293,15	1000	4	1,17228	1,17259	-0,00030602	-0,00026104
298,15	1000	4	1,16989	1,17013	-0,00023814	-0,00020356
303,15	1000	4	1,16744	1,16764	-0,00019588	-0,00016779
313,15	1000	4	1,16240	1,16255	-0,00014820	-0,00012750
323,15	1000	4	1,15719	1,15732	-0,00013297	-0,00011491
333,15	1000	4	1,15181	1,15196	-0,00015019	-0,00013039
343,15	1000	4	1,14626	1,14646	-0,00019986	-0,00017436
353,15	1000	4	1,14056	1,14082	-0,00026198	-0,00022969
363,15	1000	4	1,13473	1,13505	-0,00031655	-0,00027896
373,15	1000	4	1,12877	1,12913	-0,00036357	-0,00032209
383,15	1000	4	1,12269	1,12308	-0,00039304	-0,00035009
393,15	1000	4	1,11647	1,11689	-0,00042497	-0,00038063
403,15	1000	4	1,11013	1,11057	-0,00043934	-0,00039575
413,15	1000	4	1,10367	1,10411	-0,00043616	-0,00039519
423,15	1000	4	1,09708	1,09751	-0,00042544	-0,00038779
433,15	1000	4	1,09037	1,09077	-0,00039716	-0,00036425
443,15	1000	4	1,08354	1,08389	-0,00035134	-0,00032425
453,15	1000	4	1,07657	1,07688	-0,00030797	-0,00028606
463,15	1000	4	1,06948	1,06973	-0,00024704	-0,00023099
473,15	1000	4	1,06225	1,06244	-0,00018857	-0,00017752
483,15	1000	4	1,05489	1,05501	-0,00012255	-0,00011617
493,15	1000	4	1,04738	1,04745	-0,00006898	-0,00006586
503,15	1000	4	1,03973	1,03975	-0,00001786	-0,00001718
513,15	1000	4	1,03192	1,03191	0,00001081	0,00001048
523,15	1000	4	1,02395	1,02393	0,00001703	0,00001663
533,15	1000	4	1,01581	1,01582	-0,00000920	-0,00000906
543,15	1000	4	1,00748	1,00757	-0,00008789	-0,00008723
553,15	1000	4	0,99894	0,99918	-0,00023902	-0,00023927
563,15	1000	4	0,99016	0,99065	-0,00049260	-0,00049750
573,15	1000	4	0,98112	0,98199	-0,00086864	-0,00088535
273,15	1	5	1,17833	1,17864	-0,00030732	-0,00026081
283,15	1	5	1,17375	1,17401	-0,00026463	-0,00022546
293,15	1	5	1,16984	1,16918	0,00066111	0,00056513
298,15	1	5	1,16644	1,16668	-0,00024112	-0,00020671
303,15	1	5	1,16388	1,16413	-0,00025009	-0,00021488
313,15	1	5	1,15859	1,15887	-0,00027825	-0,00024016
323,15	1	5	1,15307	1,15339	-0,00032336	-0,00028044
333,15	1	5	1,14732	1,14771	-0,00038542	-0,00033593
343,15	1	5	1,14134	1,14180	-0,00046443	-0,00040692
353,15	1	5	1,13520	1,13569	-0,00049040	-0,00043199
363,15	1	5	1,12885	1,12936	-0,00051331	-0,00045472
373,15	1	5	1,12230	1,12282	-0,00052318	-0,00046617
383,15	1,4	5	1,11557	1,11609	-0,00051572	-0,00046229
393,15	2	5	1,10866	1,10914	-0,00048418	-0,00043673
403,15	2,7	5	1,10155	1,10200	-0,00044525	-0,00040420

413,15	3,6	5	1,09424	1,09464	-0,00040377	-0,00036899
423,15	4,8	5	1,08675	1,08710	-0,00034523	-0,00031767
433,15	6,2	5	1,07908	1,07935	-0,00026666	-0,00024712
443,15	7,9	5	1,07121	1,07140	-0,00019411	-0,00018120
453,15	10	5	1,06315	1,06327	-0,00012440	-0,00011701
463,15	12,5	5	1,05490	1,05496	-0,00006018	-0,00005705
473,15	15,5	5	1,04647	1,04647	0,00000045	0,00000043
483,15	19,1	5	1,03784	1,03781	0,00002836	0,00002733
493,15	23,2	5	1,02903	1,02899	0,00004469	0,00004343
503,15	28	5	1,02002	1,02001	0,00001347	0,00001320
513,15	33,4	5	1,01082	1,01088	-0,00005500	-0,00005441
523,15	39,7	5	1,00144	1,00162	-0,00017513	-0,00017488
533,15	46,9	5	0,99186	0,99223	-0,00037478	-0,00037786
543,15	55	5	0,98211	0,98274	-0,00063221	-0,00064372
553,15	64,1	5	0,97219	0,97315	-0,00096312	-0,00099067
563,15	74,4	5	0,96213	0,96349	-0,00136188	-0,00141549
573,15	85,8	5	0,95198	0,95376	-0,00178270	-0,00187262
273,15	200	5	1,18512	1,18528	-0,00015654	-0,00013209
283,15	200	5	1,18050	1,18065	-0,00014705	-0,00012456
293,15	200	5	1,17566	1,17582	-0,00016402	-0,00013952
298,15	200	5	1,17315	1,17334	-0,00018994	-0,00016191
303,15	200	5	1,17059	1,17081	-0,00021747	-0,00018578
313,15	200	5	1,16531	1,16560	-0,00028740	-0,00024663
323,15	200	5	1,15982	1,16019	-0,00037379	-0,00032228
333,15	200	5	1,15412	1,15460	-0,00047666	-0,00041301
343,15	200	5	1,14830	1,14881	-0,00050600	-0,00044065
353,15	200	5	1,14228	1,14282	-0,00054181	-0,00047433
363,15	200	5	1,13609	1,13664	-0,00055410	-0,00048773
373,15	200	5	1,12972	1,13027	-0,00055286	-0,00048938
383,15	200	5	1,12317	1,12371	-0,00053809	-0,00047908
393,15	200	5	1,11644	1,11695	-0,00050980	-0,00045663
403,15	200	5	1,10953	1,11000	-0,00046797	-0,00042178
413,15	200	5	1,10243	1,10285	-0,00042262	-0,00038336
423,15	200	5	1,09516	1,09551	-0,00035375	-0,00032301
433,15	200	5	1,08770	1,08798	-0,00028134	-0,00025866
443,15	200	5	1,08005	1,08026	-0,00020541	-0,00019019
453,15	200	5	1,07221	1,07234	-0,00012595	-0,00011747
463,15	200	5	1,06417	1,06422	-0,00005297	-0,00004977
473,15	200	5	1,05593	1,05592	0,00001355	0,00001283
483,15	200	5	1,04749	1,04742	0,00007359	0,00007025
493,15	200	5	1,03883	1,03872	0,00010715	0,00010315
503,15	200	5	1,02994	1,02984	0,00010425	0,00010122
513,15	200	5	1,02083	1,02076	0,00007487	0,00007334
523,15	200	5	1,01147	1,01148	-0,00001098	-0,00001086
533,15	200	5	1,00185	1,00201	-0,00016330	-0,00016300
543,15	200	5	0,99196	0,99235	-0,00039210	-0,00039528
553,15	200	5	0,98179	0,98250	-0,00070737	-0,00072049
563,15	200	5	0,97134	0,97245	-0,00110911	-0,00114184
573,15	200	5	0,96060	0,96221	-0,00160733	-0,00167325
273,15	400	5	1,19173	1,19180	-0,00007220	-0,00006058
283,15	400	5	1,18707	1,18715	-0,00007923	-0,00006674
293,15	400	5	1,18221	1,18232	-0,00011154	-0,00009435

298,15	400	5	1,17969	1,17984	-0,00015217	-0,00012899
303,15	400	5	1,17713	1,17732	-0,00018912	-0,00016066
313,15	400	5	1,17186	1,17214	-0,00028197	-0,00024062
323,15	400	5	1,16640	1,16679	-0,00039010	-0,00033445
333,15	400	5	1,16076	1,16126	-0,00050351	-0,00043378
343,15	400	5	1,15504	1,15556	-0,00052219	-0,00045210
353,15	400	5	1,14914	1,14969	-0,00054614	-0,00047526
363,15	400	5	1,14307	1,14364	-0,00056537	-0,00049461
373,15	400	5	1,13685	1,13741	-0,00055988	-0,00049248
383,15	400	5	1,13047	1,13101	-0,00053966	-0,00047737
393,15	400	5	1,12392	1,12443	-0,00051471	-0,00045796
403,15	400	5	1,11722	1,11769	-0,00046504	-0,00041625
413,15	400	5	1,11035	1,11076	-0,00041064	-0,00036983
423,15	400	5	1,10331	1,10366	-0,00035152	-0,00031861
433,15	400	5	1,09611	1,09639	-0,00027767	-0,00025333
443,15	400	5	1,08874	1,08894	-0,00019910	-0,00018287
453,15	400	5	1,08120	1,08132	-0,00011580	-0,00010711
463,15	400	5	1,07348	1,07352	-0,00003778	-0,00003520
473,15	400	5	1,06558	1,06555	0,00003497	0,00003281
483,15	400	5	1,05749	1,05740	0,00009244	0,00008741
493,15	400	5	1,04922	1,04908	0,00014464	0,00013785
503,15	400	5	1,04075	1,04058	0,00017156	0,00016484
513,15	400	5	1,03207	1,03191	0,00016321	0,00015814
523,15	400	5	1,02317	1,02306	0,00010958	0,00010710
533,15	400	5	1,01405	1,01404	0,00001068	0,00001054
543,15	400	5	1,00468	1,00484	-0,00016349	-0,00016273
553,15	400	5	0,99505	0,99547	-0,00042294	-0,00042505
563,15	400	5	0,98513	0,98593	-0,00079767	-0,00080971
573,15	400	5	0,97490	0,97621	-0,00130767	-0,00134133
273,15	600	5	1,19811	1,19818	-0,00007056	-0,00005889
283,15	600	5	1,19342	1,19349	-0,00006744	-0,00005651
293,15	600	5	1,18854	1,18864	-0,00009757	-0,00008210
298,15	600	5	1,18602	1,18615	-0,00013386	-0,00011287
303,15	600	5	1,18346	1,18363	-0,00017097	-0,00014446
313,15	600	5	1,17820	1,17847	-0,00026762	-0,00022714
323,15	600	5	1,17278	1,17315	-0,00036753	-0,00031338
333,15	600	5	1,16718	1,16767	-0,00049069	-0,00042041
343,15	600	5	1,16154	1,16204	-0,00049712	-0,00042798
353,15	600	5	1,15572	1,15625	-0,00052679	-0,00045581
363,15	600	5	1,14976	1,15030	-0,00053973	-0,00046943
373,15	600	5	1,14366	1,14420	-0,00053592	-0,00046860
383,15	600	5	1,13742	1,13794	-0,00051537	-0,00045311
393,15	600	5	1,13103	1,13152	-0,00048808	-0,00043153
403,15	600	5	1,12450	1,12494	-0,00044404	-0,00039488
413,15	600	5	1,11782	1,11821	-0,00039326	-0,00035181
423,15	600	5	1,11100	1,11133	-0,00032574	-0,00029320
433,15	600	5	1,10402	1,10428	-0,00026147	-0,00023684
443,15	600	5	1,09690	1,09708	-0,00018047	-0,00016452
453,15	600	5	1,08962	1,08972	-0,00010271	-0,00009427
463,15	600	5	1,08218	1,08221	-0,00002822	-0,00002608
473,15	600	5	1,07458	1,07454	0,00004302	0,00004003
483,15	600	5	1,06682	1,06671	0,00011100	0,00010405

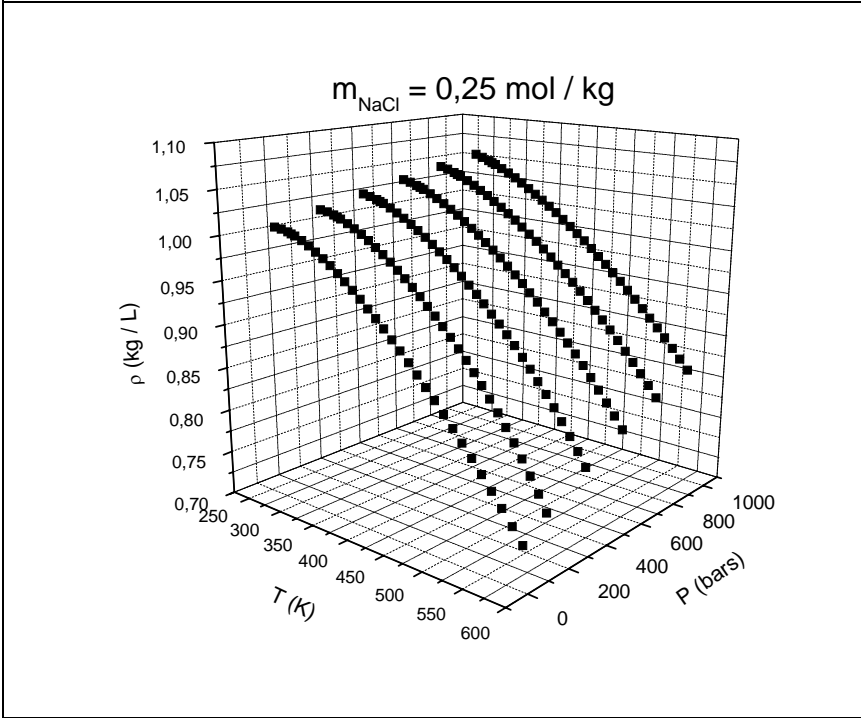
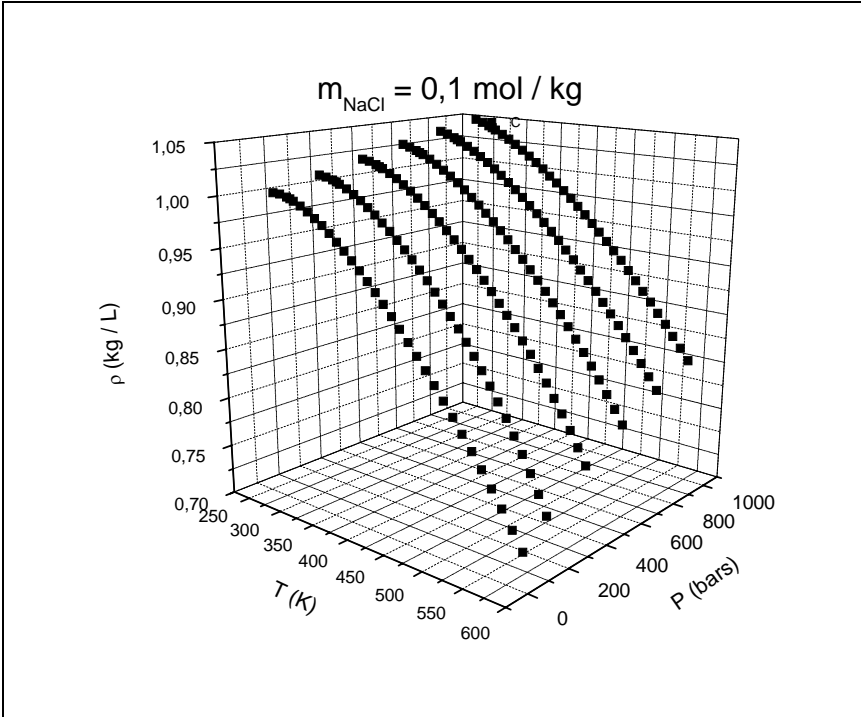
493,15	600	5	1,05888	1,05872	0,00015573	0,00014707
503,15	600	5	1,05078	1,05058	0,00019719	0,00018766
513,15	600	5	1,04249	1,04228	0,00020540	0,00019703
523,15	600	5	1,03401	1,03383	0,00018036	0,00017443
533,15	600	5	1,02534	1,02522	0,00012206	0,00011904
543,15	600	5	1,01645	1,01645	0,00000050	0,00000049
553,15	600	5	1,00733	1,00752	-0,00019432	-0,00019291
563,15	600	5	0,99796	0,99844	-0,00048240	-0,00048338
573,15	600	5	0,98831	0,98920	-0,00089373	-0,00090430
273,15	800	5	1,20427	1,20441	-0,00014161	-0,00011759
283,15	800	5	1,19956	1,19966	-0,00010167	-0,00008475
293,15	800	5	1,19465	1,19477	-0,00012214	-0,00010224
298,15	800	5	1,19213	1,19228	-0,00014503	-0,00012166
303,15	800	5	1,18957	1,18974	-0,00017303	-0,00014545
313,15	800	5	1,18433	1,18457	-0,00024434	-0,00020631
323,15	800	5	1,17894	1,17927	-0,00032606	-0,00027657
333,15	800	5	1,17340	1,17382	-0,00041821	-0,00035641
343,15	800	5	1,16778	1,16823	-0,00045078	-0,00038601
353,15	800	5	1,16202	1,16250	-0,00048376	-0,00041631
363,15	800	5	1,15614	1,15664	-0,00049717	-0,00043003
373,15	800	5	1,15014	1,15063	-0,00049099	-0,00042690
383,15	800	5	1,14401	1,14449	-0,00047524	-0,00041541
393,15	800	5	1,13775	1,13820	-0,00044990	-0,00039543
403,15	800	5	1,13137	1,13177	-0,00040498	-0,00035796
413,15	800	5	1,12485	1,12521	-0,00036048	-0,00032047
423,15	800	5	1,11821	1,11851	-0,00029640	-0,00026507
433,15	800	5	1,11143	1,11166	-0,00023274	-0,00020941
443,15	800	5	1,10451	1,10468	-0,00016950	-0,00015346
453,15	800	5	1,09746	1,09756	-0,00009668	-0,00008809
463,15	800	5	1,09027	1,09029	-0,00002428	-0,00002227
473,15	800	5	1,08293	1,08289	0,00003771	0,00003482
483,15	800	5	1,07545	1,07535	0,00009927	0,00009231
493,15	800	5	1,06781	1,06767	0,00014042	0,00013150
503,15	800	5	1,06003	1,05985	0,00018114	0,00017089
513,15	800	5	1,05208	1,05189	0,00019145	0,00018197
523,15	800	5	1,04397	1,04379	0,00018134	0,00017370
533,15	800	5	1,03570	1,03555	0,00015081	0,00014561
543,15	800	5	1,02724	1,02717	0,00006986	0,00006801
553,15	800	5	1,01859	1,01865	-0,00006151	-0,00006039
563,15	800	5	1,00973	1,00999	-0,00026330	-0,00026076
573,15	800	5	1,00063	1,00120	-0,00056551	-0,00056515
273,15	1000	5	1,21020	1,21050	-0,00029538	-0,00024407
283,15	1000	5	1,20547	1,20567	-0,00020192	-0,00016750
293,15	1000	5	1,20055	1,20073	-0,00017523	-0,00014595
298,15	1000	5	1,19803	1,19821	-0,00017566	-0,00014663
303,15	1000	5	1,19547	1,19566	-0,00018529	-0,00015500
313,15	1000	5	1,19024	1,19046	-0,00022212	-0,00018662
323,15	1000	5	1,18488	1,18515	-0,00026571	-0,00022425
333,15	1000	5	1,17940	1,17971	-0,00030606	-0,00025951
343,15	1000	5	1,17376	1,17414	-0,00038318	-0,00032645
353,15	1000	5	1,16804	1,16846	-0,00041705	-0,00035705
363,15	1000	5	1,16221	1,16265	-0,00043769	-0,00037660

373,15	1000	5	1,15628	1,15672	-0,00043509	-0,00037628
383,15	1000	5	1,15023	1,15066	-0,00042925	-0,00037319
393,15	1000	5	1,14408	1,14448	-0,00040017	-0,00034978
403,15	1000	5	1,13781	1,13818	-0,00036786	-0,00032330
413,15	1000	5	1,13143	1,13175	-0,00032230	-0,00028486
423,15	1000	5	1,12493	1,12520	-0,00027351	-0,00024313
433,15	1000	5	1,11832	1,11853	-0,00021148	-0,00018910
443,15	1000	5	1,11158	1,11174	-0,00015621	-0,00014053
453,15	1000	5	1,10472	1,10482	-0,00009770	-0,00008844
463,15	1000	5	1,09773	1,09778	-0,00004595	-0,00004186
473,15	1000	5	1,09061	1,09061	-0,00000097	-0,00000089
483,15	1000	5	1,08337	1,08332	0,00004725	0,00004362
493,15	1000	5	1,07599	1,07591	0,00007871	0,00007316
503,15	1000	5	1,06847	1,06838	0,00009341	0,00008743
513,15	1000	5	1,06082	1,06072	0,00010135	0,00009554
523,15	1000	5	1,05303	1,05294	0,00009253	0,00008787
533,15	1000	5	1,04509	1,04503	0,00005694	0,00005449
543,15	1000	5	1,03700	1,03701	-0,00000540	-0,00000521
553,15	1000	5	1,02875	1,02885	-0,00010451	-0,00010159
563,15	1000	5	1,02033	1,02058	-0,00025038	-0,00024539
573,15	1000	5	1,01173	1,01218	-0,00045302	-0,00044776
273,15	1	6	1,20697	1,20730	-0,00032536	-0,00026956
283,15	1	6	1,20203	1,20213	-0,00009941	-0,00008270
293,15	1	6	1,19688	1,19681	0,00007267	0,00006072
298,15	1	6	1,19423	1,19409	0,00014227	0,00011913
303,15	1	6	1,19152	1,19133	0,00019089	0,00016021
313,15	1	6	1,18597	1,18569	0,00027525	0,00023209
323,15	1	6	1,18023	1,17990	0,00032574	0,00027600
333,15	1	6	1,17432	1,17396	0,00036237	0,00030858
343,15	1	6	1,16836	1,16785	0,00050514	0,00043235
353,15	1	6	1,16221	1,16160	0,00061404	0,00052834
363,15	1	6	1,15588	1,15518	0,00069908	0,00060480
373,15	1	6	1,14936	1,14861	0,00075025	0,00065275
383,15	1,4	6	1,14267	1,14190	0,00077247	0,00067603
393,15	2	6	1,13580	1,13504	0,00076265	0,00067147
403,15	2,7	6	1,12874	1,12803	0,00071427	0,00063280
413,15	3,6	6	1,12151	1,12087	0,00064312	0,00057344
423,15	4,8	6	1,11411	1,11357	0,00054471	0,00048892
433,15	6,2	6	1,10654	1,10612	0,00042246	0,00038179
443,15	7,9	6	1,09882	1,09853	0,00029169	0,00026546
453,15	10	6	1,09095	1,09080	0,00014739	0,00013510
463,15	12,5	6	1,08296	1,08294	0,00001855	0,00001713
473,15	15,5	6	1,07485	1,07495	-0,00010032	-0,00009333
483,15	19,1	6	1,06665	1,06684	-0,00018504	-0,00017348
493,15	23,2	6	1,05837	1,05859	-0,00022272	-0,00021044
503,15	28	6	1,05003	1,05023	-0,00020417	-0,00019444
513,15	33,4	6	1,04165	1,04176	-0,00010672	-0,00010246
523,15	39,7	6	1,03327	1,03318	0,00009318	0,00009018
533,15	46,9	6	1,02490	1,02450	0,00040268	0,00039290
543,15	55	6	1,01656	1,01572	0,00083875	0,00082509
553,15	64,1	6	1,00828	1,00686	0,00142306	0,00141137
563,15	74,4	6	1,00005	0,99792	0,00213145	0,00213135

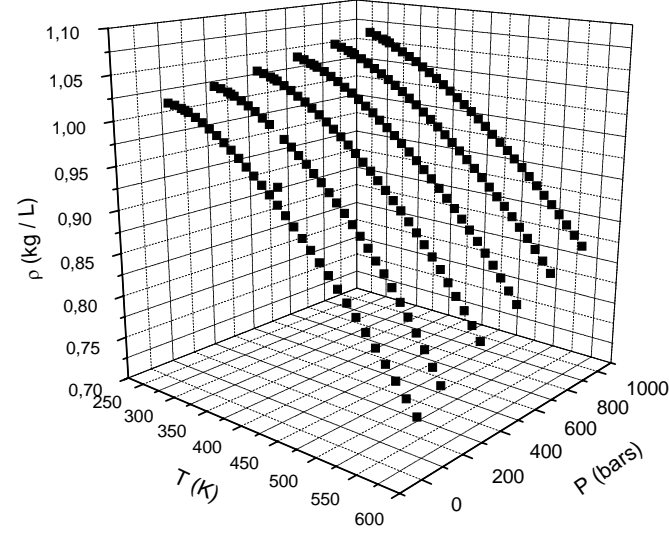
573,15	85,8	6	0,99187	0,98891	0,00296465	0,00298895
273,15	200	6	1,21369	1,21355	0,00014211	0,00011709
283,15	200	6	1,20867	1,20846	0,00020846	0,00017247
293,15	200	6	1,20346	1,20322	0,00023642	0,00019645
298,15	200	6	1,20079	1,20055	0,00024226	0,00020175
303,15	200	6	1,19808	1,19783	0,00024600	0,00020533
313,15	200	6	1,19253	1,19229	0,00023721	0,00019891
323,15	200	6	1,18682	1,18660	0,00022003	0,00018540
333,15	200	6	1,18095	1,18076	0,00019448	0,00016468
343,15	200	6	1,17507	1,17476	0,00031054	0,00026428
353,15	200	6	1,16903	1,16861	0,00041823	0,00035776
363,15	200	6	1,16282	1,16231	0,00050753	0,00043647
373,15	200	6	1,15644	1,15586	0,00057846	0,00050020
383,15	200	6	1,14988	1,14926	0,00062100	0,00054006
393,15	200	6	1,14315	1,14250	0,00064517	0,00056438
403,15	200	6	1,13624	1,13560	0,00064095	0,00056410
413,15	200	6	1,12915	1,12854	0,00060835	0,00053877
423,15	200	6	1,12188	1,12133	0,00054738	0,00048791
433,15	200	6	1,11444	1,11397	0,00046802	0,00041996
443,15	200	6	1,10682	1,10646	0,00036029	0,00032552
453,15	200	6	1,09904	1,09880	0,00024417	0,00022217
463,15	200	6	1,09111	1,09098	0,00012968	0,00011885
473,15	200	6	1,08302	1,08301	0,00000680	0,00000628
483,15	200	6	1,07480	1,07489	-0,00009445	-0,00008788
493,15	200	6	1,06646	1,06662	-0,00016409	-0,00015386
503,15	200	6	1,05800	1,05820	-0,00020210	-0,00019102
513,15	200	6	1,04946	1,04963	-0,00016850	-0,00016056
523,15	200	6	1,04084	1,04090	-0,00006327	-0,00006079
533,15	200	6	1,03217	1,03203	0,00014357	0,00013910
543,15	200	6	1,02347	1,02300	0,00047204	0,00046121
553,15	200	6	1,01477	1,01382	0,00095212	0,00093826
563,15	200	6	1,00609	1,00449	0,00160383	0,00159412
573,15	200	6	0,99743	0,99500	0,00242715	0,00243341
273,15	400	6	1,22023	1,21965	0,00057912	0,00047460
283,15	400	6	1,21512	1,21463	0,00049129	0,00040431
293,15	400	6	1,20986	1,20946	0,00039881	0,00032963
298,15	400	6	1,20718	1,20682	0,00035708	0,00029580
303,15	400	6	1,20446	1,20415	0,00031169	0,00025878
313,15	400	6	1,19892	1,19869	0,00022992	0,00019178
323,15	400	6	1,19324	1,19309	0,00015351	0,00012865
333,15	400	6	1,18742	1,18734	0,00008246	0,00006944
343,15	400	6	1,18160	1,18144	0,00015676	0,00013267
353,15	400	6	1,17565	1,17540	0,00024642	0,00020960
363,15	400	6	1,16956	1,16922	0,00034143	0,00029193
373,15	400	6	1,16331	1,16289	0,00042180	0,00036258
383,15	400	6	1,15690	1,15641	0,00048752	0,00042140
393,15	400	6	1,15033	1,14979	0,00053860	0,00046821
403,15	400	6	1,14359	1,14302	0,00056503	0,00049409
413,15	400	6	1,13668	1,13611	0,00056683	0,00049867
423,15	400	6	1,12961	1,12906	0,00055397	0,00049041
433,15	400	6	1,12237	1,12185	0,00051647	0,00046016
443,15	400	6	1,11496	1,11451	0,00045433	0,00040749

453,15	400	6	1,10738	1,10701	0,00036755	0,00033191
463,15	400	6	1,09965	1,09937	0,00027612	0,00025109
473,15	400	6	1,09177	1,09159	0,00018004	0,00016491
483,15	400	6	1,08374	1,08366	0,00007932	0,00007319
493,15	400	6	1,07557	1,07559	-0,00001604	-0,00001491
503,15	400	6	1,06728	1,06737	-0,00008605	-0,00008062
513,15	400	6	1,05889	1,05900	-0,00011070	-0,00010454
523,15	400	6	1,05039	1,05049	-0,00010000	-0,00009520
533,15	400	6	1,04183	1,04183	-0,00000394	-0,00000378
543,15	400	6	1,03321	1,03303	0,00017748	0,00017177
553,15	400	6	1,02456	1,02409	0,00047425	0,00046288
563,15	400	6	1,01593	1,01499	0,00093637	0,00092169
573,15	400	6	1,00735	1,00576	0,00159386	0,00158223
273,15	600	6	1,22654	1,22557	0,00096755	0,00078884
283,15	600	6	1,22134	1,22060	0,00074140	0,00060704
293,15	600	6	1,21603	1,21549	0,00054262	0,00044622
298,15	600	6	1,21334	1,21288	0,00045974	0,00037890
303,15	600	6	1,21062	1,21024	0,00038120	0,00031488
313,15	600	6	1,20508	1,20485	0,00022713	0,00018848
323,15	600	6	1,19944	1,19933	0,00011044	0,00009207
333,15	600	6	1,19368	1,19367	0,00001110	0,00000930
343,15	600	6	1,18790	1,18787	0,00002912	0,00002452
353,15	600	6	1,18203	1,18194	0,00009451	0,00007995
363,15	600	6	1,17603	1,17586	0,00016726	0,00014222
373,15	600	6	1,16991	1,16965	0,00025737	0,00021999
383,15	600	6	1,16364	1,16331	0,00033484	0,00028775
393,15	600	6	1,15723	1,15682	0,00040967	0,00035401
403,15	600	6	1,15067	1,15020	0,00047186	0,00041008
413,15	600	6	1,14395	1,14344	0,00051142	0,00044707
423,15	600	6	1,13708	1,13654	0,00053834	0,00047344
433,15	600	6	1,13004	1,12951	0,00053262	0,00047133
443,15	600	6	1,12285	1,12234	0,00051426	0,00045800
453,15	600	6	1,11550	1,11503	0,00047326	0,00042426
463,15	600	6	1,10800	1,10758	0,00041963	0,00037873
473,15	600	6	1,10034	1,10000	0,00034336	0,00031205
483,15	600	6	1,09254	1,09228	0,00026444	0,00024205
493,15	600	6	1,08459	1,08442	0,00017289	0,00015941
503,15	600	6	1,07651	1,07642	0,00008871	0,00008240
513,15	600	6	1,06831	1,06829	0,00002188	0,00002048
523,15	600	6	1,05999	1,06002	-0,00002758	-0,00002602
533,15	600	6	1,05157	1,05161	-0,00003969	-0,00003774
543,15	600	6	1,04308	1,04306	0,00001557	0,00001493
553,15	600	6	1,03453	1,03438	0,00014819	0,00014325
563,15	600	6	1,02595	1,02556	0,00038817	0,00037836
573,15	600	6	1,01739	1,01660	0,00078552	0,00077209
373,15	800	6	1,17623	1,17615	0,00007517	0,00006390
383,15	800	6	1,17010	1,16994	0,00016295	0,00013926
393,15	800	6	1,16384	1,16359	0,00024838	0,00021341
403,15	800	6	1,15745	1,15712	0,00033144	0,00028635
413,15	800	6	1,15092	1,15052	0,00040214	0,00034941
423,15	800	6	1,14426	1,14379	0,00047048	0,00041117
433,15	800	6	1,13744	1,13693	0,00050646	0,00044526

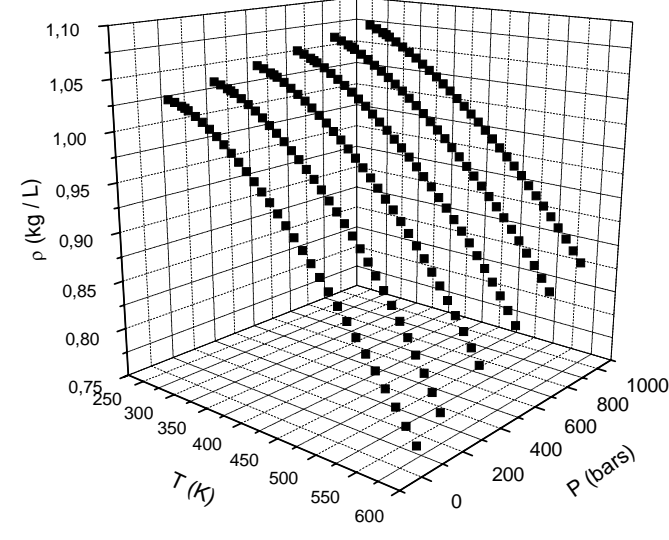
443,15	800	6	1,13049	1,12995	0,00054007	0,00047773
453,15	800	6	1,12338	1,12284	0,00054133	0,00048187
463,15	800	6	1,11612	1,11560	0,00052022	0,00046610
473,15	800	6	1,10872	1,10823	0,00048675	0,00043902
483,15	800	6	1,10117	1,10074	0,00043092	0,00039132
493,15	800	6	1,09348	1,09312	0,00036272	0,00033171
503,15	800	6	1,08565	1,08537	0,00028216	0,00025990
513,15	800	6	1,07768	1,07749	0,00018925	0,00017560
523,15	800	6	1,06959	1,06949	0,00010397	0,00009720
533,15	800	6	1,06138	1,06135	0,00002632	0,00002480
543,15	800	6	1,05307	1,05309	-0,00002368	-0,00002249
553,15	800	6	1,04467	1,04471	-0,00003605	-0,00003451
563,15	800	6	1,03620	1,03619	0,00000922	0,00000890
573,15	800	6	1,02769	1,02755	0,00014213	0,00013831
273,15	1000	6	1,23841	1,23687	0,00153865	0,00124244
283,15	1000	6	1,23303	1,23195	0,00108347	0,00087871
293,15	1000	6	1,22764	1,22691	0,00073448	0,00059829
298,15	1000	6	1,22492	1,22434	0,00057855	0,00047232
303,15	1000	6	1,22220	1,22175	0,00045167	0,00036956
313,15	1000	6	1,21670	1,21647	0,00022505	0,00018497
323,15	1000	6	1,21115	1,21109	0,00006461	0,00005335
333,15	1000	6	1,20553	1,20558	-0,00004964	-0,00004118
343,15	1000	6	1,19974	1,19996	-0,00021771	-0,00018146
353,15	1000	6	1,19399	1,19422	-0,00022959	-0,00019229
363,15	1000	6	1,18816	1,18837	-0,00020529	-0,00017278
373,15	1000	6	1,18225	1,18239	-0,00014480	-0,00012248
383,15	1000	6	1,17624	1,17631	-0,00006813	-0,00005792
393,15	1000	6	1,17013	1,17011	0,00002472	0,00002113
403,15	1000	6	1,16392	1,16379	0,00013376	0,00011493
413,15	1000	6	1,15758	1,15735	0,00022899	0,00019782
423,15	1000	6	1,15113	1,15080	0,00033040	0,00028702
433,15	1000	6	1,14455	1,14413	0,00041799	0,00036520
443,15	1000	6	1,13783	1,13735	0,00048177	0,00042341
453,15	1000	6	1,13098	1,13045	0,00053173	0,00047015
463,15	1000	6	1,12400	1,12343	0,00056788	0,00050523
473,15	1000	6	1,11688	1,11630	0,00058022	0,00051950
483,15	1000	6	1,10961	1,10905	0,00055873	0,00050354
493,15	1000	6	1,10221	1,10169	0,00052344	0,00047490
503,15	1000	6	1,09467	1,09421	0,00046432	0,00042417
513,15	1000	6	1,08699	1,08661	0,00038140	0,00035087
523,15	1000	6	1,07917	1,07890	0,00027465	0,00025450
533,15	1000	6	1,07123	1,07107	0,00016409	0,00015318
543,15	1000	6	1,06317	1,06312	0,00004972	0,00004677
553,15	1000	6	1,05499	1,05506	-0,00006847	-0,00006490
563,15	1000	6	1,04671	1,04688	-0,00017047	-0,00016287
573,15	1000	6	1,03834	1,03859	-0,00024629	-0,00023720

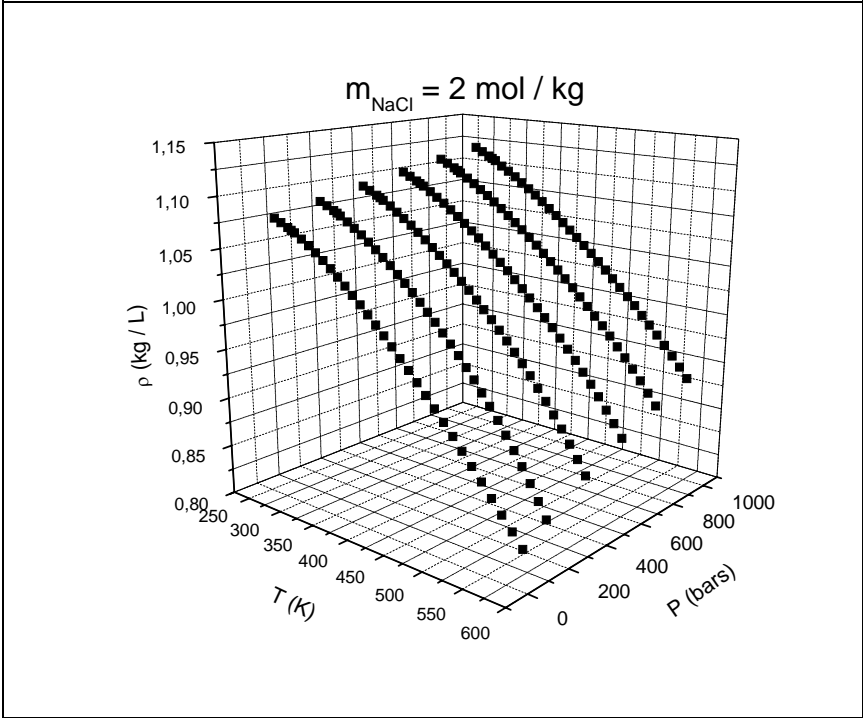
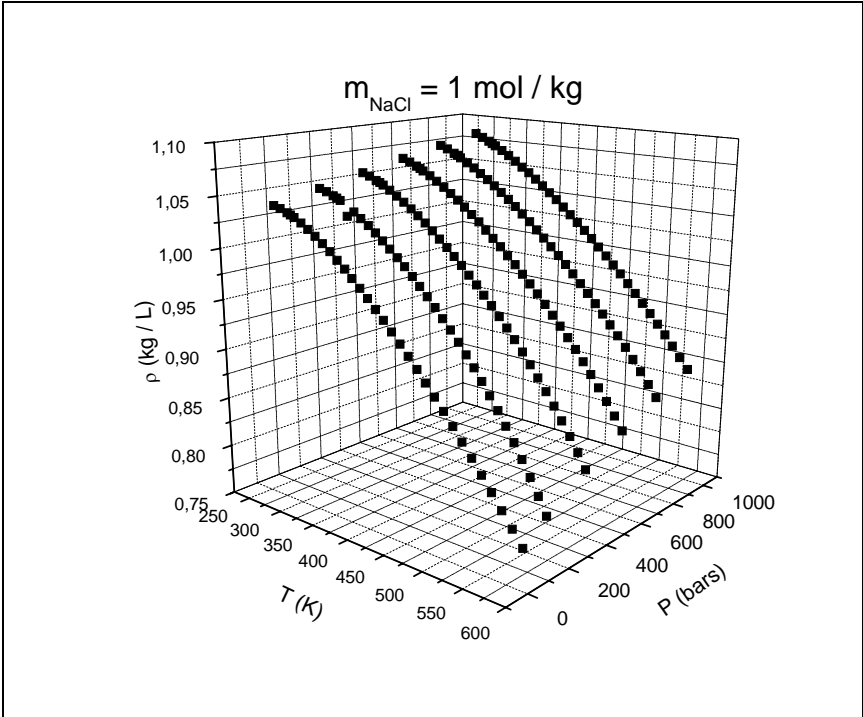


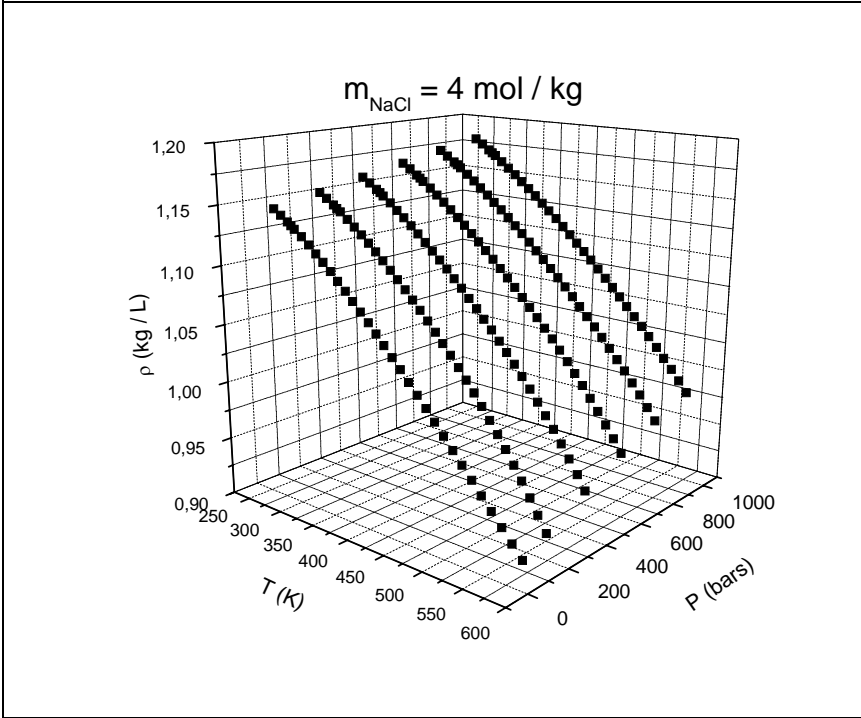
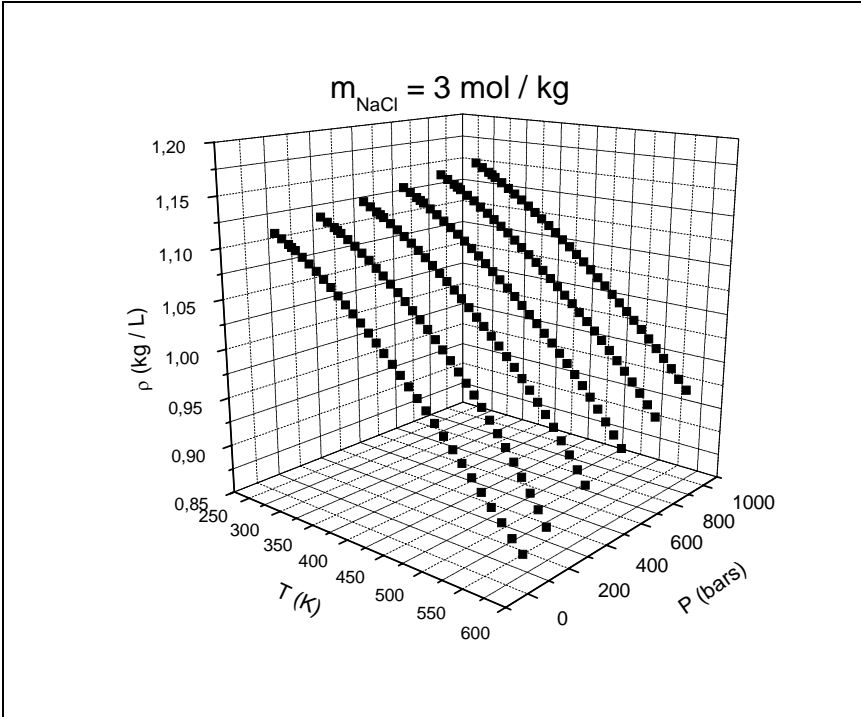
$m_{\text{NaCl}} = 0,5 \text{ mol / kg}$

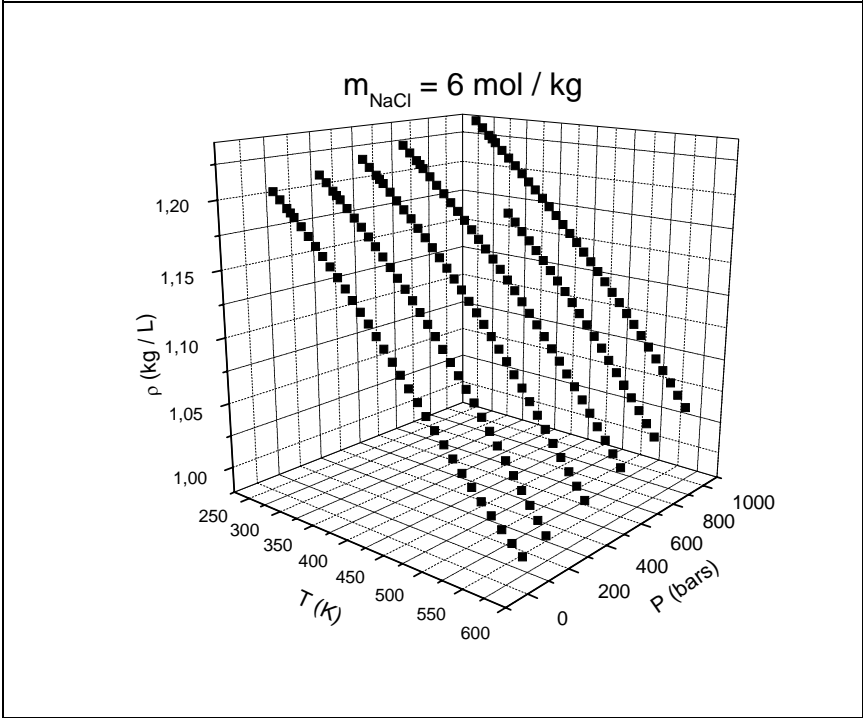
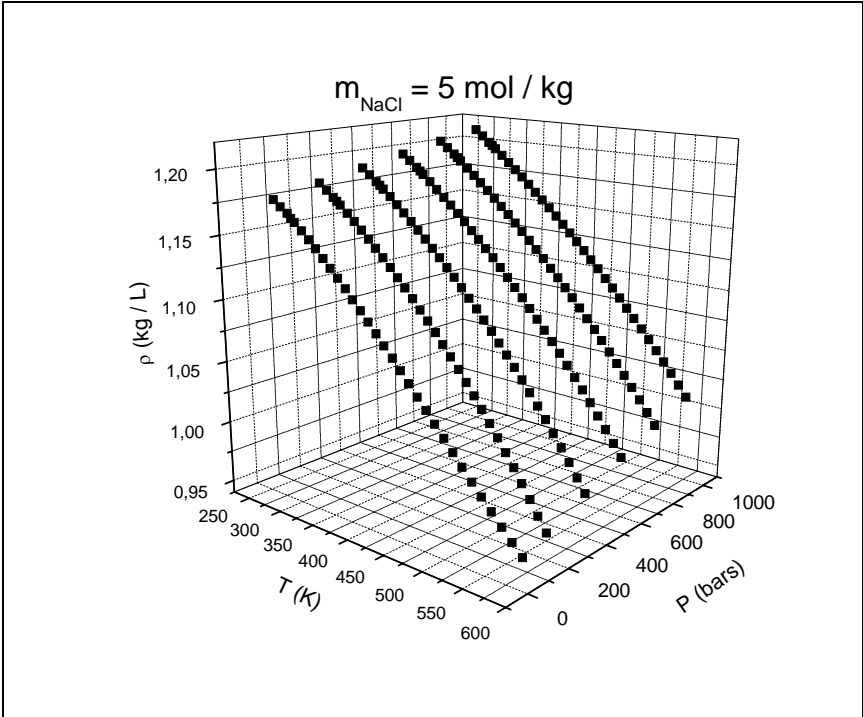


$m_{\text{NaCl}} = 0,75 \text{ mol / kg}$









Annexe 6 : Modélisation de la pression de vapeur saturante au-dessus d'une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température et de la molalité en NaCl

m_{NaCl} (mol kg ⁻¹)	T (K)	Psat (bars)	Psat calculee (bars)	Deviation absolue sur Psat (bars)	Deviation relative sur Psat
0	273,15	0,00611	0,00615	-3,87222E-05	-6,33751E-03
0	273,16	0,00612	0,00615	-3,30643E-05	-5,40267E-03
0	274,15	0,00657	0,00660	-2,76856E-05	-4,21394E-03
0	275,15	0,00706	0,00708	-1,75474E-05	-2,48547E-03
0	276,15	0,00758	0,00759	-1,00249E-05	-1,32254E-03
0	277,15	0,00814	0,00814	3,08946E-06	3,79540E-04
0	278,15	0,00873	0,00872	9,92501E-06	1,13689E-03
0	279,15	0,00935	0,00934	8,53078E-06	9,12383E-04
0	280,15	0,01002	0,01000	1,68727E-05	1,68390E-03
0	281,15	0,01073	0,01071	2,28309E-05	2,12776E-03
0	282,15	0,01148	0,01146	2,41972E-05	2,10777E-03
0	283,15	0,01228	0,01225	2,86722E-05	2,33487E-03
0	284,15	0,01313	0,01310	3,38624E-05	2,57901E-03
0	285,15	0,01403	0,01399	3,72776E-05	2,65699E-03
0	286,15	0,01498	0,01494	3,63280E-05	2,42510E-03
0	287,15	0,01599	0,01595	3,83207E-05	2,39654E-03
0	288,15	0,01706	0,01702	4,04577E-05	2,37149E-03
0	289,15	0,01819	0,01815	3,98317E-05	2,18976E-03
0	290,15	0,01938	0,01935	3,34240E-05	1,72467E-03
0	291,15	0,02064	0,02061	2,81009E-05	1,36148E-03
0	292,15	0,02198	0,02195	3,06105E-05	1,39265E-03
0	293,15	0,02339	0,02336	2,75795E-05	1,17911E-03
0	294,15	0,02488	0,02485	2,55101E-05	1,02533E-03
0	295,15	0,02645	0,02643	2,07767E-05	7,85510E-04
0	296,15	0,02810	0,02809	9,62227E-06	3,42429E-04
0	297,15	0,02985	0,02984	8,15514E-06	2,73204E-04
0	298,15	0,03169	0,03169	2,34568E-06	7,40196E-05
0	299,15	0,03363	0,03363	-1,97731E-06	-5,87959E-05
0	300,15	0,03567	0,03568	-9,13003E-06	-2,55958E-04
0	301,15	0,03782	0,03783	-1,35772E-05	-3,58996E-04
0	302,15	0,04008	0,04010	-1,99358E-05	-4,97399E-04
0	303,15	0,04246	0,04248	-2,29781E-05	-5,41171E-04
0	304,15	0,04495	0,04499	-3,76362E-05	-8,37290E-04
0	305,15	0,04758	0,04762	-3,90047E-05	-8,19770E-04
0	306,15	0,05034	0,05038	-4,23449E-05	-8,41179E-04
0	307,15	0,05323	0,05328	-5,30887E-05	-9,97346E-04
0	308,15	0,05627	0,05633	-5,68417E-05	-1,01016E-03
0	309,15	0,05945	0,05952	-6,93872E-05	-1,16715E-03
0	310,15	0,06280	0,06287	-6,66901E-05	-1,06194E-03
0	311,15	0,06630	0,06637	-7,49006E-05	-1,12972E-03
0	312,15	0,06997	0,07005	-8,03578E-05	-1,14846E-03
0	313,15	0,07381	0,07390	-8,95936E-05	-1,21384E-03
0	314,15	0,07784	0,07793	-8,93364E-05	-1,14769E-03
0	315,15	0,08205	0,08215	-9,65150E-05	-1,17629E-03
0	316,15	0,08646	0,08656	-9,82623E-05	-1,13651E-03
0	317,15	0,09108	0,09117	-9,19193E-05	-1,00922E-03

0	318,15	0,09590	0,09600	-9,50385E-05	-9,91017E-04
0	319,15	0,10094	0,10104	-9,53881E-05	-9,44998E-04
0	320,15	0,10621	0,10630	-9,09553E-05	-8,56372E-04
0	321,15	0,11171	0,11180	-8,99506E-05	-8,05215E-04
0	322,15	0,11745	0,11754	-9,08111E-05	-7,73190E-04
0	323,15	0,12344	0,12353	-9,22046E-05	-7,46959E-04
0	324,15	0,12970	0,12978	-8,30329E-05	-6,40192E-04
0	325,15	0,13623	0,13630	-7,24359E-05	-5,31717E-04
0	326,15	0,14303	0,14310	-6,97949E-05	-4,87974E-04
0	327,15	0,15012	0,15018	-6,47366E-05	-4,31232E-04
0	328,15	0,15752	0,15757	-4,71363E-05	-2,99240E-04
0	329,15	0,16522	0,16526	-3,71220E-05	-2,24682E-04
0	330,15	0,17324	0,17327	-2,50774E-05	-1,44755E-04
0	331,15	0,18159	0,18160	-1,16457E-05	-6,41316E-05
0	332,15	0,19028	0,19028	2,26715E-06	1,19148E-05
0	333,15	0,19932	0,19930	1,54886E-05	7,77073E-05
0	334,15	0,20873	0,20869	3,65767E-05	1,75235E-04
0	335,15	0,21851	0,21846	5,38164E-05	2,46288E-04
0	336,15	0,22868	0,22860	7,52163E-05	3,28915E-04
0	337,15	0,23925	0,23915	9,85057E-05	4,11727E-04
0	338,15	0,25022	0,25011	1,11131E-04	4,44134E-04
0	339,15	0,26163	0,26149	1,40254E-04	5,36077E-04
0	340,15	0,27347	0,27331	1,62746E-04	5,95114E-04
0	341,15	0,28576	0,28557	1,85187E-04	6,48051E-04
0	342,15	0,29852	0,29831	2,13864E-04	7,16414E-04
0	343,15	0,31176	0,31152	2,44764E-04	7,85105E-04
0	344,15	0,32549	0,32522	2,73577E-04	8,40507E-04
0	345,15	0,33972	0,33942	2,95686E-04	8,70381E-04
0	346,15	0,35448	0,35415	3,26172E-04	9,20142E-04
0	347,15	0,36978	0,36942	3,59806E-04	9,73027E-04
0	348,15	0,38563	0,38524	3,91049E-04	1,01405E-03
0	349,15	0,40205	0,40163	4,24049E-04	1,05472E-03
0	350,15	0,41905	0,41860	4,52639E-04	1,08016E-03
0	351,15	0,43665	0,43617	4,80334E-04	1,10004E-03
0	352,15	0,45487	0,45436	5,10330E-04	1,12192E-03
0	354,15	0,49324	0,49266	5,78394E-04	1,17264E-03
0	355,15	0,51342	0,51281	6,11237E-04	1,19052E-03
0	356,15	0,53428	0,53364	6,35926E-04	1,19025E-03
0	357,15	0,55585	0,55519	6,64029E-04	1,19462E-03
0	359,15	0,60119	0,60046	7,25092E-04	1,20609E-03
0	360,15	0,62499	0,62424	7,49527E-04	1,19926E-03
0	361,15	0,64958	0,64880	7,80323E-04	1,20127E-03
0	362,15	0,67496	0,67416	7,97379E-04	1,18137E-03
0	364,15	0,72823	0,72738	8,48176E-04	1,16471E-03
0	365,15	0,75614	0,75528	8,60019E-04	1,13738E-03
0	366,15	0,78495	0,78407	8,84328E-04	1,12660E-03
0	367,15	0,81465	0,81376	8,89299E-04	1,09163E-03
0	369,15	0,87688	0,87597	9,12309E-04	1,04040E-03
0	370,15	0,90945	0,90852	9,25026E-04	1,01713E-03
0	371,15	0,94301	0,94208	9,27761E-04	9,83830E-04
0	372,15	0,97759	0,97666	9,26993E-04	9,48243E-04
0	374,15	1,04990	1,04899	9,09114E-04	8,65905E-04

0	375,15	1,08770	1,08679	9,13222E-04	8,39590E-04
0	376,15	1,12660	1,12570	8,96263E-04	7,95547E-04
0	377,15	1,16670	1,16577	9,32977E-04	7,99672E-04
0	379,15	1,25030	1,24944	8,64642E-04	6,91548E-04
0	380,15	1,29390	1,29309	8,07332E-04	6,23953E-04
0	381,15	1,33880	1,33800	7,99171E-04	5,96931E-04
0	382,15	1,38500	1,38419	8,13156E-04	5,87116E-04
0	384,15	1,48120	1,48050	6,97803E-04	4,71107E-04
0	385,15	1,53130	1,53069	6,12713E-04	4,00126E-04
0	386,15	1,58290	1,58226	6,38262E-04	4,03223E-04
0	387,15	1,63580	1,63525	5,45700E-04	3,33598E-04
0	389,15	1,74610	1,74561	4,89491E-04	2,80334E-04
0	390,15	1,80340	1,80303	3,66592E-04	2,03278E-04
0	391,15	1,86230	1,86199	3,07080E-04	1,64893E-04
0	392,15	1,92280	1,92252	2,80454E-04	1,45857E-04
0	394,15	2,04850	2,04840	1,02101E-04	4,98420E-05
0	395,15	2,11390	2,11381	8,76184E-05	4,14487E-05
0	396,15	2,18090	2,18092	-1,94916E-05	-8,93743E-06
0	397,15	2,24960	2,24975	-1,51486E-04	-6,73389E-05
0	399,15	2,39240	2,39272	-3,20913E-04	-1,34138E-04
0	400,15	2,46660	2,46692	-3,24623E-04	-1,31607E-04
0	401,15	2,54250	2,54299	-4,85769E-04	-1,91060E-04
0	402,15	2,62040	2,62094	-5,38375E-04	-2,05455E-04
0	404,15	2,78200	2,78266	-6,55832E-04	-2,35741E-04
0	405,15	2,86570	2,86649	-7,90507E-04	-2,75851E-04
0	406,15	2,95150	2,95236	-8,56289E-04	-2,90120E-04
0	407,15	3,03930	3,04029	-9,88985E-04	-3,25399E-04
0	409,15	3,22140	3,22250	-1,10014E-03	-3,41511E-04
0	410,15	3,31570	3,31685	-1,15202E-03	-3,47445E-04
0	411,15	3,41220	3,41342	-1,21765E-03	-3,56851E-04
0	412,15	3,51090	3,51223	-1,33464E-03	-3,80141E-04
0	414,15	3,71530	3,71678	-1,47500E-03	-3,97008E-04
0	415,15	3,82110	3,82258	-1,47545E-03	-3,86133E-04
0	416,15	3,92920	3,93078	-1,58141E-03	-4,02477E-04
0	417,15	4,03980	4,04143	-1,63235E-03	-4,04067E-04
0	419,15	4,26850	4,27023	-1,72887E-03	-4,05030E-04
0	420,15	4,38670	4,38846	-1,75527E-03	-4,00134E-04
0	421,15	4,50750	4,50929	-1,78827E-03	-3,96731E-04
0	422,15	4,63100	4,63277	-1,76922E-03	-3,82039E-04
0	424,15	4,88610	4,88784	-1,74237E-03	-3,56597E-04
0	425,15	5,01780	5,01952	-1,71921E-03	-3,42622E-04
0	426,15	5,15230	5,15401	-1,71331E-03	-3,32533E-04
0	427,15	5,28960	5,29137	-1,76798E-03	-3,34237E-04
0	429,15	5,57320	5,57483	-1,63423E-03	-2,93230E-04
0	430,15	5,71940	5,72103	-1,63441E-03	-2,85766E-04
0	431,15	5,86870	5,87027	-1,57236E-03	-2,67923E-04
0	432,15	6,02110	6,02259	-1,49339E-03	-2,48027E-04
0	434,15	6,33530	6,33667	-1,36796E-03	-2,15926E-04
0	435,15	6,49730	6,49851	-1,21415E-03	-1,86869E-04
0	436,15	6,66250	6,66363	-1,12873E-03	-1,69415E-04
0	437,15	6,83100	6,83206	-1,05907E-03	-1,55039E-04
0	439,15	7,17830	7,17906	-7,58527E-04	-1,05669E-04

0	440,15	7,35700	7,35772	-7,24448E-04	-9,84706E-05
0	441,15	7,53940	7,53990	-4,99730E-04	-6,62825E-05
0	442,15	7,72520	7,72563	-4,33821E-04	-5,61566E-05
0	444,15	8,10780	8,10798	-1,78328E-04	-2,19946E-05
0	445,15	8,30470	8,30469	1,02564E-05	1,23501E-06
0	446,15	8,50530	8,50516	1,38031E-04	1,62288E-05
0	447,15	8,70980	8,70945	3,53445E-04	4,05801E-05
0	449,15	9,13030	9,12966	6,38894E-04	6,99751E-05
0	450,15	9,34640	9,34570	7,03738E-04	7,52951E-05
0	451,15	9,56660	9,56575	8,45842E-04	8,84162E-05
0	452,15	9,79090	9,78989	1,01158E-03	1,03318E-04
0	454,15	10,25200	10,25060	1,39737E-03	1,36302E-04
0	455,15	10,48900	10,48729	1,70814E-03	1,62851E-04
0	456,15	10,73000	10,72828	1,72397E-03	1,60668E-04
0	457,15	10,97500	10,97361	1,38920E-03	1,26579E-04
0	459,15	11,47900	11,47756	1,44344E-03	1,25746E-04
0	460,15	11,73800	11,73628	1,71924E-03	1,46468E-04
0	461,15	12,00100	11,99958	1,41808E-03	1,18163E-04
0	462,15	12,26900	12,26752	1,48244E-03	1,20828E-04
0	464,15	12,81900	12,81752	1,47589E-03	1,15133E-04
0	465,15	13,10100	13,09971	1,28820E-03	9,83287E-05
0	466,15	13,38800	13,38677	1,23251E-03	9,20610E-05
0	467,15	13,68000	13,67875	1,24962E-03	9,13462E-05
0	469,15	14,27800	14,27774	2,63882E-04	1,84818E-05
0	470,15	14,58500	14,58486	1,41159E-04	9,67834E-06
0	471,15	14,89700	14,89715	-1,48521E-04	-9,96986E-06
0	472,15	15,21400	15,21467	-6,65771E-04	-4,37604E-05
0	474,15	15,86400	15,86563	-1,62665E-03	-1,02537E-04
0	475,15	16,19700	16,19919	-2,19267E-03	-1,35375E-04
0	476,15	16,53600	16,53823	-2,23102E-03	-1,34919E-04
0	477,15	16,88000	16,88280	-2,80340E-03	-1,66078E-04
0	479,15	17,58400	17,58880	-4,79784E-03	-2,72853E-04
0	480,15	17,94500	17,95034	-5,34407E-03	-2,97803E-04
0	481,15	18,31100	18,31767	-6,67264E-03	-3,64406E-04
0	482,15	18,68400	18,69085	-6,84592E-03	-3,66406E-04
0	484,15	19,44600	19,45498	-8,97658E-03	-4,61616E-04
0	485,15	19,83600	19,84606	-1,00591E-02	-5,07112E-04
0	486,15	20,23200	20,24324	-1,12365E-02	-5,55384E-04
0	487,15	20,63400	20,64657	-1,25716E-02	-6,09264E-04
0	489,15	21,45700	21,47196	-1,49649E-02	-6,97439E-04
0	490,15	21,87800	21,89415	-1,61485E-02	-7,38118E-04
0	491,15	22,30500	22,32274	-1,77402E-02	-7,95345E-04
0	492,15	22,73800	22,75780	-1,98023E-02	-8,70891E-04
0	494,15	23,62500	23,64759	-2,25878E-02	-9,56099E-04
0	495,15	24,07800	24,10244	-2,44358E-02	-1,01486E-03
0	496,15	24,53800	24,56400	-2,60033E-02	-1,05972E-03
0	497,15	25,00500	25,03235	-2,73525E-02	-1,09388E-03
0	499,15	25,95900	25,98964	-3,06433E-02	-1,18045E-03
0	500,15	26,44600	26,47871	-3,27082E-02	-1,23679E-03
0	501,15	26,94100	26,97480	-3,38014E-02	-1,25464E-03
0	502,15	27,44200	27,47798	-3,59842E-02	-1,31128E-03
0	504,15	28,46700	28,50586	-3,88632E-02	-1,36520E-03

0	505,15	28,99000	29,03068	-4,06813E-02	-1,40329E-03
0	506,15	29,52100	29,56283	-4,18328E-02	-1,41705E-03
0	507,15	30,05900	30,10238	-4,33785E-02	-1,44311E-03
0	509,15	31,15700	31,20389	-4,68942E-02	-1,50509E-03
0	510,15	31,71800	31,76599	-4,79851E-02	-1,51287E-03
0	511,15	32,28600	32,33571	-4,97120E-02	-1,53974E-03
0	512,15	32,86300	32,91314	-5,01352E-02	-1,52558E-03
0	514,15	34,03900	34,09131	-5,23125E-02	-1,53684E-03
0	515,15	34,63900	34,69219	-5,31876E-02	-1,53548E-03
0	516,15	35,24700	35,30100	-5,40015E-02	-1,53209E-03
0	517,15	35,86300	35,91782	-5,48151E-02	-1,52846E-03
0	519,15	37,12100	37,17569	-5,46874E-02	-1,47322E-03
0	520,15	37,76200	37,81687	-5,48698E-02	-1,45304E-03
0	521,15	38,41200	38,46630	-5,43000E-02	-1,41362E-03
0	522,15	39,07000	39,12404	-5,40410E-02	-1,38318E-03
0	524,15	40,41200	40,46471	-5,27124E-02	-1,30438E-03
0	525,15	41,09600	41,14777	-5,17734E-02	-1,25982E-03
0	526,15	41,78900	41,83941	-5,04065E-02	-1,20622E-03
0	527,15	42,49100	42,53968	-4,86798E-02	-1,14565E-03
0	529,15	43,92200	43,96643	-4,44250E-02	-1,01145E-03
0	530,15	44,65100	44,69304	-4,20401E-02	-9,41527E-04
0	531,15	45,39000	45,42858	-3,85817E-02	-8,50004E-04
0	532,15	46,13700	46,17313	-3,61258E-02	-7,83012E-04
0	534,15	47,66100	47,68954	-2,85372E-02	-5,98753E-04
0	535,15	48,43700	48,46157	-2,45680E-02	-5,07216E-04
0	536,15	49,22300	49,24293	-1,99293E-02	-4,04879E-04
0	537,15	50,01800	50,03371	-1,57100E-02	-3,14087E-04
0	539,15	51,63800	51,64390	-5,90163E-03	-1,14288E-04
0	540,15	52,46300	52,46351	-5,07795E-04	-9,67911E-06
0	541,15	53,29800	53,29292	5,07574E-03	9,52332E-05
0	542,15	54,14300	54,13226	1,07410E-02	1,98383E-04
0	544,15	55,86400	55,84114	2,28616E-02	4,09236E-04
0	545,15	56,74000	56,71092	2,90762E-02	5,12446E-04
0	546,15	57,62700	57,59111	3,58908E-02	6,22812E-04
0	547,15	58,52400	58,48183	4,21706E-02	7,20570E-04
0	549,15	60,35000	60,29545	5,45547E-02	9,03971E-04
0	550,15	61,27900	61,21864	6,03557E-02	9,84932E-04
0	551,15	62,21900	62,15299	6,60147E-02	1,06100E-03
0	552,15	63,17000	63,09864	7,13606E-02	1,12966E-03
0	554,15	65,10500	65,02461	8,03862E-02	1,23472E-03
0	555,15	66,08900	66,00532	8,36789E-02	1,26616E-03
0	556,15	67,08500	66,99812	8,68841E-02	1,29513E-03
0	557,15	68,09200	68,00322	8,87830E-02	1,30387E-03
0	559,15	70,14100	70,05127	8,97307E-02	1,27929E-03
0	560,15	71,18300	71,09472	8,82844E-02	1,24025E-03
0	561,15	72,23700	72,15146	8,55404E-02	1,18416E-03
0	562,15	73,30300	73,22178	8,12188E-02	1,10799E-03
0	564,15	75,47000	75,40435	6,56529E-02	8,69921E-04
0	565,15	76,57200	76,51722	5,47765E-02	7,15359E-04
0	566,15	77,68600	77,64494	4,10569E-02	5,28498E-04
0	567,15	78,81300	78,78786	2,51380E-02	3,18957E-04
0	569,15	81,10300	81,12081	-1,78097E-02	-2,19593E-04

0	570,15	82,26800	82,31164	-4,36400E-02	-5,30461E-04
0	571,15	83,44500	83,51927	-7,42740E-02	-8,90096E-04
0	572,15	84,63500	84,74416	-1,09162E-01	-1,28979E-03
0,0999	348,15	0,38416	0,38398	1,78072E-04	4,63537E-04
0,1002	373,15	1,00976	1,00894	8,17812E-04	8,09907E-04
0,1006	398,15	2,30943	2,31249	-3,06473E-03	-1,32705E-03
0,1015	423,15	4,73674	4,74249	-5,74729E-03	-1,21334E-03
0,1725	373,15	0,98067	1,00651	-2,58436E-02	-2,63530E-02
0,1725	383,15	1,45138	1,42345	2,79288E-02	1,92429E-02
0,1725	393,15	1,99075	1,97316	1,75871E-02	8,83441E-03
0,1725	403,15	2,70664	2,68510	2,15449E-02	7,96000E-03
0,1725	413,15	3,59904	3,59219	6,84966E-03	1,90319E-03
0,1725	423,15	4,71700	4,73095	-1,39459E-02	-2,95652E-03
0,1725	433,15	6,11935	6,14154	-2,21874E-02	-3,62578E-03
0,1725	443,15	7,89435	7,86800	2,63495E-02	3,33777E-03
0,1725	453,15	9,90472	9,95841	-5,36909E-02	-5,42074E-03
0,1725	463,15	12,35638	12,46494	-1,08564E-01	-8,78610E-03
0,1725	473,15	15,39644	15,44365	-4,72099E-02	-3,06629E-03
0,1725	483,15	18,92683	18,95378	-2,69472E-02	-1,42376E-03
0,1725	493,15	22,84949	23,05660	-2,07107E-01	-9,06397E-03
0,1725	503,15	28,83155	27,81388	1,01767E+00	3,52971E-02
0,1725	513,15	33,34261	33,28659	5,60181E-02	1,68008E-03
0,1725	523,15	39,52080	39,53491	-1,41096E-02	-3,57016E-04
0,1725	533,15	46,48352	46,62131	-1,37786E-01	-2,96418E-03
0,1725	543,15	54,52497	54,61911	-9,41357E-02	-1,72647E-03
0,1725	553,15	63,64516	63,62939	1,57723E-02	2,47815E-04
0,1725	563,15	72,07888	73,80918	-1,73030E+00	-2,40056E-02
0,1725	573,15	85,31786	85,41337	-9,55084E-02	-1,11944E-03
0,1899	573,15	85,00000	85,35560	-3,55600E-01	-4,18353E-03
0,3485	373,15	1,01008	1,00057	9,51267E-03	9,41774E-03
0,3485	383,15	1,42196	1,41499	6,96790E-03	4,90021E-03
0,3485	393,15	1,97114	1,96137	9,77120E-03	4,95713E-03
0,3485	403,15	2,68702	2,66896	1,80604E-02	6,72136E-03
0,3485	413,15	3,56962	3,57050	-8,81164E-04	-2,46851E-04
0,3485	423,15	4,68758	4,70226	-1,46816E-02	-3,13203E-03
0,3485	433,15	6,08012	6,10416	-2,40390E-02	-3,95371E-03
0,3485	443,15	7,84532	7,81993	2,53850E-02	3,23569E-03
0,3485	453,15	9,90472	9,89732	7,39524E-03	7,46638E-04
0,3485	463,15	12,25831	12,38810	-1,29794E-01	-1,05882E-02
0,3485	473,15	15,39644	15,34785	4,85886E-02	3,15583E-03
0,3485	483,15	18,73070	18,83527	-1,04571E-01	-5,58289E-03
0,3485	493,15	22,75143	22,91102	-1,59591E-01	-7,01455E-03
0,3485	503,15	27,55669	27,63621	-7,95243E-02	-2,88585E-03
0,3485	513,15	33,14648	33,07116	7,53155E-02	2,27220E-03
0,3485	523,15	39,32467	39,27547	4,92039E-02	1,25122E-03
0,3485	533,15	46,18932	46,31116	-1,21839E-01	-2,63782E-03
0,3485	543,15	54,13271	54,25135	-1,18644E-01	-2,19172E-03
0,3485	553,15	63,25289	63,19715	5,57399E-02	8,81224E-04
0,3485	563,15	73,54988	73,30576	2,44125E-01	3,31917E-03
0,3485	573,15	84,82752	84,83215	-4,62787E-03	-5,45562E-05
0,4991	353,15	0,46500	0,46537	-3,74452E-04	-8,05273E-04
0,4991	358,15	0,56800	0,56791	9,10959E-05	1,60380E-04

0,4991	363,15	0,68900	0,68875	2,49540E-04	3,62178E-04
0,4991	368,15	0,83100	0,83037	6,32508E-04	7,61141E-04
0,4991	373,15	0,99600	0,99544	5,62981E-04	5,65242E-04
0,4991	378,15	1,18700	1,18685	1,52553E-04	1,28520E-04
0,4991	383,15	1,40800	1,40770	2,99662E-04	2,12828E-04
0,4991	388,15	1,66200	1,66131	6,88583E-04	4,14310E-04
0,4991	393,15	1,95100	1,95121	-2,11116E-04	-1,08209E-04
0,4991	398,15	2,28100	2,28114	-1,44995E-04	-6,35665E-05
0,4991	403,15	2,65500	2,65507	-7,43620E-05	-2,80083E-05
0,4991	408,15	3,07700	3,07718	-1,77456E-04	-5,76716E-05
0,4991	413,15	3,55200	3,55185	1,48536E-04	4,18176E-05
0,4991	418,15	4,08400	4,08372	2,84424E-04	6,96435E-05
0,4991	423,15	4,67900	4,67762	1,38487E-03	2,95976E-04
0,4991	428,15	5,34100	5,33863	2,37326E-03	4,44347E-04
0,4991	433,15	6,07600	6,07206	3,93590E-03	6,47779E-04
0,4991	438,15	6,88900	6,88348	5,51621E-03	8,00728E-04
0,4991	443,15	7,78600	7,77869	7,30954E-03	9,38806E-04
0,4991	448,15	8,77300	8,76374	9,25985E-03	1,05549E-03
0,4991	453,15	9,85700	9,84494	1,20595E-02	1,22344E-03
0,4991	458,15	11,04400	11,02885	1,51531E-02	1,37207E-03
0,4991	463,15	12,34000	12,32225	1,77481E-02	1,43826E-03
0,4991	468,15	13,75200	13,73217	1,98311E-02	1,44205E-03
0,4991	473,15	15,28700	15,26581	2,11931E-02	1,38635E-03
0,4991	478,15	16,95300	16,93054	2,24629E-02	1,32501E-03
0,4991	483,15	18,75600	18,73385	2,21477E-02	1,18083E-03
0,4991	488,15	20,70500	20,68332	2,16800E-02	1,04709E-03
0,4991	493,15	22,80800	22,78653	2,14673E-02	9,41217E-04
0,4991	498,15	25,07100	25,05106	1,99391E-02	7,95304E-04
0,4991	503,15	27,50400	27,48442	1,95843E-02	7,12053E-04
0,4991	508,15	30,11400	30,09403	1,99697E-02	6,63138E-04
0,4991	513,15	32,91100	32,88727	2,37266E-02	7,20931E-04
0,4991	518,15	35,90200	35,87151	3,04910E-02	8,49285E-04
0,4991	523,15	39,09800	39,05422	4,37809E-02	1,11977E-03
0,4991	528,15	42,50700	42,44321	6,37885E-02	1,50066E-03
0,4991	533,15	46,13800	46,04693	9,10680E-02	1,97382E-03
0,4991	538,15	50,00200	49,87491	1,27094E-01	2,54179E-03
0,4991	543,15	54,10800	53,93833	1,69670E-01	3,13577E-03
0,4991	548,15	58,46600	58,25084	2,15157E-01	3,68003E-03
0,4991	553,15	63,08800	62,82949	2,58509E-01	4,09759E-03
0,4991	558,15	67,98300	67,69590	2,87100E-01	4,22312E-03
0,4991	563,15	73,16300	72,87768	2,85316E-01	3,89973E-03
0,4991	568,15	78,64000	78,41008	2,29922E-01	2,92373E-03
0,4991	573,15	84,42600	84,33779	8,82056E-02	1,04477E-03
0,5608	573,15	84,00000	84,13609	-1,36091E-01	-1,62013E-03
0,6193	373,15	0,99047	0,99132	-8,46392E-04	-8,54536E-04
0,6193	383,15	1,39254	1,40185	-9,30793E-03	-6,68414E-03
0,6193	393,15	1,89268	1,94306	-5,03843E-02	-2,66206E-02
0,6193	403,15	2,65760	2,64395	1,36544E-02	5,13788E-03
0,6193	413,15	3,53039	3,53691	-6,52361E-03	-1,84785E-03
0,6193	423,15	4,64835	4,65789	-9,53586E-03	-2,05145E-03
0,6193	433,15	6,03109	6,04639	-1,52969E-02	-2,53635E-03
0,6193	443,15	7,76687	7,74571	2,11591E-02	2,72427E-03

0,6193	453,15	9,79684	9,80308	-6,23552E-03	-6,36482E-04
0,6193	463,15	12,16025	12,26965	-1,09401E-01	-8,99662E-03
0,6193	473,15	15,20031	15,20031	1,70409E-06	1,12109E-07
0,6193	483,15	18,53457	18,65293	-1,18365E-01	-6,38615E-03
0,6193	493,15	22,45723	22,68727	-2,30044E-01	-1,02436E-02
0,6193	503,15	27,26249	27,36347	-1,00978E-01	-3,70391E-03
0,6193	513,15	32,85228	32,74087	1,11411E-01	3,39127E-03
0,6193	523,15	38,93240	38,87822	5,41823E-02	1,39170E-03
0,6193	533,15	45,60092	45,83691	-2,35991E-01	-5,17514E-03
0,6193	543,15	53,34818	53,68971	-3,41529E-01	-6,40188E-03
0,6193	553,15	62,37029	62,53765	-1,67355E-01	-2,68325E-03
0,6193	563,15	72,56921	72,53798	3,12334E-02	4,30395E-04
0,6193	573,15	83,84686	83,94540	-9,85390E-02	-1,17523E-03
0,8987	353,15	0,45900	0,45896	4,46583E-05	9,72949E-05
0,8987	358,15	0,56000	0,56007	-7,21421E-05	-1,28825E-04
0,8987	363,15	0,67900	0,67924	-2,36758E-04	-3,48687E-04
0,8987	368,15	0,81900	0,81888	1,18149E-04	1,44260E-04
0,8987	378,15	1,17100	1,17038	6,24661E-04	5,33443E-04
0,8987	388,15	1,63800	1,63817	-1,70718E-04	-1,04224E-04
0,8987	398,15	2,24900	2,24926	-2,62437E-04	-1,16691E-04
0,8987	408,15	3,03400	3,03404	-4,18484E-05	-1,37931E-05
0,8987	418,15	4,02700	4,02633	6,71501E-04	1,66750E-04
0,8987	428,15	5,26600	5,26345	2,55369E-03	4,84939E-04
0,8987	438,15	6,79200	6,78636	5,64451E-03	8,31053E-04
0,8987	448,15	8,65100	8,63981	1,11915E-02	1,29367E-03
0,8987	458,15	10,88900	10,87244	1,65569E-02	1,52052E-03
0,8987	468,15	13,55900	13,53668	2,23243E-02	1,64646E-03
0,8987	478,15	16,71500	16,68824	2,67614E-02	1,60104E-03
0,8987	488,15	20,41500	20,38526	2,97429E-02	1,45691E-03
0,8987	498,15	24,71800	24,68692	3,10764E-02	1,25724E-03
0,8987	508,15	29,68900	29,65213	3,68736E-02	1,24199E-03
0,8987	518,15	35,39500	35,33885	5,61502E-02	1,58639E-03
0,8987	528,15	41,90400	41,80573	9,82659E-02	2,34502E-03
0,8987	538,15	49,29000	49,11781	1,72187E-01	3,49334E-03
0,8987	548,15	57,63100	57,35897	2,72029E-01	4,72018E-03
0,8987	558,15	67,00700	66,65390	3,53099E-01	5,26958E-03
0,8987	568,15	77,50500	77,20210	3,02903E-01	3,90818E-03
0,9976	353,15	0,45700	0,45734	-3,43309E-04	-7,51222E-04
0,9976	358,15	0,55800	0,55811	-1,05130E-04	-1,88405E-04
0,9976	363,15	0,67700	0,67685	1,49772E-04	2,21229E-04
0,9976	368,15	0,81600	0,81600	-2,43793E-06	-2,98765E-06
0,9976	373,15	0,97900	0,97819	8,09429E-04	8,26792E-04
0,9976	378,15	1,16700	1,16625	7,48839E-04	6,41679E-04
0,9976	383,15	1,38400	1,38323	7,69751E-04	5,56179E-04
0,9976	388,15	1,63300	1,63238	6,15581E-04	3,76963E-04
0,9976	393,15	1,91700	1,91718	-1,81362E-04	-9,46069E-05
0,9976	398,15	2,24100	2,24130	-3,00275E-04	-1,33992E-04
0,9976	403,15	2,60900	2,60863	3,67559E-04	1,40881E-04
0,9976	408,15	3,02400	3,02328	7,17722E-04	2,37342E-04
0,9976	413,15	3,49000	3,48957	4,30840E-04	1,23450E-04
0,9976	418,15	4,01300	4,01203	9,69848E-04	2,41676E-04
0,9976	423,15	4,59700	4,59542	1,57627E-03	3,42891E-04

0,9976	428,15	5,24800	5,24473	3,26566E-03	6,22267E-04
0,9976	433,15	5,96900	5,96518	3,82248E-03	6,40389E-04
0,9976	438,15	6,76800	6,76220	5,79510E-03	8,56251E-04
0,9976	443,15	7,65000	7,64151	8,49154E-03	1,11001E-03
0,9976	448,15	8,62000	8,60902	1,09771E-02	1,27345E-03
0,9976	453,15	9,68500	9,67092	1,40751E-02	1,45328E-03
0,9976	458,15	10,85000	10,83363	1,63717E-02	1,50891E-03
0,9976	463,15	12,12400	12,10377	2,02270E-02	1,66835E-03
0,9976	468,15	13,51100	13,48821	2,27922E-02	1,68694E-03
0,9976	473,15	15,01900	14,99397	2,50346E-02	1,66686E-03
0,9976	478,15	16,65500	16,62823	2,67707E-02	1,60737E-03
0,9976	483,15	18,42700	18,39829	2,87056E-02	1,55780E-03
0,9976	488,15	20,34200	20,31152	3,04787E-02	1,49831E-03
0,9976	493,15	22,40700	22,37529	3,17100E-02	1,41518E-03
0,9976	498,15	24,63000	24,59696	3,30444E-02	1,34163E-03
0,9976	503,15	27,01900	26,98382	3,51844E-02	1,30221E-03
0,9976	508,15	29,58300	29,54310	3,99041E-02	1,34889E-03
0,9976	513,15	32,32900	32,28197	4,70302E-02	1,45474E-03
0,9976	518,15	35,26700	35,20762	5,93772E-02	1,68365E-03
0,9976	523,15	38,40500	38,32738	7,76183E-02	2,02105E-03
0,9976	528,15	41,75200	41,64892	1,03075E-01	2,46874E-03
0,9976	533,15	45,31800	45,18060	1,37401E-01	3,03193E-03
0,9976	538,15	49,11100	48,93186	1,79143E-01	3,64771E-03
0,9976	543,15	53,14200	52,91385	2,28148E-01	4,29318E-03
0,9976	548,15	57,42100	57,14019	2,80810E-01	4,89037E-03
0,9976	553,15	61,95700	61,62789	3,29115E-01	5,31199E-03
0,9976	558,15	66,76200	66,39851	3,63491E-01	5,44458E-03
0,9976	563,15	71,84500	71,47956	3,65440E-01	5,08651E-03
0,9976	568,15	77,22000	76,90605	3,13948E-01	4,06564E-03
0,9976	573,15	82,89600	82,72232	1,73685E-01	2,09521E-03
0,9994	348,15	0,37163	0,37232	-6,88697E-04	-1,85318E-03
1,0016	373,15	0,97804	0,97805	-1,06284E-05	-1,08671E-05
1,0060	398,15	2,24098	2,24063	3,52867E-04	1,57461E-04
1,0140	423,15	4,59355	4,59270	8,49858E-04	1,85011E-04
1,3845	373,15	0,91202	0,96452	-5,25027E-02	-5,75675E-02
1,3845	383,15	1,34351	1,36388	-2,03718E-02	-1,51631E-02
1,3845	393,15	1,88288	1,89033	-7,45469E-03	-3,95919E-03
1,3845	403,15	2,56934	2,57207	-2,73264E-03	-1,06356E-03
1,3845	413,15	3,43233	3,44064	-8,30947E-03	-2,42094E-03
1,3845	423,15	4,52087	4,53098	-1,01067E-02	-2,23558E-03
1,3845	433,15	5,89380	5,88152	1,22821E-02	2,08390E-03
1,3845	443,15	7,58054	7,53432	4,62184E-02	6,09698E-03
1,3845	453,15	9,58110	9,53519	4,59124E-02	4,79198E-03
1,3845	463,15	11,86605	11,93364	-6,75939E-02	-5,69641E-03
1,3845	473,15	14,80804	14,78266	2,53778E-02	1,71379E-03
1,3845	483,15	18,04424	18,13797	-9,37293E-02	-5,19442E-03
1,3845	493,15	21,86883	22,05693	-1,88100E-01	-8,60126E-03
1,3845	503,15	26,47796	26,59719	-1,19233E-01	-4,50311E-03
1,3845	513,15	31,87161	31,81568	5,59266E-02	1,75475E-03
1,3845	523,15	37,85367	37,76899	8,46760E-02	2,23693E-03
1,3845	533,15	44,22799	44,51686	-2,88870E-01	-6,53138E-03
1,3845	543,15	51,58298	52,13092	-5,47944E-01	-1,06226E-02

1,3845	553,15	50,30811	60,71139	-1,04033E+01	-2,06791E-01
1,3845	563,15	70,11755	70,41417	-2,96619E-01	-4,23031E-03
1,3845	573,15	81,39520	81,49036	-9,51647E-02	-1,16917E-03
1,4969	353,15	0,44900	0,44907	-6,86381E-05	-1,52869E-04
1,4969	358,15	0,54800	0,54801	-1,45176E-05	-2,64921E-05
1,4969	363,15	0,66500	0,66462	3,84176E-04	5,77708E-04
1,4969	368,15	0,80200	0,80125	7,48047E-04	9,32727E-04
1,4969	373,15	0,96100	0,96050	4,96319E-04	5,16461E-04
1,4969	378,15	1,14600	1,14516	8,44075E-04	7,36540E-04
1,4969	383,15	1,35900	1,35820	8,00453E-04	5,89001E-04
1,4969	388,15	1,60300	1,60283	1,67579E-04	1,04541E-04
1,4969	393,15	1,88300	1,88246	5,39990E-04	2,86771E-04
1,4969	398,15	2,20100	2,20070	3,04234E-04	1,38225E-04
1,4969	403,15	2,56200	2,56136	6,38347E-04	2,49160E-04
1,4969	408,15	2,96900	2,96849	5,10904E-04	1,72080E-04
1,4969	413,15	3,42700	3,42632	6,79398E-04	1,98249E-04
1,4969	418,15	3,94100	3,93931	1,68778E-03	4,28262E-04
1,4969	423,15	4,51400	4,51214	1,86313E-03	4,12745E-04
1,4969	428,15	5,15300	5,14969	3,31161E-03	6,42657E-04
1,4969	433,15	5,86200	5,85709	4,91395E-03	8,38273E-04
1,4969	438,15	6,64600	6,63968	6,32115E-03	9,51121E-04
1,4969	443,15	7,51200	7,50305	8,95100E-03	1,19156E-03
1,4969	448,15	8,46400	8,45301	1,09866E-02	1,29803E-03
1,4969	453,15	9,51000	9,49562	1,43776E-02	1,51184E-03
1,4969	458,15	10,65400	10,63715	1,68462E-02	1,58121E-03
1,4969	463,15	11,90400	11,88410	1,98984E-02	1,67157E-03
1,4969	468,15	13,26600	13,24316	2,28413E-02	1,72179E-03
1,4969	473,15	14,74600	14,72119	2,48083E-02	1,68238E-03
1,4969	478,15	16,35300	16,32521	2,77914E-02	1,69947E-03
1,4969	483,15	18,09200	18,06232	2,96795E-02	1,64047E-03
1,4969	488,15	19,97100	19,93970	3,13018E-02	1,56736E-03
1,4969	493,15	21,99800	21,96453	3,34724E-02	1,52161E-03
1,4969	498,15	24,18000	24,14397	3,60308E-02	1,49011E-03
1,4969	503,15	26,52500	26,48513	3,98713E-02	1,50316E-03
1,4969	508,15	29,04100	28,99505	4,59525E-02	1,58233E-03
1,4969	513,15	31,73700	31,68073	5,62743E-02	1,77314E-03
1,4969	518,15	34,62000	34,54919	7,08089E-02	2,04532E-03
1,4969	523,15	37,69900	37,60763	9,13697E-02	2,42366E-03
1,4969	528,15	40,98300	40,86360	1,19398E-01	2,91335E-03
1,4969	533,15	44,48100	44,32535	1,55648E-01	3,49920E-03
1,4969	538,15	48,20300	48,00225	2,00754E-01	4,16476E-03
1,4969	543,15	52,15700	51,90535	2,51646E-01	4,82478E-03
1,4969	548,15	56,35400	56,04819	3,05809E-01	5,42656E-03
1,4969	553,15	60,80300	60,44764	3,55356E-01	5,84438E-03
1,4969	558,15	65,51500	65,12509	3,89908E-01	5,95143E-03
1,4969	563,15	70,50000	70,10773	3,92268E-01	5,56408E-03
1,4969	568,15	75,77000	75,43011	3,39886E-01	4,48577E-03
1,4969	573,15	81,33500	81,13587	1,99134E-01	2,44832E-03
1,8615	573,15	80,00000	79,99746	2,53900E-03	3,17375E-05
1,8972	353,15	0,44200	0,44227	-2,67093E-04	-6,04284E-04
1,8972	358,15	0,54000	0,53973	2,72344E-04	5,04340E-04
1,8972	363,15	0,65500	0,65458	4,21762E-04	6,43911E-04

1,8972	368,15	0,79000	0,78916	8,37279E-04	1,05985E-03
1,8972	378,15	1,12900	1,12790	1,09551E-03	9,70333E-04
1,8972	388,15	1,57900	1,57872	2,81291E-04	1,78145E-04
1,8972	398,15	2,16800	2,16764	3,64874E-04	1,68300E-04
1,8972	408,15	2,92500	2,92397	1,03196E-03	3,52807E-04
1,8972	418,15	3,88200	3,88034	1,65790E-03	4,27074E-04
1,8972	428,15	5,07600	5,07275	3,24659E-03	6,39596E-04
1,8972	438,15	6,54700	6,54067	6,32619E-03	9,66274E-04
1,8972	448,15	8,33700	8,32717	9,83313E-03	1,17946E-03
1,8972	458,15	10,49400	10,47893	1,50654E-02	1,43562E-03
1,8972	468,15	13,06600	13,04617	1,98307E-02	1,51773E-03
1,8972	478,15	16,10600	16,08207	2,39250E-02	1,48547E-03
1,8972	488,15	19,67000	19,64198	2,80243E-02	1,42472E-03
1,8972	498,15	23,81400	23,78209	3,19101E-02	1,33997E-03
1,8972	508,15	28,60100	28,55834	4,26649E-02	1,49173E-03
1,8972	518,15	34,09300	34,02596	6,70415E-02	1,96643E-03
1,8972	528,15	40,35700	40,24131	1,15686E-01	2,86656E-03
1,8972	538,15	47,46400	47,26767	1,96330E-01	4,13639E-03
1,8972	548,15	55,48700	55,18738	2,99624E-01	5,39990E-03
1,8972	558,15	64,50200	64,12287	3,79127E-01	5,87775E-03
1,8972	568,15	74,59200	74,26872	3,23278E-01	4,33395E-03
1,9968	353,15	0,44100	0,44055	4,48138E-04	1,01619E-03
1,9968	358,15	0,53800	0,53764	3,61156E-04	6,71294E-04
1,9968	363,15	0,65300	0,65205	9,50538E-04	1,45565E-03
1,9968	368,15	0,78700	0,78612	8,81219E-04	1,11972E-03
1,9968	373,15	0,94300	0,94238	6,20268E-04	6,57761E-04
1,9968	378,15	1,12400	1,12357	4,34113E-04	3,86222E-04
1,9968	383,15	1,33300	1,33261	3,86711E-04	2,90105E-04
1,9968	388,15	1,57300	1,57266	3,38452E-04	2,15163E-04
1,9968	393,15	1,84800	1,84705	9,45559E-04	5,11666E-04
1,9968	398,15	2,16000	2,15934	6,59693E-04	3,05414E-04
1,9968	403,15	2,51400	2,51327	7,27472E-04	2,89368E-04
1,9968	408,15	2,91400	2,91281	1,18962E-03	4,08242E-04
1,9968	413,15	3,36300	3,36212	8,79511E-04	2,61526E-04
1,9968	418,15	3,86700	3,86558	1,42098E-03	3,67464E-04
1,9968	423,15	4,43000	4,42777	2,22534E-03	5,02334E-04
1,9968	428,15	5,05700	5,05351	3,48775E-03	6,89687E-04
1,9968	433,15	5,75200	5,74782	4,18329E-03	7,27275E-04
1,9968	438,15	6,52200	6,51594	6,06321E-03	9,29655E-04
1,9968	443,15	7,37100	7,36335	7,65216E-03	1,03814E-03
1,9968	448,15	8,30600	8,29575	1,02473E-02	1,23372E-03
1,9968	453,15	9,33100	9,31908	1,19203E-02	1,27749E-03
1,9968	458,15	10,45400	10,43948	1,45236E-02	1,38928E-03
1,9968	463,15	11,68100	11,66330	1,77019E-02	1,51545E-03
1,9968	468,15	13,01700	12,99709	1,99100E-02	1,52954E-03
1,9968	473,15	14,46900	14,44756	2,14370E-02	1,48158E-03
1,9968	478,15	16,04500	16,02156	2,34379E-02	1,46076E-03
1,9968	483,15	17,75100	17,72603	2,49709E-02	1,40673E-03
1,9968	488,15	19,59500	19,56796	2,70385E-02	1,37987E-03
1,9968	493,15	21,58300	21,55437	2,86300E-02	1,32651E-03
1,9968	498,15	23,72300	23,69224	3,07587E-02	1,29658E-03
1,9968	503,15	26,02400	25,98851	3,54884E-02	1,36368E-03

1,9968	508,15	28,49100	28,45006	4,09393E-02	1,43692E-03
1,9968	513,15	31,13500	31,08374	5,12622E-02	1,64645E-03
1,9968	518,15	33,96200	33,89643	6,55669E-02	1,93060E-03
1,9968	523,15	36,98200	36,89521	8,67902E-02	2,34682E-03
1,9968	528,15	40,20200	40,08752	1,14484E-01	2,84772E-03
1,9968	533,15	43,63300	43,48149	1,51506E-01	3,47229E-03
1,9968	538,15	47,28100	47,08641	1,94593E-01	4,11568E-03
1,9968	543,15	51,15800	50,91321	2,44794E-01	4,78505E-03
1,9968	548,15	55,27200	54,97525	2,96747E-01	5,36885E-03
1,9968	553,15	59,63300	59,28921	3,43789E-01	5,76508E-03
1,9968	558,15	64,25100	63,87613	3,74868E-01	5,83444E-03
1,9968	563,15	69,13700	68,76272	3,74276E-01	5,41354E-03
1,9968	568,15	74,30000	73,98282	3,17176E-01	4,26886E-03
1,9968	573,15	79,75300	79,57904	1,73958E-01	2,18120E-03
1,9986	348,15	0,35736	0,35862	-1,26268E-03	-3,53334E-03
2,0029	373,15	0,94157	0,94216	-5,86388E-04	-6,22777E-04
2,0119	398,15	2,15676	2,15808	-1,32099E-03	-6,12489E-04
2,0271	423,15	4,41944	4,42264	-3,19740E-03	-7,23486E-04
2,4952	353,15	0,43200	0,43183	1,69221E-04	3,91716E-04
2,4952	358,15	0,52800	0,52702	9,75871E-04	1,84824E-03
2,4952	363,15	0,64000	0,63921	7,93158E-04	1,23931E-03
2,4952	368,15	0,77100	0,77067	3,30048E-04	4,28078E-04
2,4952	373,15	0,92500	0,92390	1,10106E-03	1,19033E-03
2,4952	378,15	1,10200	1,10158	4,23461E-04	3,84266E-04
2,4952	383,15	1,30700	1,30658	4,15441E-04	3,17859E-04
2,4952	388,15	1,54300	1,54201	9,94950E-04	6,44816E-04
2,4952	393,15	1,81200	1,81112	8,79092E-04	4,85150E-04
2,4952	398,15	2,11800	2,11742	5,83722E-04	2,75601E-04
2,4952	403,15	2,45600	2,46458	-8,57699E-03	-3,49226E-03
2,4952	408,15	2,85700	2,85649	5,08659E-04	1,78040E-04
2,4952	413,15	3,29800	3,29725	7,48637E-04	2,26997E-04
2,4952	418,15	3,79200	3,79115	8,45171E-04	2,22883E-04
2,4952	423,15	4,34400	4,34271	1,29209E-03	2,97443E-04
2,4952	428,15	4,95900	4,95663	2,37161E-03	4,78243E-04
2,4952	433,15	5,64100	5,63785	3,15079E-03	5,58552E-04
2,4952	438,15	6,39600	6,39152	4,47837E-03	7,00182E-04
2,4952	443,15	7,22900	7,22302	5,98245E-03	8,27563E-04
2,4952	448,15	8,14500	8,13793	7,07013E-03	8,68033E-04
2,4952	453,15	9,15100	9,14207	8,92997E-03	9,75847E-04
2,4952	458,15	10,25200	10,24146	1,05385E-02	1,02795E-03
2,4952	463,15	11,45400	11,44233	1,16717E-02	1,01901E-03
2,4952	468,15	12,76500	12,75108	1,39226E-02	1,09069E-03
2,4952	473,15	14,18900	14,17427	1,47252E-02	1,03779E-03
2,4952	478,15	15,73400	15,71862	1,53844E-02	9,77781E-04
2,4952	483,15	17,40700	17,39089	1,61125E-02	9,25636E-04
2,4952	488,15	19,21500	19,19793	1,70682E-02	8,88273E-04
2,4952	493,15	21,16400	21,14660	1,73960E-02	8,21960E-04
2,4952	498,15	23,26200	23,24374	1,82617E-02	7,85045E-04
2,4952	503,15	25,51700	25,49612	2,08757E-02	8,18111E-04
2,4952	508,15	27,93600	27,91050	2,54964E-02	9,12673E-04
2,4952	513,15	30,52800	30,49360	3,44023E-02	1,12691E-03
2,4952	518,15	33,29900	33,25218	4,68200E-02	1,40605E-03

2,4952	523,15	36,25900	36,19321	6,57932E-02	1,81454E-03
2,4952	528,15	39,41600	39,32402	9,19753E-02	2,33345E-03
2,4952	533,15	42,77700	42,65267	1,24328E-01	2,90641E-03
2,4952	538,15	46,35300	46,18830	1,64705E-01	3,55328E-03
2,4952	543,15	50,15200	49,94169	2,10310E-01	4,19346E-03
2,4952	548,15	54,18300	53,92600	2,56999E-01	4,74317E-03
2,4952	553,15	58,45600	58,15758	2,98422E-01	5,10508E-03
2,4952	558,15	62,98000	62,65701	3,22993E-01	5,12850E-03
2,4952	563,15	67,76600	67,45033	3,15673E-01	4,65828E-03
2,4952	568,15	72,82300	72,57042	2,52584E-01	3,46847E-03
2,4952	573,15	78,16300	78,05855	1,04446E-01	1,33626E-03
2,4982	348,15	0,34977	0,35148	-1,71364E-03	-4,89933E-03
2,5035	373,15	0,92242	0,92359	-1,16817E-03	-1,26642E-03
2,5136	398,15	2,11315	2,11585	-2,70374E-03	-1,27948E-03
2,5326	423,15	4,33048	4,33628	-5,80084E-03	-1,33954E-03
2,9943	353,15	0,42300	0,42287	1,34470E-04	3,17896E-04
2,9943	358,15	0,51700	0,51612	8,78160E-04	1,69857E-03
2,9943	363,15	0,62700	0,62603	9,70787E-04	1,54830E-03
2,9943	368,15	0,75600	0,75483	1,16525E-03	1,54133E-03
2,9943	373,15	0,90600	0,90498	1,02332E-03	1,12949E-03
2,9943	378,15	1,08000	1,07909	9,12885E-04	8,45264E-04
2,9943	383,15	1,28100	1,27999	1,00599E-03	7,85317E-04
2,9943	388,15	1,51200	1,51072	1,27772E-03	8,45056E-04
2,9943	393,15	1,77500	1,77449	5,05544E-04	2,84814E-04
2,9943	398,15	2,07600	2,07473	1,26889E-03	6,11217E-04
2,9943	403,15	2,41600	2,41505	9,48749E-04	3,92694E-04
2,9943	408,15	2,80000	2,79927	7,27000E-04	2,59643E-04
2,9943	413,15	3,23200	3,23141	5,85223E-04	1,81072E-04
2,9943	418,15	3,71600	3,71570	3,02933E-04	8,15212E-05
2,9943	423,15	4,25700	4,25654	4,55173E-04	1,06923E-04
2,9943	428,15	4,86000	4,85859	1,40961E-03	2,90043E-04
2,9943	433,15	5,52800	5,52668	1,32342E-03	2,39403E-04
2,9943	438,15	6,26800	6,26586	2,14046E-03	3,41490E-04
2,9943	443,15	7,08400	7,08141	2,58941E-03	3,65529E-04
2,9943	448,15	7,98300	7,97882	4,18369E-03	5,24075E-04
2,9943	453,15	8,96800	8,96378	4,22423E-03	4,71033E-04
2,9943	458,15	10,04800	10,04219	5,80597E-03	5,77824E-04
2,9943	463,15	11,22600	11,22017	5,82931E-03	5,19268E-04
2,9943	468,15	12,51000	12,50398	6,01703E-03	4,80978E-04
2,9943	473,15	13,90700	13,90006	6,93748E-03	4,98848E-04
2,9943	478,15	15,42100	15,41497	6,03361E-03	3,91259E-04
2,9943	483,15	17,06100	17,05534	5,65715E-03	3,31584E-04
2,9943	488,15	18,83200	18,82789	4,10604E-03	2,18035E-04
2,9943	493,15	20,74200	20,73934	2,66168E-03	1,28323E-04
2,9943	498,15	22,79900	22,79638	2,62155E-03	1,14985E-04
2,9943	503,15	25,00900	25,00568	3,32040E-03	1,32768E-04
2,9943	508,15	27,38000	27,37387	6,13187E-03	2,23954E-04
2,9943	513,15	29,91900	29,90756	1,14399E-02	3,82362E-04
2,9943	518,15	32,63500	32,61343	2,15677E-02	6,60876E-04
2,9943	523,15	35,53500	35,49835	3,66498E-02	1,03137E-03
2,9943	528,15	38,62800	38,56957	5,84317E-02	1,51268E-03
2,9943	533,15	41,92200	41,83502	8,69797E-02	2,07480E-03

2,9943	538,15	45,42500	45,30372	1,21284E-01	2,66998E-03
2,9943	543,15	49,14700	48,98626	1,60737E-01	3,27053E-03
2,9943	548,15	53,09600	52,89553	2,00472E-01	3,77566E-03
2,9943	553,15	57,28100	57,04745	2,33552E-01	4,07731E-03
2,9943	558,15	61,71200	61,46201	2,49989E-01	4,05090E-03
2,9943	563,15	66,39900	66,16439	2,34606E-01	3,53327E-03
2,9943	568,15	71,35200	71,18628	1,65725E-01	2,32264E-03
2,9943	573,15	76,58100	76,56728	1,37166E-02	1,79112E-04
3,0132	353,15	0,42300	0,42252	4,78270E-04	1,13066E-03
3,0132	358,15	0,51600	0,51570	2,96059E-04	5,73757E-04
3,0132	363,15	0,62600	0,62552	4,75654E-04	7,59830E-04
3,0132	368,15	0,75500	0,75423	7,71612E-04	1,02200E-03
3,0132	378,15	1,07900	1,07823	7,73099E-04	7,16496E-04
3,0132	388,15	1,51100	1,50953	1,47292E-03	9,74796E-04
3,0132	398,15	2,07400	2,07310	8,97883E-04	4,32923E-04
3,0132	408,15	2,79800	2,79709	9,08245E-04	3,24605E-04
3,0132	418,15	3,71300	3,71282	1,76490E-04	4,75331E-05
3,0132	428,15	4,85600	4,85486	1,13935E-03	2,34626E-04
3,0132	438,15	6,26300	6,26108	1,91655E-03	3,06011E-04
3,0132	448,15	7,97600	7,97277	3,22551E-03	4,04402E-04
3,0132	458,15	10,04000	10,03463	5,36534E-03	5,34397E-04
3,0132	468,15	12,50100	12,49462	6,38148E-03	5,10477E-04
3,0132	478,15	15,40900	15,40347	5,52904E-03	3,58819E-04
3,0132	488,15	18,81700	18,81390	3,09810E-03	1,64644E-04
3,0132	498,15	22,78100	22,77949	1,51465E-03	6,64875E-05
3,0132	508,15	27,35800	27,35363	4,36566E-03	1,59575E-04
3,0132	518,15	32,60900	32,58939	1,96117E-02	6,01420E-04
3,0132	528,15	38,59700	38,54122	5,57815E-02	1,44523E-03
3,0132	538,15	45,38900	45,27053	1,18465E-01	2,61000E-03
3,0132	548,15	53,05300	52,85693	1,96067E-01	3,69568E-03
3,0132	558,15	61,66300	61,41730	2,45700E-01	3,98456E-03
3,0132	568,15	71,29500	71,13449	1,60506E-01	2,25129E-03
3,4923	353,15	0,41400	0,41369	3,09050E-04	7,46499E-04
3,4923	358,15	0,50600	0,50497	1,02568E-03	2,02703E-03
3,4923	363,15	0,61300	0,61257	4,32253E-04	7,05144E-04
3,4923	368,15	0,74000	0,73867	1,32534E-03	1,79100E-03
3,4923	373,15	0,88700	0,88569	1,31363E-03	1,48098E-03
3,4923	378,15	1,05700	1,05618	8,15139E-04	7,71181E-04
3,4923	383,15	1,25400	1,25294	1,05524E-03	8,41499E-04
3,4923	388,15	1,48000	1,47893	1,06550E-03	7,19931E-04
3,4923	393,15	1,73800	1,73732	6,82973E-04	3,92965E-04
3,4923	398,15	2,03200	2,03145	5,49819E-04	2,70580E-04
3,4923	403,15	2,36500	2,36489	1,12889E-04	4,77331E-05
3,4923	408,15	2,74200	2,74138	6,23114E-04	2,27248E-04
3,4923	413,15	3,16500	3,16487	1,34457E-04	4,24825E-05
3,4923	418,15	3,63900	3,63950	-4,97694E-04	-1,36767E-04
3,4923	423,15	4,16900	4,16962	-6,18709E-04	-1,48407E-04
3,4923	428,15	4,75900	4,75978	-7,77353E-04	-1,63344E-04
3,4923	433,15	5,41400	5,41473	-7,28600E-04	-1,34577E-04
3,4923	438,15	6,13900	6,13944	-4,36161E-04	-7,10476E-05
3,4923	443,15	6,93900	6,93907	-7,40843E-05	-1,06765E-05
3,4923	448,15	7,81900	7,81903	-2,66231E-05	-3,40492E-06

3,4923	453,15	8,78500	8,78489	1,14549E-04	1,30391E-05
3,4923	458,15	9,84200	9,84244	-4,43241E-04	-4,50357E-05
3,4923	463,15	10,99700	10,99768	-6,82675E-04	-6,20783E-05
3,4923	468,15	12,25600	12,25676	-7,60135E-04	-6,20215E-05
3,4923	473,15	13,62400	13,62598	-1,98366E-03	-1,45600E-04
3,4923	478,15	15,10800	15,11179	-3,78528E-03	-2,50548E-04
3,4923	483,15	16,71400	16,72069	-6,68862E-03	-4,00181E-04
3,4923	488,15	18,45000	18,45927	-9,27362E-03	-5,02635E-04
3,4923	493,15	20,32200	20,33414	-1,21414E-02	-5,97452E-04
3,4923	498,15	22,33700	22,35188	-1,48841E-02	-6,66341E-04
3,4923	503,15	24,50200	24,51906	-1,70650E-02	-6,96473E-04
3,4923	508,15	26,82500	26,84222	-1,72185E-02	-6,41883E-04
3,4923	513,15	29,31400	29,32788	-1,38780E-02	-4,73427E-04
3,4923	518,15	31,97500	31,98264	-7,64450E-03	-2,39078E-04
3,4923	523,15	34,81600	34,81331	2,69116E-03	7,72967E-05
3,4923	528,15	37,84600	37,82704	1,89572E-02	5,00904E-04
3,4923	533,15	41,07300	41,03167	4,13258E-02	1,00616E-03
3,4923	538,15	44,50500	44,43606	6,89378E-02	1,54899E-03
3,4923	543,15	48,15100	48,05059	1,00411E-01	2,08533E-03
3,4923	548,15	52,01900	51,88778	1,31218E-01	2,52251E-03
3,4923	553,15	56,11900	55,96307	1,55927E-01	2,77850E-03
3,4923	558,15	60,45900	60,29572	1,63282E-01	2,70071E-03
3,4923	563,15	65,04900	64,90985	1,39149E-01	2,13915E-03
3,4923	568,15	69,90000	69,83570	6,42980E-02	9,19858E-04
3,4923	573,15	75,02000	75,11094	-9,09417E-02	-1,21223E-03
3,5361	348,15	0,33361	0,33603	-2,41919E-03	-7,25155E-03
3,5433	373,15	0,87946	0,88369	-4,22759E-03	-4,80703E-03
3,5573	398,15	2,01872	2,02575	-7,03070E-03	-3,48275E-03
3,5829	423,15	4,14495	4,15372	-8,76565E-03	-2,11478E-03
3,6195	573,15	75,00000	74,74420	2,55804E-01	3,41071E-03
3,9922	353,15	0,40500	0,40425	7,50271E-04	1,85252E-03
3,9922	358,15	0,49400	0,49351	4,88031E-04	9,87916E-04
3,9922	363,15	0,60000	0,59874	1,26159E-03	2,10265E-03
3,9922	368,15	0,72300	0,72209	9,11171E-04	1,26026E-03
3,9922	373,15	0,86700	0,86591	1,09232E-03	1,25988E-03
3,9922	378,15	1,03400	1,03273	1,27303E-03	1,23117E-03
3,9922	383,15	1,22600	1,22527	7,31784E-04	5,96887E-04
3,9922	388,15	1,44800	1,44644	1,55632E-03	1,07481E-03
3,9922	393,15	1,70000	1,69936	6,42919E-04	3,78188E-04
3,9922	398,15	1,98800	1,98730	6,95968E-04	3,50084E-04
3,9922	403,15	2,31400	2,31377	2,27608E-04	9,83614E-05
3,9922	408,15	2,68200	2,68244	-4,42838E-04	-1,65115E-04
3,9922	413,15	3,09700	3,09719	-1,89823E-04	-6,12925E-05
3,9922	418,15	3,56100	3,56208	-1,08303E-03	-3,04137E-04
3,9922	423,15	4,08000	4,08139	-1,38938E-03	-3,40535E-04
3,9922	428,15	4,65800	4,65958	-1,57546E-03	-3,38226E-04
3,9922	433,15	5,30000	5,30131	-1,31009E-03	-2,47186E-04
3,9922	438,15	6,00900	6,01147	-2,46669E-03	-4,10499E-04
3,9922	443,15	6,79300	6,79512	-2,12473E-03	-3,12782E-04
3,9922	448,15	7,65500	7,65757	-2,56953E-03	-3,35667E-04
3,9922	453,15	8,60100	8,60429	-3,28966E-03	-3,82474E-04
3,9922	458,15	9,63700	9,64097	-3,97079E-03	-4,12036E-04

3,9922	463,15	10,76800	10,77349	-5,48538E-03	-5,09415E-04
3,9922	468,15	12,00100	12,00788	-6,87728E-03	-5,73059E-04
3,9922	473,15	13,34100	13,35034	-9,34094E-03	-7,00168E-04
3,9922	478,15	14,79500	14,80720	-1,21954E-02	-8,24294E-04
3,9922	483,15	16,36900	16,38485	-1,58540E-02	-9,68537E-04
3,9922	488,15	18,07000	18,08979	-1,97908E-02	-1,09523E-03
3,9922	493,15	19,90400	19,92851	-2,45083E-02	-1,23133E-03
3,9922	498,15	21,87900	21,90751	-2,85085E-02	-1,30301E-03
3,9922	503,15	24,00100	24,03328	-3,22751E-02	-1,34474E-03
3,9922	508,15	26,27700	26,31227	-3,52732E-02	-1,34236E-03
3,9922	513,15	28,71500	28,75098	-3,59756E-02	-1,25285E-03
3,9922	518,15	31,32300	31,35593	-3,29278E-02	-1,05123E-03
3,9922	523,15	34,10700	34,13386	-2,68622E-02	-7,87585E-04
3,9922	528,15	37,07600	37,09188	-1,58765E-02	-4,28216E-04
3,9922	533,15	40,23800	40,23769	3,08880E-04	7,67633E-06
3,9922	538,15	43,60100	43,58000	2,10021E-02	4,81688E-04
3,9922	543,15	47,17300	47,12892	4,40829E-02	9,34494E-04
3,9922	548,15	50,96300	50,89657	6,64273E-02	1,30344E-03
3,9922	553,15	54,98000	54,89780	8,22030E-02	1,49514E-03
3,9922	558,15	59,23200	59,15097	8,10297E-02	1,36801E-03
3,9922	563,15	63,72900	63,67900	5,00036E-02	7,84629E-04
3,9922	568,15	68,48000	68,51041	-3,04078E-02	-4,44039E-04
3,9922	573,15	73,49500	73,68059	-1,85588E-01	-2,52519E-03
4,2688	353,15	0,40000	0,39893	1,07186E-03	2,67965E-03
4,2688	358,15	0,48800	0,48705	9,45006E-04	1,93649E-03
4,2688	363,15	0,59200	0,59095	1,04676E-03	1,76817E-03
4,2688	368,15	0,71400	0,71276	1,24142E-03	1,73868E-03
4,2688	378,15	1,02100	1,01955	1,44902E-03	1,41921E-03
4,2688	388,15	1,42900	1,42822	7,77247E-04	5,43910E-04
4,2688	398,15	1,96300	1,96259	4,14324E-04	2,11067E-04
4,2688	408,15	2,64900	2,64950	-4,95018E-04	-1,86870E-04
4,2688	418,15	3,51800	3,51887	-8,67382E-04	-2,46556E-04
4,2688	428,15	4,60200	4,60372	-1,71871E-03	-3,73470E-04
4,2688	438,15	5,93700	5,94023	-3,22948E-03	-5,43958E-04
4,2688	448,15	7,56400	7,56781	-3,81303E-03	-5,04102E-04
4,2688	458,15	9,52300	9,52912	-6,12422E-03	-6,43098E-04
4,2688	468,15	11,86100	11,86991	-8,91267E-03	-7,51427E-04
4,2688	478,15	14,62300	14,63862	-1,56195E-02	-1,06815E-03
4,2688	488,15	17,86100	17,88567	-2,46655E-02	-1,38097E-03
4,2688	498,15	21,62700	21,66251	-3,55072E-02	-1,64180E-03
4,2688	508,15	25,97600	26,02077	-4,47690E-02	-1,72347E-03
4,2688	518,15	30,96600	31,01208	-4,60812E-02	-1,48812E-03
4,2688	528,15	36,65500	36,68965	-3,46454E-02	-9,45176E-04
4,2688	538,15	43,10800	43,11292	-4,92473E-03	-1,14242E-04
4,2688	548,15	50,38800	50,35711	3,08892E-02	6,13026E-04
4,2688	558,15	58,56500	58,52900	3,59972E-02	6,14655E-04
4,2688	568,15	67,71000	67,79049	-8,04899E-02	-1,18875E-03
4,4898	353,15	0,39500	0,39462	3,76896E-04	9,54167E-04
4,4898	358,15	0,48300	0,48183	1,16661E-03	2,41534E-03
4,4898	363,15	0,58600	0,58466	1,33983E-03	2,28640E-03
4,4898	368,15	0,70600	0,70522	7,80088E-04	1,10494E-03
4,4898	373,15	0,84700	0,84581	1,18929E-03	1,40412E-03

4,4898	378,15	1,01000	1,00892	1,08485E-03	1,07411E-03
4,4898	383,15	1,19800	1,19720	7,97689E-04	6,65851E-04
4,4898	388,15	1,41400	1,41353	4,70923E-04	3,33043E-04
4,4898	393,15	1,66200	1,66094	1,05915E-03	6,37272E-04
4,4898	398,15	1,94300	1,94267	3,27990E-04	1,68806E-04
4,4898	403,15	2,26200	2,26215	-1,46246E-04	-6,46536E-05
4,4898	408,15	2,62300	2,62298	2,28876E-05	8,72573E-06
4,4898	413,15	3,02800	3,02897	-9,68880E-04	-3,19974E-04
4,4898	418,15	3,48300	3,48412	-1,11789E-03	-3,20957E-04
4,4898	423,15	3,99100	3,99261	-1,61442E-03	-4,04516E-04
4,4898	428,15	4,55700	4,55884	-1,84496E-03	-4,04862E-04
4,4898	433,15	5,18500	5,18739	-2,39463E-03	-4,61838E-04
4,4898	438,15	5,88000	5,88305	-3,04948E-03	-5,18618E-04
4,4898	443,15	6,64700	6,65080	-3,79786E-03	-5,71364E-04
4,4898	448,15	7,49100	7,49583	-4,83043E-03	-6,44832E-04
4,4898	453,15	8,41800	8,42354	-5,53780E-03	-6,57852E-04
4,4898	458,15	9,43200	9,43950	-7,50496E-03	-7,95691E-04
4,4898	463,15	10,54100	10,54950	-8,50176E-03	-8,06542E-04
4,4898	468,15	11,74800	11,75947	-1,14687E-02	-9,76229E-04
4,4898	473,15	13,06100	13,07550	-1,44978E-02	-1,11001E-03
4,4898	478,15	14,48600	14,50381	-1,78081E-02	-1,22933E-03
4,4898	483,15	16,02800	16,05072	-2,27176E-02	-1,41737E-03
4,4898	488,15	17,69500	17,72261	-2,76121E-02	-1,56044E-03
4,4898	493,15	19,49200	19,52591	-3,39146E-02	-1,73992E-03
4,4898	498,15	21,42700	21,46706	-4,00586E-02	-1,86954E-03
4,4898	503,15	23,50700	23,55247	-4,54706E-02	-1,93434E-03
4,4898	508,15	25,73800	25,78857	-5,05698E-02	-1,96479E-03
4,4898	513,15	28,12800	28,18179	-5,37915E-02	-1,91238E-03
4,4898	518,15	30,68300	30,73865	-5,56459E-02	-1,81357E-03
4,4898	523,15	33,41200	33,46582	-5,38235E-02	-1,61090E-03
4,4898	528,15	36,32300	36,37036	-4,73578E-02	-1,30380E-03
4,4898	533,15	39,42200	39,45986	-3,78607E-02	-9,60395E-04
4,4898	538,15	42,71800	42,74284	-2,48417E-02	-5,81528E-04
4,4898	543,15	46,22000	46,22912	-9,12445E-03	-1,97413E-04
4,4898	548,15	49,93500	49,93037	4,62944E-03	9,27092E-05
4,4898	553,15	53,87200	53,86072	1,12807E-02	2,09399E-04
4,4898	558,15	58,04000	58,03755	2,45316E-03	4,22666E-05
4,4898	563,15	62,44700	62,48235	-3,53452E-02	-5,66004E-04
4,4898	568,15	67,10400	67,22171	-1,17713E-01	-1,75418E-03
4,4898	573,15	72,02000	72,28844	-2,68443E-01	-3,72734E-03
4,9886	353,15	0,38500	0,38474	2,57819E-04	6,69658E-04
4,9886	358,15	0,47000	0,46985	1,45016E-04	3,08545E-04
4,9886	363,15	0,57100	0,57023	7,67810E-04	1,34468E-03
4,9886	368,15	0,68900	0,68795	1,05295E-03	1,52823E-03
4,9886	373,15	0,82600	0,82525	7,48602E-04	9,06297E-04
4,9886	378,15	0,98600	0,98458	1,42138E-03	1,44156E-03
4,9886	383,15	1,16900	1,16855	4,54321E-04	3,88640E-04
4,9886	388,15	1,38100	1,37995	1,04556E-03	7,57104E-04
4,9886	393,15	1,62200	1,62179	2,07539E-04	1,27952E-04
4,9886	398,15	1,89800	1,89723	7,66558E-04	4,03876E-04
4,9886	403,15	2,21000	2,20964	3,62417E-04	1,63990E-04
4,9886	408,15	2,56200	2,56255	-5,52071E-04	-2,15485E-04

4,9886	413,15	2,95900	2,95971	-7,11896E-04	-2,40587E-04
4,9886	418,15	3,40400	3,40504	-1,04111E-03	-3,05849E-04
4,9886	423,15	3,90100	3,90265	-1,65459E-03	-4,24145E-04
4,9886	428,15	4,45400	4,45686	-2,86022E-03	-6,42169E-04
4,9886	433,15	5,06900	5,07216	-3,16127E-03	-6,23649E-04
4,9886	438,15	5,75000	5,75326	-3,25867E-03	-5,66724E-04
4,9886	443,15	6,50100	6,50505	-4,05249E-03	-6,23364E-04
4,9886	448,15	7,32800	7,33264	-4,64228E-03	-6,33499E-04
4,9886	453,15	8,23500	8,24133	-6,32510E-03	-7,68076E-04
4,9886	458,15	9,22900	9,23659	-7,59082E-03	-8,22497E-04
4,9886	463,15	10,31500	10,32411	-9,11359E-03	-8,83528E-04
4,9886	468,15	11,49800	11,50974	-1,17391E-02	-1,02097E-03
4,9886	473,15	12,78500	12,79947	-1,44668E-02	-1,13155E-03
4,9886	478,15	14,18100	14,19943	-1,84283E-02	-1,29951E-03
4,9886	483,15	15,69200	15,71586	-2,38607E-02	-1,52056E-03
4,9886	488,15	17,32600	17,35508	-2,90780E-02	-1,67829E-03
4,9886	493,15	19,08800	19,12344	-3,54427E-02	-1,85680E-03
4,9886	498,15	20,98500	21,02734	-4,23403E-02	-2,01764E-03
4,9886	503,15	23,02300	23,07316	-5,01626E-02	-2,17880E-03
4,9886	508,15	25,21100	25,26731	-5,63055E-02	-2,23337E-03
4,9886	513,15	27,55400	27,61619	-6,21891E-02	-2,25699E-03
4,9886	518,15	30,06000	30,12631	-6,63092E-02	-2,20590E-03
4,9886	523,15	32,73600	32,80433	-6,83301E-02	-2,08731E-03
4,9886	528,15	35,59000	35,65723	-6,72301E-02	-1,88902E-03
4,9886	533,15	38,63000	38,69251	-6,25113E-02	-1,61821E-03
4,9886	538,15	41,86300	41,91848	-5,54843E-02	-1,32538E-03
4,9886	543,15	45,29700	45,34464	-4,76395E-02	-1,05171E-03
4,9886	548,15	48,94100	48,98211	-4,11135E-02	-8,40063E-04
4,9886	553,15	52,80300	52,84426	-4,12560E-02	-7,81319E-04
4,9886	558,15	56,89100	56,94730	-5,63011E-02	-9,89631E-04
4,9886	563,15	61,21400	61,31114	-9,71402E-02	-1,58689E-03
4,9886	568,15	65,78200	65,96019	-1,78187E-01	-2,70875E-03
4,9886	573,15	70,60300	70,92432	-3,21323E-01	-4,55113E-03
5,4484	573,15	70,00000	69,69465	3,05352E-01	4,36218E-03
5,4871	353,15	0,37500	0,37464	3,64126E-04	9,71002E-04
5,4871	358,15	0,45800	0,45761	3,88180E-04	8,47554E-04
5,4871	363,15	0,55600	0,55550	5,03238E-04	9,05105E-04
5,4871	368,15	0,67100	0,67032	6,79104E-04	1,01208E-03
5,4871	373,15	0,80500	0,80429	7,09898E-04	8,81861E-04
5,4871	378,15	0,96100	0,95979	1,21109E-03	1,26024E-03
5,4871	383,15	1,14000	1,13938	6,17389E-04	5,41569E-04
5,4871	388,15	1,34600	1,34582	1,81386E-04	1,34759E-04
5,4871	393,15	1,58300	1,58203	9,72725E-04	6,14482E-04
5,4871	398,15	1,85100	1,85112	-1,22366E-04	-6,61083E-05
5,4871	403,15	2,15600	2,15640	-4,01440E-04	-1,86197E-04
5,4871	408,15	2,50100	2,50135	-3,46294E-04	-1,38462E-04
5,4871	413,15	2,88900	2,88962	-6,23741E-04	-2,15902E-04
5,4871	418,15	3,32400	3,32509	-1,08681E-03	-3,26959E-04
5,4871	423,15	3,81000	3,81178	-1,77647E-03	-4,66264E-04
5,4871	428,15	4,35200	4,35392	-1,92373E-03	-4,42033E-04
5,4871	433,15	4,95400	4,95595	-1,95209E-03	-3,94043E-04
5,4871	438,15	5,62000	5,62248	-2,47988E-03	-4,41259E-04

5,4871	443,15	6,35500	6,35832	-3,32202E-03	-5,22741E-04
5,4871	448,15	7,16500	7,16849	-3,49073E-03	-4,87193E-04
5,4871	453,15	8,05400	8,05819	-4,19432E-03	-5,20775E-04
5,4871	458,15	9,02700	9,03283	-5,83334E-03	-6,46210E-04
5,4871	463,15	10,09100	10,09799	-6,99343E-03	-6,93036E-04
5,4871	468,15	11,25100	11,25943	-8,43410E-03	-7,49631E-04
5,4871	473,15	12,51200	12,52307	-1,10732E-02	-8,85009E-04
5,4871	478,15	13,88000	13,89497	-1,49671E-02	-1,07832E-03
5,4871	483,15	15,36200	15,38129	-1,92866E-02	-1,25547E-03
5,4871	488,15	16,96400	16,98829	-2,42910E-02	-1,43192E-03
5,4871	493,15	18,69100	18,72230	-3,13013E-02	-1,67467E-03
5,4871	498,15	20,55200	20,58968	-3,76760E-02	-1,83321E-03
5,4871	503,15	22,55100	22,59679	-4,57945E-02	-2,03071E-03
5,4871	508,15	24,69700	24,75005	-5,30525E-02	-2,14813E-03
5,4871	513,15	26,99600	27,05588	-5,98774E-02	-2,21801E-03
5,4871	518,15	29,45500	29,52077	-6,57709E-02	-2,23293E-03
5,4871	523,15	32,08100	32,15139	-7,03875E-02	-2,19406E-03
5,4871	528,15	34,88200	34,95466	-7,26595E-02	-2,08301E-03
5,4871	533,15	37,86500	37,93798	-7,29779E-02	-1,92732E-03
5,4871	538,15	41,03800	41,10944	-7,14386E-02	-1,74079E-03
5,4871	543,15	44,40900	44,47816	-6,91633E-02	-1,55742E-03
5,4871	548,15	47,98600	48,05470	-6,87018E-02	-1,43170E-03
5,4871	553,15	51,77700	51,85152	-7,45201E-02	-1,43925E-03
5,4871	558,15	55,79100	55,88358	-9,25752E-02	-1,65932E-03
5,4871	563,15	60,03500	60,16897	-1,33973E-01	-2,23158E-03
5,4871	568,15	64,52000	64,72970	-2,09699E-01	-3,25014E-03
5,4871	573,15	69,25400	69,59241	-3,38408E-01	-4,88648E-03
5,6917	353,15	0,37000	0,37042	-4,22260E-04	-1,14124E-03
5,6917	358,15	0,45300	0,45251	4,90316E-04	1,08238E-03
5,6917	363,15	0,55000	0,54936	6,40747E-04	1,16499E-03
5,6917	368,15	0,66300	0,66298	1,64521E-05	2,48146E-05
5,6917	378,15	0,95000	0,94948	5,17828E-04	5,45082E-04
5,6917	388,15	1,33200	1,33164	3,55755E-04	2,67083E-04
5,6917	398,15	1,83200	1,83200	-1,96337E-07	-1,07171E-07
5,6917	408,15	2,47600	2,47600	3,25755E-06	1,31565E-06
5,6917	418,15	3,29100	3,29201	-1,01337E-03	-3,07920E-04
5,6917	428,15	4,31000	4,31140	-1,39505E-03	-3,23679E-04
5,6917	438,15	5,56700	5,56851	-1,51199E-03	-2,71599E-04
5,6917	448,15	7,09900	7,10083	-1,83108E-03	-2,57934E-04
5,6917	458,15	8,94600	8,94895	-2,95090E-03	-3,29857E-04
5,6917	468,15	11,15100	11,15652	-5,52231E-03	-4,95230E-04
5,6917	478,15	13,75900	13,76997	-1,09679E-02	-7,97144E-04
5,6917	488,15	16,81800	16,83795	-1,99479E-02	-1,18610E-03
5,6917	498,15	20,37800	20,41062	-3,26170E-02	-1,60060E-03
5,6917	508,15	24,49200	24,53889	-4,68897E-02	-1,91449E-03
5,6917	518,15	29,21400	29,27417	-6,01745E-02	-2,05978E-03
5,6917	528,15	34,60100	34,66932	-6,83199E-02	-1,97451E-03
5,6917	538,15	40,71200	40,78177	-6,97677E-02	-1,71369E-03
5,6917	548,15	47,60900	47,68004	-7,10438E-02	-1,49223E-03
5,6917	558,15	55,35700	55,45460	-9,76035E-02	-1,76316E-03
5,6917	568,15	64,02400	64,23358	-2,09581E-01	-3,27348E-03
5,9869	353,15	0,36400	0,36427	-2,73488E-04	-7,51342E-04

5,9869	358,15	0,44500	0,44507	-6,67422E-05	-1,49983E-04
5,9869	363,15	0,54000	0,54041	-4,09191E-04	-7,57761E-04
5,9869	368,15	0,65200	0,65229	-2,88044E-04	-4,41785E-04
5,9869	373,15	0,78300	0,78286	1,36650E-04	1,74521E-04
5,9869	378,15	0,93500	0,93447	5,28985E-04	5,65759E-04
5,9869	383,15	1,11000	1,10962	3,75046E-04	3,37879E-04
5,9869	388,15	1,31100	1,31102	-1,85099E-05	-1,41189E-05
5,9869	393,15	1,54200	1,54153	4,74689E-04	3,07840E-04
5,9869	398,15	1,80400	1,80420	-1,99775E-04	-1,10740E-04
5,9869	403,15	2,10200	2,10228	-2,77475E-04	-1,32005E-04
5,9869	408,15	2,43900	2,43918	-1,75597E-04	-7,19955E-05
5,9869	413,15	2,81800	2,81849	-4,93684E-04	-1,75190E-04
5,9869	418,15	3,24400	3,24401	-1,48125E-05	-4,56614E-06
5,9869	423,15	3,71900	3,71971	-7,07279E-04	-1,90180E-04
5,9869	428,15	4,24900	4,24973	-7,26768E-04	-1,71044E-04
5,9869	433,15	4,83800	4,83842	-4,18853E-04	-8,65756E-05
5,9869	438,15	5,49000	5,49032	-3,21546E-04	-5,85694E-05
5,9869	443,15	6,21000	6,21017	-1,67475E-04	-2,69686E-05
5,9869	448,15	7,00300	7,00289	1,14873E-04	1,64034E-05
5,9869	453,15	7,87300	7,87360	-5,98505E-04	-7,60200E-05
5,9869	458,15	8,82700	8,82762	-6,24476E-04	-7,07461E-05
5,9869	463,15	9,87000	9,87047	-4,67092E-04	-4,73244E-05
5,9869	468,15	11,00600	11,00781	-1,80828E-03	-1,64300E-04
5,9869	473,15	12,24200	12,24549	-3,49449E-03	-2,85451E-04
5,9869	478,15	13,58400	13,58952	-5,51920E-03	-4,06302E-04
5,9869	483,15	15,03700	15,04600	-9,00172E-03	-5,98638E-04
5,9869	488,15	16,60800	16,62116	-1,31633E-02	-7,92586E-04
5,9869	493,15	18,30300	18,32130	-1,83022E-02	-9,99958E-04
5,9869	498,15	20,12900	20,15277	-2,37711E-02	-1,18094E-03
5,9869	503,15	22,09100	22,12196	-3,09592E-02	-1,40144E-03
5,9869	508,15	24,19800	24,23529	-3,72852E-02	-1,54084E-03
5,9869	513,15	26,45400	26,49921	-4,52066E-02	-1,70887E-03
5,9869	518,15	28,86900	28,92025	-5,12512E-02	-1,77530E-03
5,9869	523,15	31,44800	31,50508	-5,70801E-02	-1,81506E-03
5,9869	528,15	34,19900	34,26059	-6,15887E-02	-1,80089E-03
5,9869	533,15	37,12900	37,19406	-6,50554E-02	-1,75215E-03
5,9869	538,15	40,24600	40,31334	-6,73449E-02	-1,67333E-03
5,9869	543,15	43,55800	43,62717	-6,91732E-02	-1,58807E-03
5,9869	548,15	47,07300	47,14544	-7,24399E-02	-1,53889E-03
5,9869	553,15	50,79800	50,87963	-8,16303E-02	-1,60696E-03
5,9869	558,15	54,74200	54,84329	-1,01285E-01	-1,85023E-03
5,9869	563,15	58,91400	59,05253	-1,38534E-01	-2,35146E-03
5,9869	568,15	63,32200	63,52668	-2,04682E-01	-3,23241E-03
5,9869	573,15	67,97600	68,28883	-3,12832E-01	-4,60210E-03
6,0775	273,16	0,00467	0,00466	8,40483E-06	1,79975E-03
6,0933	283,15	0,00920	0,00922	-1,81558E-05	-1,97346E-03
6,1247	293,15	0,01760	0,01755	4,98690E-05	2,83347E-03
6,1563	303,15	0,03187	0,03193	-5,57267E-05	-1,74856E-03
6,2038	313,15	0,05547	0,05554	-6,66646E-05	-1,20181E-03
6,2675	323,15	0,09267	0,09275	-8,38792E-05	-9,05138E-04
6,3314	333,15	0,14934	0,14950	-1,64682E-04	-1,10273E-03
6,4119	343,15	0,23334	0,23321	1,26559E-04	5,42382E-04

6,4676	353,15	0,35300	0,35409	-1,08618E-03	-3,07701E-03
6,4865	358,15	0,43200	0,43225	-2,53127E-04	-5,85943E-04
6,4865	363,15	0,52400	0,52501	-1,00966E-03	-1,92682E-03
6,4865	368,15	0,63300	0,63390	-8,96558E-04	-1,41636E-03
6,4865	373,15	0,76100	0,76103	-2,83165E-05	-3,72096E-05
6,4865	378,15	0,90800	0,90869	-6,92562E-04	-7,62734E-04
6,4865	383,15	1,07900	1,07935	-3,52281E-04	-3,26488E-04
6,4865	388,15	1,27500	1,27565	-6,47284E-04	-5,07674E-04
6,4865	393,15	1,50000	1,50040	-3,95109E-04	-2,63406E-04
6,4865	398,15	1,75600	1,75659	-5,91551E-04	-3,36874E-04
6,4865	403,15	2,04700	2,04741	-4,11047E-04	-2,00805E-04
6,4865	408,15	2,37600	2,37621	-2,07130E-04	-8,71760E-05
6,4865	413,15	2,74600	2,74651	-5,13167E-04	-1,86878E-04
6,4865	418,15	3,16200	3,16204	-4,35372E-05	-1,37689E-05
6,4865	423,15	3,62700	3,62670	3,04659E-04	8,39974E-05
6,4865	428,15	4,14500	4,14455	4,49346E-04	1,08407E-04
6,4865	433,15	4,72100	4,71988	1,12081E-03	2,37409E-04
6,4865	438,15	5,35900	5,35714	1,85881E-03	3,46858E-04
6,4865	443,15	6,06400	6,06099	3,00995E-03	4,96364E-04
6,4865	448,15	6,84000	6,83627	3,72565E-03	5,44686E-04
6,4865	453,15	7,69300	7,68804	4,96147E-03	6,44933E-04
6,4865	458,15	8,62800	8,62152	6,47839E-03	7,50857E-04
6,4865	463,15	9,64900	9,64215	6,84675E-03	7,09581E-04
6,4865	468,15	10,76400	10,75555	8,45344E-03	7,85344E-04
6,4865	473,15	11,97600	11,96749	8,51287E-03	7,10828E-04
6,4865	478,15	13,29200	13,28392	8,08179E-03	6,08019E-04
6,4865	483,15	14,71800	14,71092	7,07778E-03	4,80893E-04
6,4865	488,15	16,26000	16,25470	5,30073E-03	3,25998E-04
6,4865	493,15	17,92300	17,92154	1,45571E-03	8,12205E-05
6,4865	498,15	19,71600	19,71782	-1,82478E-03	-9,25532E-05
6,4865	503,15	21,64300	21,64996	-6,96234E-03	-3,21690E-04
6,4865	508,15	23,71200	23,72442	-1,24219E-02	-5,23865E-04
6,4865	513,15	25,92900	25,94771	-1,87133E-02	-7,21714E-04
6,4865	518,15	28,30100	28,32641	-2,54114E-02	-8,97898E-04
6,4865	523,15	30,83500	30,86720	-3,21999E-02	-1,04427E-03
6,4865	528,15	33,54000	33,57695	-3,69467E-02	-1,10157E-03
6,4865	533,15	36,42000	36,46282	-4,28164E-02	-1,17563E-03
6,4865	538,15	39,48600	39,53243	-4,64263E-02	-1,17577E-03
6,4865	543,15	42,74300	42,79405	-5,10509E-02	-1,19437E-03
6,4865	548,15	46,20000	46,25688	-5,68780E-02	-1,23113E-03
6,4865	553,15	49,86500	49,93132	-6,63172E-02	-1,32993E-03
6,4865	558,15	53,74600	53,82936	-8,33570E-02	-1,55094E-03
6,4865	563,15	57,85100	57,96497	-1,13966E-01	-1,96998E-03
6,4865	568,15	62,18900	62,35452	-1,65522E-01	-2,66159E-03
6,4865	573,15	66,76900	67,01726	-2,48260E-01	-3,71819E-03
6,5080	358,15	0,43100	0,43170	-6,96197E-04	-1,61531E-03
6,5093	353,15	0,35361	0,35319	4,15846E-04	1,17600E-03
6,5500	363,15	0,52200	0,52303	-1,02759E-03	-1,96857E-03
6,5910	363,15	0,52215	0,52175	4,01301E-04	7,68555E-04
6,5939	368,15	0,62900	0,62989	-8,93583E-04	-1,42064E-03
6,6396	373,15	0,75400	0,75425	-2,52357E-04	-3,34692E-04
6,6875	378,15	0,89700	0,89819	-1,18981E-03	-1,32643E-03

6,6898	373,15	0,75202	0,75202	-4,16533E-06	-5,53886E-06
6,7372	383,15	1,06300	1,06396	-9,64322E-04	-9,07170E-04
6,7728	381,82	1,01336	1,01471	-1,34766E-03	-1,32989E-03
6,7888	388,15	1,25300	1,25396	-9,64105E-04	-7,69438E-04
6,7894	383,15	1,06003	1,06074	-7,10688E-04	-6,70441E-04
6,8423	393,15	1,47000	1,47072	-7,16824E-04	-4,87636E-04
6,8980	398,15	1,71600	1,71685	-8,53799E-04	-4,97552E-04
6,9557	403,15	1,99400	1,99519	-1,19428E-03	-5,98936E-04
6,9845	408,15	2,31100	2,31263	-1,63270E-03	-7,06492E-04
6,9845	413,15	2,67300	2,67390	-9,01127E-04	-3,37122E-04
6,9845	418,15	3,07900	3,07942	-4,21944E-04	-1,37039E-04
6,9845	423,15	3,53300	3,53302	-2,27321E-05	-6,43423E-06
6,9845	428,15	4,04000	4,03871	1,28611E-03	3,18344E-04
6,9845	433,15	4,60300	4,60069	2,30842E-03	5,01504E-04
6,9845	438,15	5,22700	5,22334	3,65904E-03	7,00026E-04
6,9845	443,15	5,91700	5,91124	5,76045E-03	9,73542E-04
6,9845	448,15	6,67700	6,66916	7,83994E-03	1,17417E-03
6,9845	453,15	7,51300	7,50207	1,09277E-02	1,45451E-03
6,9845	458,15	8,42800	8,41514	1,28565E-02	1,52546E-03
6,9845	463,15	9,43000	9,41374	1,62638E-02	1,72468E-03
6,9845	468,15	10,52200	10,50340	1,85962E-02	1,76736E-03
6,9845	473,15	11,71100	11,68988	2,11184E-02	1,80330E-03
6,9845	478,15	13,00200	12,97908	2,29247E-02	1,76317E-03
6,9845	483,15	14,40200	14,37705	2,49548E-02	1,73273E-03
6,9845	488,15	15,91500	15,88999	2,50128E-02	1,57165E-03
6,9845	493,15	17,54900	17,52421	2,47882E-02	1,41251E-03
6,9845	498,15	19,31000	19,28612	2,38776E-02	1,23654E-03
6,9845	503,15	21,20300	21,18220	2,08049E-02	9,81227E-04
6,9845	508,15	23,23700	23,21896	1,80363E-02	7,76188E-04
6,9845	513,15	25,41600	25,40301	1,29868E-02	5,10971E-04
6,9845	518,15	27,74900	27,74099	8,01473E-03	2,88830E-04
6,9845	523,15	30,24200	30,23960	2,39733E-03	7,92715E-05
6,9845	528,15	32,90200	32,90571	-3,71495E-03	-1,12910E-04
6,9845	533,15	35,73700	35,74637	-9,37200E-03	-2,62249E-04
6,9845	538,15	38,75400	38,76893	-1,49287E-02	-3,85216E-04
6,9845	543,15	41,96100	41,98118	-2,01836E-02	-4,81009E-04
6,9845	548,15	45,36500	45,39155	-2,65535E-02	-5,85330E-04
6,9845	553,15	48,97400	49,00928	-3,52808E-02	-7,20399E-04
6,9845	558,15	52,79700	52,84467	-4,76718E-02	-9,02926E-04
6,9845	563,15	56,84100	56,90935	-6,83545E-02	-1,20256E-03
6,9845	568,15	61,11600	61,21655	-1,00546E-01	-1,64517E-03
6,9845	573,15	65,63000	65,78131	-1,51310E-01	-2,30550E-03
7,0157	408,15	2,30800	2,30862	-6,18910E-04	-2,68159E-04
7,0777	413,15	2,65900	2,66021	-1,20839E-03	-4,54454E-04
7,1418	418,15	3,05300	3,05313	-1,33030E-04	-4,35735E-05
7,2079	423,15	3,49100	3,49068	3,17305E-04	9,08924E-05
7,2761	573,15	65,00000	65,07206	-7,20590E-02	-1,10860E-03
7,2765	428,15	3,97800	3,97619	1,80987E-03	4,54969E-04
7,3179	433,15	4,52300	4,52032	2,67964E-03	5,92449E-04
7,3179	438,15	5,13800	5,13318	4,82411E-03	9,38908E-04
7,3179	443,15	5,81800	5,81039	7,60693E-03	1,30748E-03
7,3179	448,15	6,56800	6,55670	1,13041E-02	1,72109E-03

7,3179	453,15	7,39200	7,37701	1,49931E-02	2,02829E-03
7,3179	458,15	8,29500	8,27645	1,85517E-02	2,23649E-03
7,3179	463,15	9,28300	9,26034	2,26579E-02	2,44080E-03
7,3179	468,15	10,36100	10,33421	2,67940E-02	2,58604E-03
7,3179	473,15	11,53500	11,50375	3,12521E-02	2,70933E-03
7,3179	478,15	12,81000	12,77486	3,51448E-02	2,74354E-03
7,3179	483,15	14,19200	14,15358	3,84184E-02	2,70704E-03
7,3179	488,15	15,68700	15,64613	4,08704E-02	2,60537E-03
7,3179	493,15	17,30200	17,25883	4,31694E-02	2,49505E-03
7,3179	498,15	19,04200	18,99812	4,38763E-02	2,30418E-03
7,3179	503,15	20,91400	20,87053	4,34659E-02	2,07832E-03
7,3179	508,15	22,92500	22,88265	4,23454E-02	1,84713E-03
7,3179	513,15	25,08000	25,04113	3,88674E-02	1,54973E-03
7,3179	518,15	27,38800	27,35267	3,53335E-02	1,29011E-03
7,3179	523,15	29,85500	29,82401	3,09861E-02	1,03789E-03
7,3179	528,15	32,48700	32,46202	2,49827E-02	7,69006E-04
7,3179	533,15	35,29300	35,27365	1,93510E-02	5,48295E-04
7,3179	538,15	38,28000	38,26608	1,39206E-02	3,63652E-04
7,3179	543,15	41,45500	41,44677	8,23151E-03	1,98565E-04
7,3179	548,15	44,82600	44,82358	2,41787E-03	5,39389E-05
7,3179	553,15	48,40100	48,40493	-3,92901E-03	-8,11763E-05
7,3179	558,15	52,18800	52,19991	-1,19132E-02	-2,28275E-04
7,3179	563,15	56,19500	56,21849	-2,34929E-02	-4,18060E-04
7,3179	568,15	60,42100	60,47163	-5,06316E-02	-8,37980E-04
7,3179	573,15	64,90500	64,97142	-6,64239E-02	-1,02340E-03
7,3472	433,15	4,51600	4,51323	2,76667E-03	6,12638E-04
7,4200	438,15	5,11100	5,10545	5,55236E-03	1,08636E-03
7,4828	443,15	5,76800	5,76034	7,65781E-03	1,32764E-03
7,4828	448,15	6,51200	6,50090	1,10986E-02	1,70434E-03
7,4828	453,15	7,33000	7,31499	1,50140E-02	2,04830E-03
7,4828	458,15	8,22700	8,20770	1,93028E-02	2,34628E-03
7,4828	463,15	9,20900	9,18434	2,46623E-02	2,67806E-03
7,4828	468,15	10,28000	10,25041	2,95905E-02	2,87845E-03
7,4828	473,15	11,44600	11,41161	3,43917E-02	3,00469E-03
7,4828	478,15	12,71300	12,67381	3,91853E-02	3,08230E-03
7,4828	483,15	14,08700	14,04308	4,39186E-02	3,11767E-03
7,4828	488,15	15,57300	15,52562	4,73830E-02	3,04264E-03
7,4828	493,15	17,17800	17,12777	5,02334E-02	2,92429E-03
7,4828	498,15	18,90800	18,85599	5,20099E-02	2,75068E-03
7,4828	503,15	20,77000	20,71684	5,31591E-02	2,55942E-03
7,4828	508,15	22,76900	22,71694	5,20555E-02	2,28624E-03
7,4828	513,15	24,91300	24,86298	5,00166E-02	2,00765E-03
7,4828	518,15	27,20900	27,16169	4,73131E-02	1,73888E-03
7,4828	523,15	29,66200	29,61983	4,21672E-02	1,42159E-03
7,4828	528,15	32,28200	32,24426	3,77385E-02	1,16903E-03
7,4828	533,15	35,07400	35,04191	3,20932E-02	9,15013E-04
7,4828	538,15	38,04600	38,01985	2,61548E-02	6,87452E-04
7,4828	543,15	41,20500	41,18536	1,96367E-02	4,76561E-04
7,4828	548,15	44,56000	44,54604	1,39556E-02	3,13188E-04
7,4828	553,15	48,11900	48,10987	9,13100E-03	1,89759E-04
7,4828	558,15	51,88900	51,88532	3,67562E-03	7,08361E-05
7,4828	563,15	55,87800	55,88151	-3,51209E-03	-6,28529E-05

7,4828	568,15	60,09600	60,10824	-1,22406E-02	-2,03684E-04
7,4828	573,15	64,55000	64,57608	-2,60840E-02	-4,04090E-04
7,4951	443,15	5,76500	5,75658	8,41676E-03	1,45998E-03
7,5500	456,15	7,36633	7,81388	-4,47548E-01	-6,07559E-02
7,5728	448,15	6,48300	6,47039	1,26149E-02	1,94584E-03
7,6527	453,15	7,26800	7,25093	1,70724E-02	2,34898E-03
7,7354	458,15	8,12500	8,10216	2,28420E-02	2,81133E-03
7,8204	463,15	9,05800	9,02841	2,95870E-02	3,26639E-03
7,8375	478,25	11,91582	12,48229	-5,66466E-01	-4,75390E-02
7,9078	468,15	10,07200	10,03404	3,79639E-02	3,76926E-03
7,9837	473,15	11,17800	11,13133	4,66662E-02	4,17482E-03
7,9837	478,15	12,42100	12,36668	5,43236E-02	4,37353E-03
7,9837	483,15	13,76900	13,70744	6,15631E-02	4,47114E-03
7,9837	488,15	15,22900	15,15985	6,91464E-02	4,54044E-03
7,9837	493,15	16,80600	16,73033	7,56747E-02	4,50284E-03
7,9837	498,15	18,50600	18,42539	8,06097E-02	4,35587E-03
7,9837	503,15	20,33700	20,25170	8,52985E-02	4,19425E-03
7,9837	508,15	22,30400	22,21600	8,79996E-02	3,94546E-03
7,9837	513,15	24,41300	24,32509	8,79102E-02	3,60096E-03
7,9837	518,15	26,67300	26,58581	8,71921E-02	3,26893E-03
7,9837	523,15	29,09000	29,00500	8,49961E-02	2,92183E-03
7,9837	528,15	31,67000	31,58952	8,04815E-02	2,54125E-03
7,9837	533,15	34,42100	34,34617	7,48323E-02	2,17403E-03
7,9837	538,15	37,35100	37,28173	6,92683E-02	1,85452E-03
7,9837	543,15	40,46700	40,40295	6,40537E-02	1,58286E-03
7,9837	548,15	43,77700	43,71649	6,05051E-02	1,38212E-03
7,9837	553,15	47,28900	47,22899	6,00060E-02	1,26892E-03
7,9837	558,15	51,01000	50,94697	6,30345E-02	1,23573E-03
7,9837	563,15	54,94900	54,87678	7,22159E-02	1,31424E-03
7,9837	568,15	59,11400	59,02458	8,94158E-02	1,51260E-03
7,9837	573,15	63,51500	63,39611	1,18891E-01	1,87186E-03
7,9977	473,15	11,17000	11,12350	4,64963E-02	4,16261E-03
8,0904	478,15	12,35700	12,30121	5,57930E-02	4,51509E-03
8,1858	483,15	13,63900	13,57210	6,69002E-02	4,90506E-03
8,2739	503,35	19,54559	20,05860	-5,13013E-01	-2,62470E-02
8,2837	488,15	15,01900	14,94112	7,78836E-02	5,18567E-03
8,3842	493,15	16,50200	16,41337	8,86259E-02	5,37061E-03
8,4826	498,15	18,09800	17,99844	9,95621E-02	5,50127E-03
8,4826	503,15	19,89800	19,79122	1,06777E-01	5,36620E-03
8,4826	508,15	21,83300	21,72092	1,12079E-01	5,13345E-03
8,4826	513,15	23,90900	23,79448	1,14522E-01	4,78993E-03
8,4826	518,15	26,13400	26,01886	1,15141E-01	4,40581E-03
8,4826	523,15	28,51400	28,40100	1,12999E-01	3,96292E-03
8,4826	528,15	31,05700	30,94776	1,09244E-01	3,51753E-03
8,4826	533,15	33,77000	33,66582	1,04180E-01	3,08499E-03
8,4826	538,15	36,66000	36,56166	9,83379E-02	2,68243E-03
8,4826	543,15	39,73400	39,64143	9,25657E-02	2,32963E-03
8,4826	548,15	43,00100	42,91086	9,01383E-02	2,09619E-03
8,4826	553,15	46,46800	46,37511	9,28927E-02	1,99907E-03
8,4826	558,15	50,14400	50,03860	1,05400E-01	2,10194E-03
8,4826	563,15	54,03700	53,90481	1,32186E-01	2,44622E-03
8,4826	568,15	58,15400	57,97598	1,78023E-01	3,06123E-03

8,4826	573,15	62,50600	62,25271	2,53294E-01	4,05231E-03
8,4879	498,15	18,09300	17,99386	9,91368E-02	5,47929E-03
8,5944	503,15	19,79700	19,68839	1,08613E-01	5,48634E-03
8,6442	519,85	25,41231	26,62444	-1,21213E+00	-4,76985E-02
8,7040	508,15	21,61900	21,50232	1,16685E-01	5,39732E-03
8,8166	513,15	23,56400	23,44194	1,22055E-01	5,17972E-03
8,8670	527,75	27,87451	30,25245	-2,37794E+00	-8,53089E-02
8,9322	518,15	25,63600	25,51343	1,22565E-01	4,78099E-03
8,9818	523,15	27,92500	27,80478	1,20217E-01	4,30501E-03
8,9818	528,15	30,43100	30,31573	1,15266E-01	3,78780E-03
8,9818	533,15	33,10500	32,99742	1,07581E-01	3,24968E-03
8,9818	538,15	35,95500	35,85598	9,90175E-02	2,75393E-03
8,9818	543,15	38,98900	38,89695	9,20464E-02	2,36083E-03
8,9818	548,15	42,21500	42,12504	8,99630E-02	2,13107E-03
8,9818	553,15	45,63900	45,54385	9,51532E-02	2,08491E-03
8,9818	558,15	49,27100	49,15558	1,15419E-01	2,34252E-03
8,9818	563,15	53,11900	52,96062	1,58376E-01	2,98152E-03
8,9818	568,15	57,19100	56,95705	2,33947E-01	4,09063E-03
8,9818	573,15	61,49700	61,14003	3,56967E-01	5,80463E-03
9,0507	523,15	27,84100	27,72306	1,17944E-01	4,23635E-03
9,1728	528,15	30,18300	30,07655	1,06451E-01	3,52687E-03
9,1942	533,15	32,81300	32,71673	9,62687E-02	2,93386E-03
9,1942	538,15	35,64600	35,56018	8,58213E-02	2,40760E-03
9,1942	543,15	38,66300	38,58545	7,75529E-02	2,00587E-03
9,1942	548,15	41,87000	41,79679	7,32123E-02	1,74856E-03
9,1942	553,15	45,27700	45,19713	7,98739E-02	1,76412E-03
9,1942	558,15	48,89100	48,78767	1,03329E-01	2,11346E-03
9,1942	563,15	52,71900	52,56743	1,51567E-01	2,87499E-03
9,1942	568,15	56,77200	56,53265	2,39352E-01	4,21602E-03
9,1942	573,15	61,05800	60,67607	3,81931E-01	6,25522E-03
9,2875	573,15	60,00000	60,47417	-4,74171E-01	-7,90285E-03
9,2981	533,15	32,66800	32,58033	8,76714E-02	2,68371E-03
9,4266	538,15	35,30100	35,23971	6,12851E-02	1,73607E-03
9,4802	543,15	38,21300	38,17119	4,18135E-02	1,09422E-03
9,4802	548,15	41,39600	41,36079	3,52054E-02	8,50453E-04
9,4802	553,15	44,77800	44,73709	4,09134E-02	9,13694E-04
9,4802	558,15	48,36600	48,29990	6,61016E-02	1,36669E-03
9,4802	563,15	52,17000	52,04634	1,23657E-01	2,37027E-03
9,4802	568,15	56,19700	55,97011	2,26895E-01	4,03749E-03
9,4802	573,15	60,45600	60,06060	3,95403E-01	6,54035E-03
9,5585	543,15	38,08600	38,05879	2,72079E-02	7,14381E-04
9,6942	548,15	41,02900	41,03894	-9,93911E-03	-2,42246E-04
9,8334	553,15	44,13300	44,17945	-4,64515E-02	-1,05253E-03
9,9767	558,15	47,40400	47,47345	-6,94455E-02	-1,46497E-03
9,9809	563,15	51,15600	51,15649	-4,92064E-04	-9,61889E-06
9,9809	568,15	55,13600	55,00922	1,26779E-01	2,29938E-03
9,9809	573,15	59,34800	59,00792	3,40079E-01	5,73024E-03
10,1236	563,15	50,84500	50,90823	-6,32316E-02	-1,24362E-03
10,1579	572,45	56,77240	58,08083	-1,30843E+00	-2,30469E-02
10,2450	573,15	58,00000	58,46557	-4,65571E-01	-8,02709E-03
10,2743	568,15	54,46100	54,46046	5,39076E-04	9,89839E-06
10,4290	573,15	58,25300	58,09300	1,60004E-01	2,74670E-03

Annexe 7 : Enthalpies libres molaires de formation de divers composés en fonction de la température et de la pression

G ⁰ (J / mol)	T (K)	P (bars)		
		500	1000	1500
H ₂ O	298,15	-236272	-235393	-234557
	323,15	-238113	-237234	-236356
	348,15	-240080	-239159	-238280
	373,15	-242172	-241251	-240331
	398,15	-244389	-243427	-242548
	423,15	-246690	-245770	-244849
	448,15	-249159	-248197	-247234
	473,15	-251711	-250707	-249745
	498,15	-254347	-253343	-252339
	523,15	-257109	-256063	-255058
	573,15	-262882	-261753	-260707
Cl ⁻	298,15	-130416	-129496	-128617
	323,15	-131713	-130793	-129914
	348,15	-132801	-131964	-131044
	373,15	-133763	-132927	-132090
	398,15	-134558	-133763	-132968
	423,15	-135144	-134433	-133680
	448,15	-135563	-134935	-134265
	473,15	-135772	-135311	-134726
	498,15	-135730	-135479	-135019
	523,15	-135479	-135437	-135186
	573,15	-133931	-134768	-134935
H ⁺	298,15	0	0	0
	323,15	0	0	0
	348,15	0	0	0
	373,15	0	0	0
	398,15	0	0	0
	423,15	0	0	0
	448,15	0	0	0
	473,15	0	0	0
	498,15	0	0	0
	523,15	0	0	0
	573,15	0	0	0
HCl	298,15	-92718	-89915	-87153
	323,15	-96442	-93513	-90668
	348,15	-100291	-97320	-94434
	373,15	-104266	-101212	-98325
	398,15	-108324	-105228	-102299
	423,15	-112467	-109329	-106358
	448,15	-116693	-113513	-110500
	473,15	-121002	-117780	-114726
	498,15	-125395	-122090	-118994
	523,15	-129914	-126525	-123345
	573,15	-139286	-135604	-132299
Na ⁺	298,15	-261878	-261836	-261711

	323,15	-263343	-263259	-263134
	348,15	-264933	-264807	-264682
	373,15	-266606	-266523	-266355
	398,15	-268405	-268280	-268113
	423,15	-270246	-270163	-269995
	448,15	-272171	-272129	-272004
	473,15	-274179	-274138	-274012
	498,15	-276271	-276230	-276146
	523,15	-278363	-278405	-278363
	573,15	-282673	-282882	-282882
NaCl	298,15	-387525	-386353	-385182
	323,15	-390453	-389240	-387985
	348,15	-393466	-392211	-390956
	373,15	-396562	-395307	-394052
	398,15	-399742	-398445	-397190
	423,15	-403006	-401709	-400411
	448,15	-406353	-405014	-403759
	473,15	-409742	-408403	-407106
	498,15	-413173	-411876	-410579
	523,15	-416729	-415390	-414093
573,15	-423968	-422587	-421248	
NaOH	298,15	-414595	-414470	-414302
	323,15	-415307	-415181	-415014
	348,15	-416311	-416185	-416018
	373,15	-417566	-417399	-417231
	398,15	-419072	-418863	-418654
	423,15	-420746	-420495	-420244
	448,15	-422670	-422378	-422085
	473,15	-424804	-424428	-424093
	498,15	-427147	-426687	-426269
	523,15	-429783	-429156	-428654
573,15	-435892	-434804	-434009	
OH ⁻	298,15	-157487	-157612	-157654
	323,15	-157068	-157152	-157194
	348,15	-156483	-156566	-156650
	373,15	-155771	-155897	-155981
	398,15	-154893	-155060	-155186
	423,15	-153847	-154140	-154349
	448,15	-152675	-153052	-153345
	473,15	-151294	-151838	-152257
	498,15	-149705	-150458	-151002
	523,15	-147822	-148910	-149621
573,15	-143219	-145186	-146441	

Annexe 8 : Modélisation des constantes de dissociation des composés simples électriquement neutres dans une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température et de la pression

T (K)	P (bars)	K_e	K_e calculée	Deviation absolue sur K_e	Deviation relative sur K_e
298,15	500	1,5757E-14	1,5763E-14	-5,1861E-18	-0,0003
323,15	500	7,9450E-14	7,9310E-14	1,4025E-16	0,0018
348,15	500	2,8698E-13	2,8787E-13	-8,9245E-16	-0,0031
373,15	500	8,0489E-13	8,0334E-13	1,5498E-15	0,0019
398,15	500	1,8153E-12	1,8160E-12	-6,5068E-16	-0,0004
423,15	500	3,4629E-12	3,4569E-12	6,0684E-15	0,0018
448,15	500	5,6820E-12	5,6898E-12	-7,8011E-15	-0,0014
473,15	500	8,2130E-12	8,2371E-12	-2,4036E-14	-0,0029
498,15	500	1,0659E-11	1,0610E-11	4,8993E-14	0,0046
523,15	500	1,2257E-11	1,2280E-11	-2,3869E-14	-0,0019
573,15	500	1,2435E-11	1,2433E-11	1,0839E-15	0,0001
298,15	1000	2,3627E-14	2,3632E-14	-5,1406E-18	-0,0002
323,15	1000	1,1367E-13	1,1358E-13	8,7628E-17	0,0008
348,15	1000	4,0599E-13	4,0616E-13	-1,7053E-16	-0,0004
373,15	1000	1,1276E-12	1,1286E-12	-1,0252E-15	-0,0009
398,15	1000	2,5536E-12	2,5515E-12	2,1239E-15	0,0008
423,15	1000	4,8890E-12	4,8838E-12	5,2385E-15	0,0011
448,15	1000	8,1387E-12	8,1584E-12	-1,9741E-14	-0,0024
473,15	1000	1,2173E-11	1,2143E-11	2,9951E-14	0,0025
498,15	1000	1,6293E-11	1,6321E-11	-2,8553E-14	-0,0018
523,15	1000	2,0018E-11	2,0004E-11	1,3669E-14	0,0007
573,15	1000	2,3812E-11	2,3814E-11	-2,0285E-15	-0,0001
298,15	1500	3,3677E-14	3,3658E-14	1,9518E-17	0,0006
323,15	1500	1,6011E-13	1,6043E-13	-3,1864E-16	-0,0020
348,15	1500	5,6610E-13	5,6545E-13	6,4507E-16	0,0011
373,15	1500	1,5586E-12	1,5510E-12	7,5169E-15	0,0048
398,15	1500	3,4586E-12	3,4884E-12	-2,9883E-14	-0,0086
423,15	1500	6,7401E-12	6,7141E-12	2,6029E-14	0,0039
448,15	1500	1,1399E-11	1,1385E-11	1,3423E-14	0,0012
473,15	1500	1,7291E-11	1,7291E-11	3,9293E-16	0,0000
498,15	1500	2,3677E-11	2,3724E-11	-4,7300E-14	-0,0020
523,15	1500	2,9696E-11	2,9666E-11	3,0505E-14	0,0010
573,15	1500	3,8593E-11	3,8598E-11	-4,1395E-15	-0,0001

T (K)	P (bars)	K _H	K _H calculee	Deviation absolue sur K _H	Deviation relative sur K _H
298,15	500	6,8490	6,8576	-0,0086	-0,0013
323,15	500	5,5453	5,5201	0,0252	0,0045
348,15	500	4,3681	4,3840	-0,0160	-0,0037
373,15	500	3,4117	3,4285	-0,0168	-0,0049
398,15	500	2,6464	2,6258	0,0206	0,0078
423,15	500	1,9697	1,9697	0,0000	0,0000
448,15	500	1,4485	1,4531	-0,0046	-0,0032
473,15	500	1,0546	1,0562	-0,0016	-0,0015
498,15	500	0,7536	0,7514	0,0022	0,0029
523,15	500	0,5149	0,5154	-0,0005	-0,0009
573,15	500	0,2133	0,2132	0,0000	0,0000
298,15	1000	7,4521	7,4391	0,0130	0,0017
323,15	1000	5,9944	6,0325	-0,0381	-0,0064
348,15	1000	4,8332	4,8029	0,0303	0,0063
373,15	1000	3,8003	3,7975	0,0029	0,0008
398,15	1000	2,9652	2,9676	-0,0023	-0,0008
423,15	1000	2,2718	2,2832	-0,0114	-0,0050
448,15	1000	1,7336	1,7317	0,0020	0,0011
473,15	1000	1,3046	1,2986	0,0060	0,0046
498,15	1000	0,9604	0,9625	-0,0021	-0,0022
523,15	1000	0,7005	0,7009	-0,0003	-0,0005
573,15	1000	0,3549	0,3548	0,0001	0,0002
298,15	1500	7,9726	7,9775	-0,0049	-0,0006
323,15	1500	6,5814	6,5664	0,0151	0,0023
348,15	1500	5,1954	5,2106	-0,0152	-0,0029
373,15	1500	4,1206	4,1155	0,0052	0,0013
398,15	1500	3,2395	3,2396	0,0000	0,0000
423,15	1500	2,5284	2,5304	-0,0020	-0,0008
448,15	1500	1,9615	1,9601	0,0015	0,0007
473,15	1500	1,5140	1,5098	0,0042	0,0028
498,15	1500	1,1519	1,1578	-0,0059	-0,0051
523,15	1500	0,8825	0,8802	0,0023	0,0026
573,15	1500	0,4868	0,4869	-0,0001	-0,0002

T (K)	P (bars)	K_B	K_B calculee	Deviation absolue sur K_B	Deviation relative sur K_B
298,15	500	6,8490	6,85070	-0,00169	-0,00025
323,15	500	6,6847	6,67554	0,00920	0,00138
348,15	500	5,8323	5,84462	-0,01236	-0,00212
373,15	500	4,7155	4,71569	-0,00017	-0,00004
398,15	500	3,5842	3,57738	0,00682	0,00190
423,15	500	2,5893	2,58740	0,00188	0,00073
448,15	500	1,7930	1,79505	-0,00204	-0,00114
473,15	500	1,1855	1,19118	-0,00568	-0,00479
498,15	500	0,7536	0,74811	0,00553	0,00733
523,15	500	0,4373	0,43870	-0,00144	-0,00330
573,15	500	0,1227	0,12262	0,00003	0,00023
298,15	1000	7,4521	7,45936	-0,00727	-0,00098
323,15	1000	7,0044	6,97156	0,03288	0,00469
348,15	1000	6,0033	6,06090	-0,05758	-0,00959
373,15	1000	5,0445	4,98474	0,05971	0,01184
398,15	1000	3,8666	3,90790	-0,04133	-0,01069
423,15	1000	2,9511	2,93503	0,01612	0,00546
448,15	1000	2,1219	2,12181	0,00013	0,00006
473,15	1000	1,4822	1,48237	-0,00018	-0,00012
498,15	1000	1,0000	1,00222	-0,00222	-0,00222
523,15	1000	0,6549	0,65393	0,00100	0,00152
573,15	1000	0,2433	0,24331	-0,00003	-0,00013
298,15	1500	7,7079	7,70094	0,00700	0,00091
323,15	1500	7,2260	7,25297	-0,02695	-0,00373
348,15	1500	6,2694	6,25042	0,01895	0,00302
373,15	1500	5,1824	5,15242	0,02994	0,00578
398,15	1500	4,0671	4,11657	-0,04949	-0,01217
423,15	1500	3,2073	3,18957	0,01777	0,00554
448,15	1500	2,4009	2,39384	0,00707	0,00294
473,15	1500	1,7385	1,74311	-0,00457	-0,00263
498,15	1500	1,2363	1,23648	-0,00017	-0,00013
523,15	1500	0,8574	0,85698	0,00038	0,00044
573,15	1500	0,3741	0,37405	0,00001	0,00002

T (K)	P (bars)	K_A	K_A calculee	Deviation absolue sur K_A	Deviation relative sur K_A
298,15	500	4,02152E+06	4,02164E+06	-1,20946E+02	-3,00747E-05
323,15	500	5,02572E+05	5,02575E+05	-2,90291E+00	-5,77611E-06
348,15	500	7,54225E+04	7,54254E+04	-2,96375E+00	-3,92954E-05
373,15	500	1,34596E+04	1,34603E+04	-6,60500E-01	-4,90726E-05
398,15	500	2,76455E+03	2,76446E+03	9,54486E-02	3,45259E-05
423,15	500	6,29925E+02	6,29925E+02	1,14010E-04	1,80991E-07
448,15	500	1,58255E+02	1,58254E+02	1,31708E-03	8,32250E-06
473,15	500	4,27063E+01	4,27043E+01	1,95995E-03	4,58936E-05
498,15	500	1,21235E+01	1,21229E+01	5,07328E-04	4,18468E-05
523,15	500	3,59424E+00	3,59412E+00	1,21046E-04	3,36778E-05
573,15	500	3,25033E-01	3,25042E-01	-9,30808E-06	-2,86373E-05
298,15	1000	8,59494E+06	8,59508E+06	-1,33077E+02	-1,54832E-05
323,15	1000	1,06126E+06	1,06129E+06	-3,48050E+01	-3,27959E-05
348,15	1000	1,57632E+05	1,57629E+05	3,38066E+00	2,14465E-05
373,15	1000	2,75070E+04	2,75071E+04	-1,24703E-01	-4,53351E-06
398,15	1000	5,54016E+03	5,54028E+03	-1,22406E-01	-2,20943E-05
423,15	1000	1,25558E+03	1,25564E+03	-6,18339E-02	-4,92473E-05
448,15	1000	3,13929E+02	3,13939E+02	-1,01203E-02	-3,22375E-05
473,15	1000	8,61674E+01	8,61681E+01	-7,25013E-04	-8,41401E-06
498,15	1000	2,53448E+01	2,53455E+01	-6,98657E-04	-2,75661E-05
523,15	1000	7,75903E+00	7,75936E+00	-3,28249E-04	-4,23054E-05
573,15	1000	8,38955E-01	8,38953E-01	1,48955E-06	1,77548E-06
298,15	1500	1,83694E+07	1,83695E+07	-1,63831E+01	-8,91866E-07
323,15	1500	2,20639E+06	2,20646E+06	-7,09772E+01	-3,21689E-05
348,15	1500	3,10943E+05	3,10954E+05	-1,06782E+01	-3,43413E-05
373,15	1500	5,32630E+04	5,32631E+04	-1,58702E-01	-2,97960E-06
398,15	1500	1,05551E+04	1,05555E+04	-3,65178E-01	-3,45972E-05
423,15	1500	2,35817E+03	2,35807E+03	9,44909E-02	4,00697E-05
448,15	1500	5,88739E+02	5,88749E+02	-1,00162E-02	-1,70130E-05
473,15	1500	1,61384E+02	1,61386E+02	-1,85723E-03	-1,15081E-05
498,15	1500	4,78938E+01	4,78945E+01	-7,12077E-04	-1,48678E-05
523,15	1500	1,52136E+01	1,52138E+01	-1,33722E-04	-8,78963E-06
573,15	1500	1,73869E+00	1,73863E+00	5,98226E-05	3,44066E-05

Bibliographie

- ABE70 : Åberg M., *Acta Chem. Scand.* **1970**, 24, 2901-2915.
- AHR49 : Ahrland S., *Acta Chem. Scand.* **1949**, 3, 374-400.
- AHR51 : Ahrland S., *Acta Chem. Scand.* **1951**, 5, 1271-1282.
- ALL97 : Allen P. G., Bucher J. J., Sluh D. K., Edelstein N. M., Reich T., *Inorg. Chem.* **1997**, 36, 4676-4683.
- AND93 : Anderson G. M., Crerar D. A., *Thermodynamics in geochemistry*, **1993**, 608 p.
- ANN01 : Annesley I.R., Madore C. Cutler J., **2001**, Saskatchewan Energy and Mines
Miscellaneous report.
- ARC92: Archer D.G., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **1992**, 21:4, 793-829.
- ATK02 : Atkinson Jr. A. B., *Master Thesis*, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and
State University (United States of America), **2002**, 133p.
- BAE62 : Baes C .F., Meyer Jr. N., *J. Inorg. Chem.* **1962**, 1, 780-769.
- BAE76 : Baes C .F., Mesmer Jr. R.E., *The hydrolysis of cations*, **1976**, 489 p.
- BAR98 : Bardin N., Rubini P., Madic C., *Radiochim. Acta* **1998**, 83, 189-194.
- BED78 : Bednarczyk L., Fidelis I., *J. Radioanal. Chem.* **1978**, 45, 325-330.
- BEA05 : Beaufort D., Patrier P., Laverret E., Bruneton, P. Mondy J., *Economic Geology*
2005, 100, 515 - 536.
- BRA79 : Bradley D. J., Pitzer K. S., *J. Phys. Chem.* **1979**, 83:12, 1599-1603.
- BRO87 : Brown P.L., Wanner H., **1984**, OECD Nuclear Energy Agency report.
- BUR02 : Burns P.C., Deely K. M., *Can. Mineral.* **2002**, 40, 1579-1586.
- COR64 : Cordfunke E.H.P., *J. Phys. Chem.* **1964**, 68, 3353-3356.
- COR65 : Cordfunke E.H.P., Aling P., *Trans. Faraday. Soc.* **1965**, 61, 50-53.
- COR71 : Cordfunke E.H.P., Loopstra B.O., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **1971**, 33, 2427-2436.
- COR75 : Cordfunke E.H.P., Ouweltjes W., Prins G., *J. Chem. Thermodyn.* **1975**, 7, 1137-
1142.
- COR78 : Cordfunke E.H.P., O'Hare P.A.G., *The chemical thermodynamics of actinide
elements and compounds : Miscellaneous actinide compounds*, **1978**, 83p.
- COR79 : Cordfunke E.H.P., Muis R.P., Prins G., *J. Chem. Thermodyn.* **1979**, 11, 271-276.
- COR82 : Cordfunke E.H.P., Muis R.P., Ouweltjes W., Flotow H.E., O'Hare P.A.G., *J. Chem.
Thermodyn.* **1982**, 14, 313-322.
- COR88 : Cordfunke E.H.P., Westrum Jr. E.F., *Thermochem. Acta* **1988**, 124, 285-296.

COU40 : Coulter L.V., Pitzer K.S., Latimer W.M., *J. Am. Chem. Soc.* **1940**, 62, 2845-2851.

CUN80 : Cuney M., *Transaction Geological Society South Africa* **1980**, 83, 39-45.

DEF15 : de Forcrand R., *Ann. de Chim.* **1915**, 9:3, 5-48.

DER02 : Derome D., *PhD Thesis*, UHP Nancy 1 (France), **2002**, 256 p.

DER03 : Derome D., Cuney M., Cathelineau M., Fabre C., Dubessy J., Bruneton P. Hubert A., *J. Geochem. Explor.* **2003**, 80, 259-275.

DER05 : Derome D., Cathelineau M., Cuney M., Fabre C., Lhomme T., *Econ. Geol.* **2005**, 100, 1529-1545.

DIA98 : Diaz Arocas D., Grambow B., *Geochim. Cosmochim. Acta* **1998**, 62:2, 245-263.

DUN63-1 : Dunsmore H.S., Hietanen S., Sillén L.G., *Acta Chem. Scand.* **1963**, 17 , 2644-2656.

DUN63-2 : Dunsmore H.S., Sillén L.G., *Acta Chem. Scand.* **1963**, 17 , 2657-2663.

FAY97 : Fayek M., Kyser K., *Can. Mineral.* **1997**, 35, 627-658.

FIN96 : Finch R.J., Cooper M.A., Hawthorne F.C., Ewing R.C., *Can. Mineral.* **1996**, 34, 1071-1088.

FIN98 : Finch R.J., Hawthorne F.C., Ewing R.C., *Can. Mineral* **1998**, 36, 831-845.

FRO07 : Frost R. L., Cejka J., Weier M. L., *Journal of Raman Spectroscopy* **2007**, 38, 460-466.

FUG83 : Fuger J., Parker V.B., Hubbard W.N., Oetting F.L., *The chemical thermodynamics of actinide elements and compounds : The actinide halides*, **1983**, 267p.

FUJ01 : Fujii T., Fujirawa K., Yamana H., Moriyama H., *Journal of Alloys and Compounds* **2001**, 323:324, 859-863.

GAB07 : Gaboreau S., Cuney M., Quirt D., Beaufort D., Patrier P., Mathieu R., *American Mineralogist* **2007**, 92, 267-280.

GER29 : Germann F.E.E., Frey P.R., *J. Colorado-Wyoming Acad. Sci.* **1929**, 34, 54-55.

GOR08 : Gorman-Lewis D., Fein J.B., Burns P.C., Szymanowski J.E.S., Converse, J., *J. Chem. Thermodyn.* **2008**, 40, 980-990.

GRE56 : Greenberg E., Westrum Jr. E.F., *J. Am. Chem. Soc.* **1956**, 78, 4526-4528.

GRE92 : Grenthe I., Fuger J., Konings R.J.M., Lemire R.J., Muller A.B., Nguyen-Trung C., Wanner H., *Chemical Thermodynamics of Uranium*, **1992**, 715 p.

GUI47 : Guiter H., *Bull. Soc. Chim. Fr.* **1947**, 64-67.

GUI03 : Guillaumont R., Fanghänel T., Fuger J., Grenthe I., Neck V., Palmer D. A., Rand M. H., *Update on the Chemical Thermodynamics of U, Np, Pu, Am and Tc*, **2003**, 919 p.

GUS60 : Gustafson R.L., Richard C., Martell A.E., *J. Am. Chem. Soc.* **1960**, 82, 1526-1534.

- HAG05 : Hagberg D., Karlström G., Roos B. O., Gagliardi L., *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, 127,14250-14256.
- HAR47 : Harris W.E., Kolthoff I.M., *J. Am. Chem. Soc.* **1947**, 69, 446-451.
- HEC00 : Hecht L., Cuney M., *Mineralium Deposita* **2000**, 35, 791-795.
- HEC03 : Hecht L., Cuney M., Brouand M., **2003**, Uranium Geochemistry International Conference Proceedings report.
- HEL69 : Helgeson H. C., *American Journal of Science* **1969**, 267, 709-804.
- HEN05 : Hennig C., Tutschku J., Rossberg A., Bernhard G., Scheinost A. C., *Inorg. Chem.* **2005**, 44, 6655-6661.
- HIE59 : Hietanen S., Sillén L.G., *Acta Chem. Scand.* **1959**, 13, 1828-1838.
- HIT92 : Hitzman M.W., Oreskes N., Einaudi M.T., *Precambrian Research* **1992**, 58, 241-287.
- HOE61 : Hoekstra H.R., Siegel S., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **1961**, 65, 1216-1220.
- HOE73 : Hoekstra H.R., Siegel S., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **1973**, 35, 761-779.
- HOE78 : Hoeve J., Sibbald T.I.I., *Canada. Econ. Geol.* **1978**, 73, 1450-1473.
- ISR65 : Israeli Y.J., *Bull. Soc. Chim. Fr.* **1965**, 193-196.
- KIE37 : Kielland J., *J. Am. Chem. Soc.* **1937**, 59, 1675-1678.
- KIR04 : Kirishima A., Kimura T., Tochiyama O., Yoshida Z., *Journal of Alloys and Compounds* **2004**, 374, 277-282.
- KIS81 : Kish L., Cuney M., *Québec Mining Magazine* **1981**, 44, 471-483.
- KIS06 : Kister P., Laverret E., Quirt D., Cuney M., Patrier P., Beaufort D., Bruneton P., *Clays and Clay Minerals* **2006**, 54, 295-313.
- KOM95 : Komninou A., Sverjensky D.A., *Geochim. Cosmochim. Acta* **1995**, 59, 2709-2723.
- KOM96 : Komninou A., Sverjensky D.A., *Economic Geology* **1996**, 91, 590 - 606.
- KOT95 : Kotzer T.G., Kyser T.K., *Chem. Geol.* **1995**, 120, 45-89.
- KRI05 : Kribek B., Knésl I., Pasava J., Maly K., Caruthers H., Sykorova I., Jehlicka J., **2005** Mineral Deposit Research report.
- KYS00 : Kyser K., Hiatt E., Renac C., Durocher K., Holk G., Deckart, K., *Mineralogical Association of Canada* **2000**, 28, 225-262.
- LAN78 : Langmuir D., *Geochim. Cosmochim. Acta* **1978**, 42, 547-569.
- LAN93 : Landais P., Dubessy J., Dereppe J.M., Philp R.P., *Canadian Journal of Earth Sciences*, **1993**, 30, 743-753.

LAV06 : Laverret E., Patrier Mas P., Beaufort D., Kister P., Quirt D., Bruneton P., Clauer, N., *Clays and Clay Minerals* **2006**, 54:3, 275-294.

LEM80 : Lemire R.J., Tremaine P.R., *J. Chem. Eng. Data* **1980**, 25, 361-370.

LOD65 : Lodding W., Ojamaa L., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **1965**, 27:6, 1261-1268.

MAC47 : Mac Innes D.A., Longworth L.G., **1947**, US Atomic Energy Commission report.

MAR08-0411 : Marshall W. L., *Nature Precedings*, posted 4 Nov **2008**.

MAR08-0511 : Marshall W. L., *Nature Precedings*, posted 5 Nov **2008**.

MEI97 : Meinrath G., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **1997**, 224:1-2, 119-126.

MOO47 : Moore G.E., Kelley K.K., *J. Am. Chem. Soc.* **1947**, 69, 2105-2107.

MOR82 : Morss L.R., *Oxford Pergamon Press* **1982**, 381-407.

MUS72 : Musikas C., *Radiochem. Radioanal. Letters* **1972**, 11:5, 307-316.

NEL51 : Nelson F., Kraus K.A., *J. Am. Chem. Soc.* **1951**, 73, 2157-2161.

NGU91 : Nguyen-Trung C., Palmer D.A., Mesmer R.E., Begun G. M., *Source, transport and deposition of metals.* **1991**, 99-102.

NGU92 : Nguyen-Trung C., Begun G. M., Palmer D.A., *Inorg. Chem.* **1992**, 31, 5280-5287.

NGU00 : Nguyen-Trung C., Palmer D.A., Begun G.M., Peiffert C., Mesmer R.E., *J. Solution Chem.* **2000**, 29, 101-129.

NOC07 : Nockermann P., Servaes K., Van Deun R., Van Hecke K., Van Meervelt L., Binnemans K., Görrler-Warland C., *Inorg. Chem.* **2007**, 46, 11335-11344.

OEL95 : Oelkers E. H., Helgeson H. C., Shock E. L., Sverjensky D. A., Johnson J. W., Pokrovskii V. A., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **1995**, 24:4.

OHA73 : O'Hare P.A.G., Hoekstra H.R., *J. Chem. Thermodyn.* **1973**, 5, 769-775.

OHA76 : O'Hare P.A.G., Hoekstra H.R., Frederickson D.R., *J. Chem. Thermodyn.* **1976**, 8, 361-365.

OHA85 : O'Hare P.A.G., *J. Chem. Thermodyn.* **1985**, 17, 611-622.

ORB56 : Orban E., Barnett M.K., Boyle J.S., Heiks J.R., Jones L.V., *J. Am. Chem. Soc.* **1956**, 60, 413-415.

PAL95 : Palmer D.A., Nguyen-Trung C., *J. Solution Chem.* **1995**, 24, 1282-1291.

PET61 : Peterson A., *Acta Chem. Scand.* **1961**, 15, 101-102.

PIT74 : Pitzer K. S., Kim J. J., *J. Am. Chem. Soc.* **1974**, 96:18, 5701-5707.

PIT83 : Pitzer K. S., Li Y. G., *Proc. Natl. Sci.* **1983**, 80, 7689-7693.

- POL04 : Polito P.A., Kyser T.K., Marlatt J., Alexandre P., Bajwah Z., Drever G., *Economic Geology* **2004**, 99, 113-139.
- PRI73 : Prins G., *phD Thesis*, University of Amsterdam (The Netherlands), **1973**, 119 p.
- QUI98 : Quilès F., Burneau A., *Vibrational Spectroscopy* **1998**, 18, 61-75.
- QUI00 : Quilès F., Burneau A., *Vibrational Spectroscopy* **2000**, 23, 231-241.
- RAF95-1 : Raffensperger J.F., Garven G., *American Journal of Science* **1995**, 295, 581-636.
- RAF95-2 : Raffensperger J.F., Garven G., *American Journal of Science* **1995**, 295, 639-696.
- RIC55 : Ricci J.E., Loprest F.J., **1955**, US Atomic Energy Commission report.
- RIC78 : Rich R. A., Rolland H. D., Petersen U., *Hydrothermal uranium deposits* **1978**, 264 p.
- RIC09 : Richard A., Derome D., Pettke T., Cathelineau M., Boiron M.C., Cuney M., Mercadier J., *Geology* **2009**, in preparation.
- ROB66 : Robins R.G., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **1966**, 28, 119-123.
- ROG82 : Rogers P. S. Z., Pitzer K. S., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **1982**, 11:5.
- ROM84 : Romberger S. B., *Can. Inst. Mining Metall.* **1984**, 32, 12-17.
- RUN99 : Runde W., Neu M. P., Van Pelt C., Reilly S., Xu Y., **1999**, Los Alamos National Laboratory report.
- SAN03 : Sangély L., Michels R., Chaussidon M., Brouand M., Cuney M., Richard L., Huault V., **2003**, Uranium Geochemistry International Conference Proceedings report.
- SHA02 : Shapley J. R., *Inorganic synthesis vol. 34* **2002**, 320 p.
- SHO97 : Shock E.L., Sassani D.C., Betz H., *Geochim. Cosmochim. Acta* **1997**, 61, 4245-4266.
- SOW98 : Sowder A. G., Clark S. B., Fjeld R. A., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **1998**, 234:1-2, 257-260.
- SPE99 : Spencer S., Gagliardi L., Handy N. C., Ioannou A. G., Skylaris C. K., Willets A., *J. Phys. Chem. A* **1999**, 103, 1831-1837.
- STA60 : Stary J., *Coll. Czech. Chem. Commun.* **1960**, 25, 890-896.
- SUT47 : Sutton J., **1947**, National Research Council of Canada report.
- SUT49 : Sutton J., *J. Chem. Soc.* **1949**, 275-286.
- TOR94 : Torrero M.E., Casas I., de Pablo J., Sandino M.C.A., Grambow B., *Radiochim. Acta* **1994**, 66, 29-35.
- TSU07 : Tsushima S., Rossberg A., Ikeda A., Muller K., Scheinost A. C., *Inorg. Chem.* **2007**, 46, 10819-10826.
- VIL87 : Viljoen C.L., *Master Thesis*, University of Port Elizabeth (South Africa), **1987**, 104 p.

- VOL98 : Volkovich V. A., Griffiths T. R., Fray D. J., Fields M., *Vibrational Spectroscopy* **1998**, 17, 83-91.
- WAG82 : Wagman D.D., Evans W.H., Parker V.B., Schumm R.H., Halow I., Bailey S.M., Churney K.L., Nuttal R.L., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **1982**, 11:2, 1-392.
- WAH99 : Wahlen U., Moll H., Grenthe I., Schimmelpfennig B., Maron L., Vallet V., Gropen O., *J. Phys. Chem.* **1999**, 103, 8257-5264.
- WED69 : Wedepohl K. H., *Handbook of geochemistry vol. 2:1 : Uranium* **1969**, 39 p.
- WEN87 : Wenrich K.J., Sutphin H.B., *Metallogenesis of uranium deposits* **1987**, 307-344.
- WES66 : Westrum E.F., **1966**, International Atomic Energy Agency report.
- WIL05 : Wilson N.S.F., Stasiuk L.D., Fowler M.G., **2005**, Geol Surv. Canada report.
- YAM98: Yamamura T., Kitamura A., Fukui A., Nishikawa S., Yamamoto T., Moriyama H., *Radiochim. Acta* **1998**, 83, 139-146.
- ZAN03 : Zanonato P.L., di Bernardo P., Bismondo A., Liu G., Chen X., Rao L., *J. Am. Chem. Soc.* 2004, 126, 5515-5522.

Remerciements

Je tiens à remercier tous les gens qui ont contribué à ce travail, mais je vais certainement en oublier (en plus, vous qui me connaissez savez très bien que je ne suis pas doué pour ce genre de choses) :

Evidemment Chinh Nguyen-Trung et Michel Cuney du G2R pour avoir encadré cette thèse et m'avoir apporté quelques éclaircissements sur les eaux troubles de la géologie.

Mais aussi :

Marie Carrière pour la place qu'elle m'a accordé à Grenoble, ainsi que Jean-Louis Hazemann et Olivier Proux pour leur disponibilité inébranlable (j'ai encore quelques questions sur les distances U-U, ...).

Cédric Carteret pour son aide sur la spectro UV-visible et sur la régression multilinéaire.

Marie-Camille Caumon (MC2) pour son aide en général.

Jérôme Cortot pour les analyses ICP (j'ai encore une centaine de standards à passer).

Bertrand Fritz et Pierre Turq qui ont accepté d'être les rapporteurs de cette thèse.

Jaafar Ghanbaja, L'Alain Kohler, Sandrine Mathieu, et Johann Ravaux pour le MET et le MEB (désolé d'avoir cramé vos détecteurs avec mes rayons alpha).

Nicolas Hiblot et Sébastien Leclerc pour leur aide à la programmation en Java.

Jean-Paul Laval pour la DRX, et aussi pour avoir accepté de faire partie du jury, de même que Jean-Michel Schmitt.

Et encore :

Le collectif de la cafèt du G2R et le noyau dur de la FOS team, l'équipe du café-le-vendredi-à-4h du LCPME, et celles et ceux que que j'ai connu stagiaires, doctorants, post-doc, et même certains maît' de conf' dans ces deux labos.

Et enfin :

Tous les gens qui sont à l'extérieur, notamment ma famille, de ceux qui ne comprennent pas ce que je fais à ceux qui croient que je bosse dans un asile, celles et ceux qui m'ont supporté, dans tous les sens du terme, pendant cette thèse.

RESUME

Une étude expérimentale sur la solubilité de l'U(VI) dans des saumures de NaCl (0.5 – 6 M) en fonction du pH (3-13) a été réalisée à $T = 155^{\circ}\text{C}$ et pression de vapeur saturante. Les résultats obtenus ont montré que la phase solide initiale UO_3 se transforme en de multiples phases solides d'uranates de sodium de formule générale $\text{Na}_{2x}\text{U}_y\text{O}_{(x+3y)}$ hydratés dont le rapport molaire Na/U croît avec l'accroissement du pH et de la concentration de NaCl. La solubilité de l'U(VI) est directement gouvernée par trois paramètres physico-chimiques : le pH, le ligand Cl^- et le cation Na^+ . Les deux premiers favorisent fortement la solubilité de l'U(VI) sous forme de complexes d'U(VI) avec les ligands OH^- et Cl^- à $\text{pH} \leq 4$. A la différence des deux premiers paramètres, le cation Na^+ inhibe la solubilité de l'uranium (VI) en le précipitant sous forme de multiples composés d'uranates de sodium très peu solubles.

Les résultats de mesures de solubilité de l'U(VI) obtenues servent de base de données de référence pour calculer les variations de la concentration de chaque complexe soluble d'U(VI) en fonction de deux paramètres, pH et [Na], à l'aide d'une équation de type exponentielle d'un paraboloïde elliptique négatif.

Un modèle empirique a également été mis au point, à partir des équations de Pitzer, afin de déterminer, de manière continue, les variations des divers paramètres physico-chimiques des ions solubles présents dans une saumure de NaCl en fonction de quatre paramètres : pH, [Na], T et P du milieu réactionnel. Ce modèle est valable jusqu'à $[\text{NaCl}] = 6\text{M}$, $T = 300^{\circ}\text{C}$ et $P = 100\text{ MPa}$.

MOTS CLES

uranium (VI) – uranium solubilité – uranium spéciation – saumure NaCl – pH – conditions hydrothermales – modélisation