



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-01748294v1>

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 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.

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 P_{sat} , 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 paléoprotérozoïque (1,8-2,2 milliards d'années) et un bassin sédimentaire oxydé déposé en milieu continental et d'âge paléoprotérozoïque ou mésoprotérozoïque (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+} .

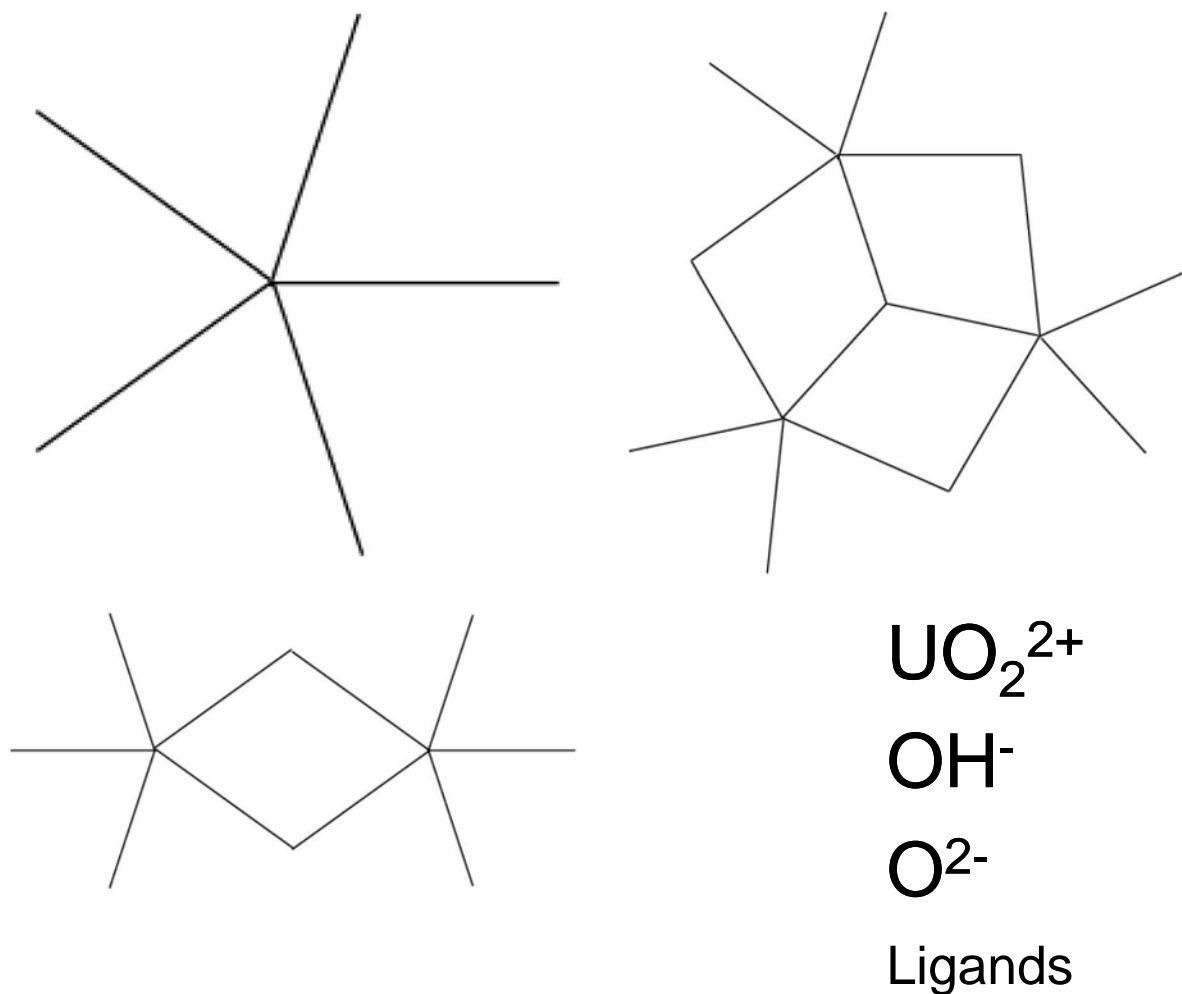


Figure 1 : Représentation de trois types de complexes d'uranium (VI) référencés dans la littérature avec 5 liaisons par entité uranyle

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 $\text{NaCl} : \text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-$, 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).

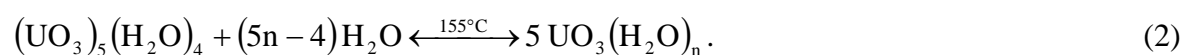
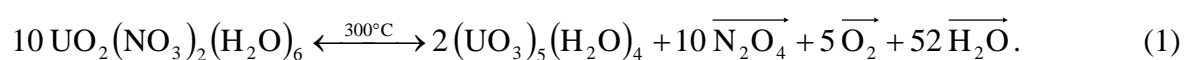
2.1) Procédure expérimentale

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 | indélectable | |
| 5,51 | 5,51 | 5,56 | 3,31 | 0,00000193 | 64,25 |
| 5,63 | 5,64 | 5,86 | 1,20 | indélectable | |
| 5,82 | 5,82 | 5,01 | 2,68 | 0,00000084 | 123,38 |
| 6,25 | 6,25 | 2,24 | 2,49 | indélectable | |
| 6,27 | 6,27 | 4,49 | 0,57 | indélectable | |
| 6,57 | 6,57 | 0,50 | 0,09 | 0,00000204 | 41,19 |
| 6,71 | 6,71 | 0,52 | 4,17 | indélectable | |
| 6,90 | 6,90 | 0,35 | 1,99 | indélectable | |
| 6,97 | 6,97 | 4,24 | 2,16 | 0,00000316 | 39,83 |
| 7,29 | 7,29 | 3,39 | 2,55 | indélectable | |
| 7,54 | 7,54 | 0,45 | 2,73 | indélectable | |
| 7,59 | 7,59 | 2,27 | 1,94 | 0,00000162 | 55,26 |
| 7,84 | 7,84 | 2,46 | 2,91 | indélectable | |
| 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}]

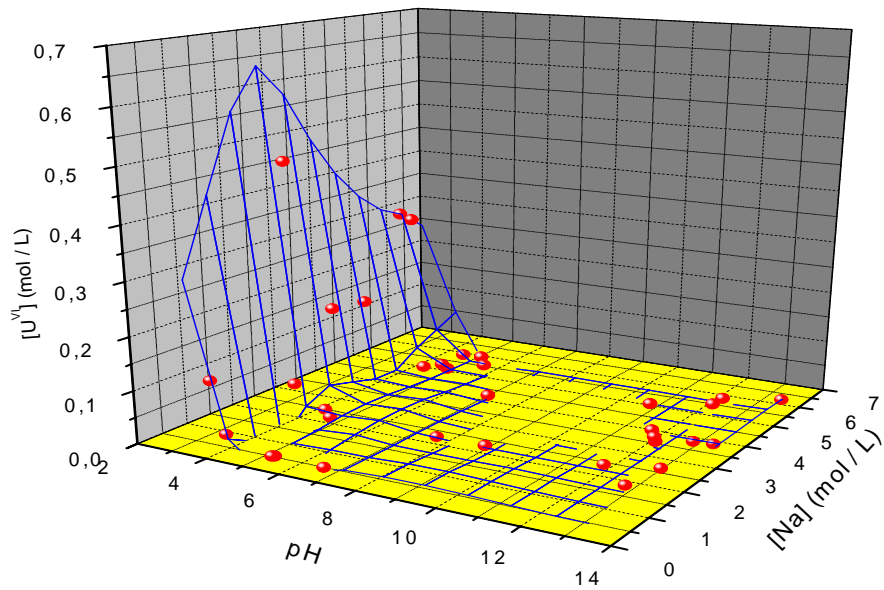


Figure 2 : Solubilité expérimentale de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

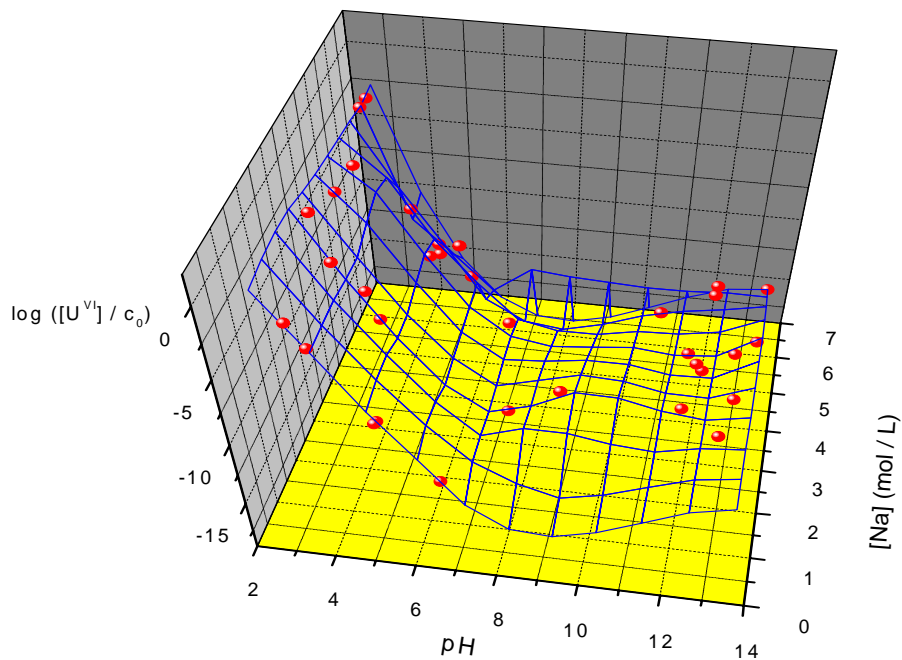


Figure 3 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité expérimentale de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

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)

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

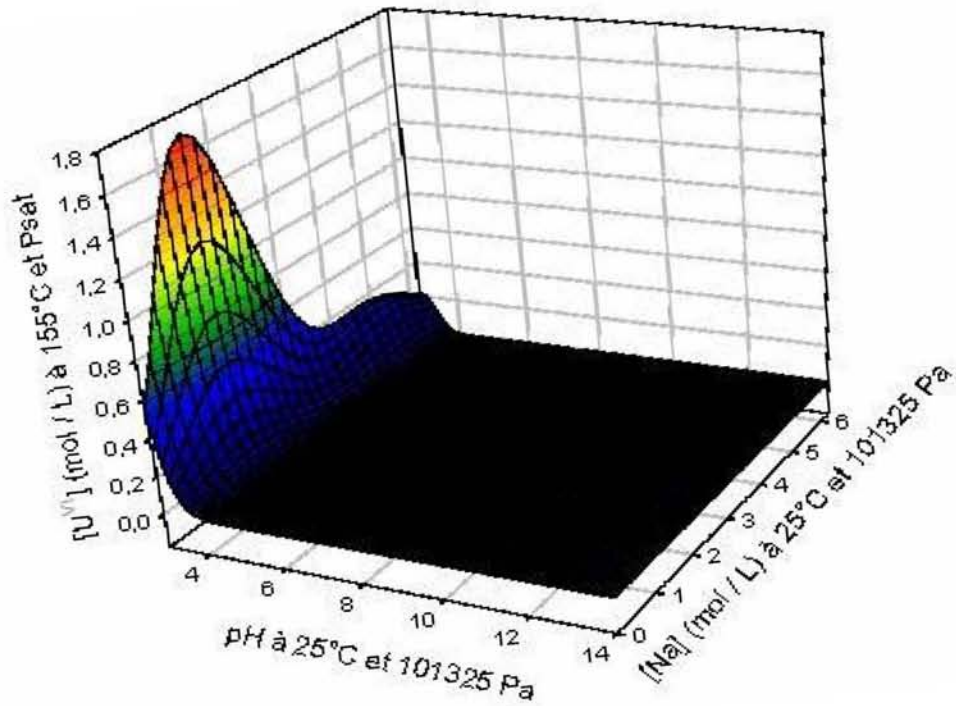


Figure 4 : Solubilité modélisée de l'uranium (VI) en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

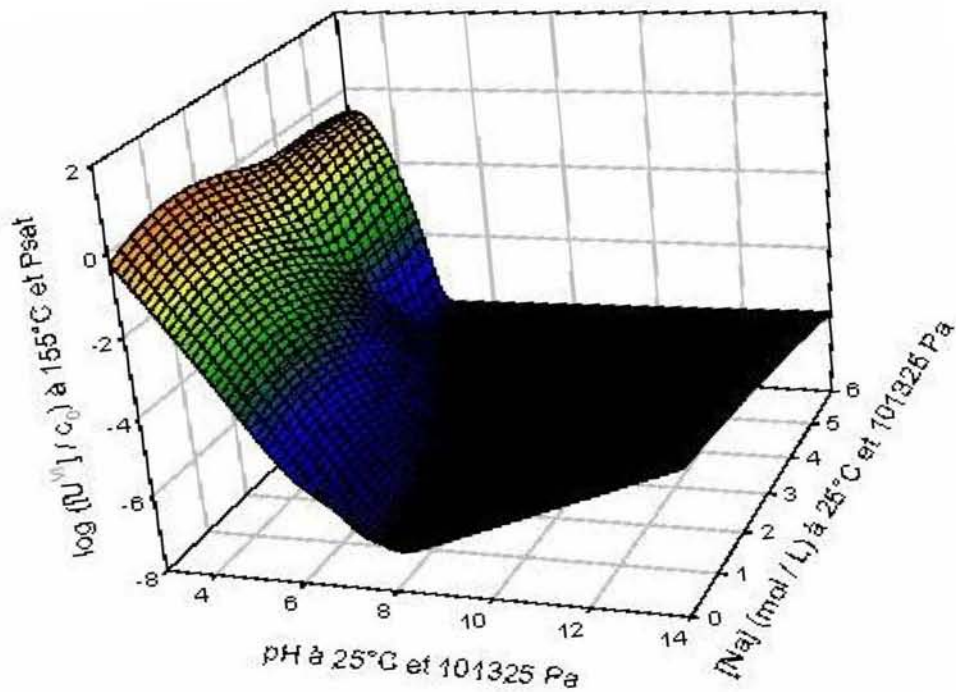


Figure 5 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de la concentration en sodium à 155°C et Psat

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 calculé | 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

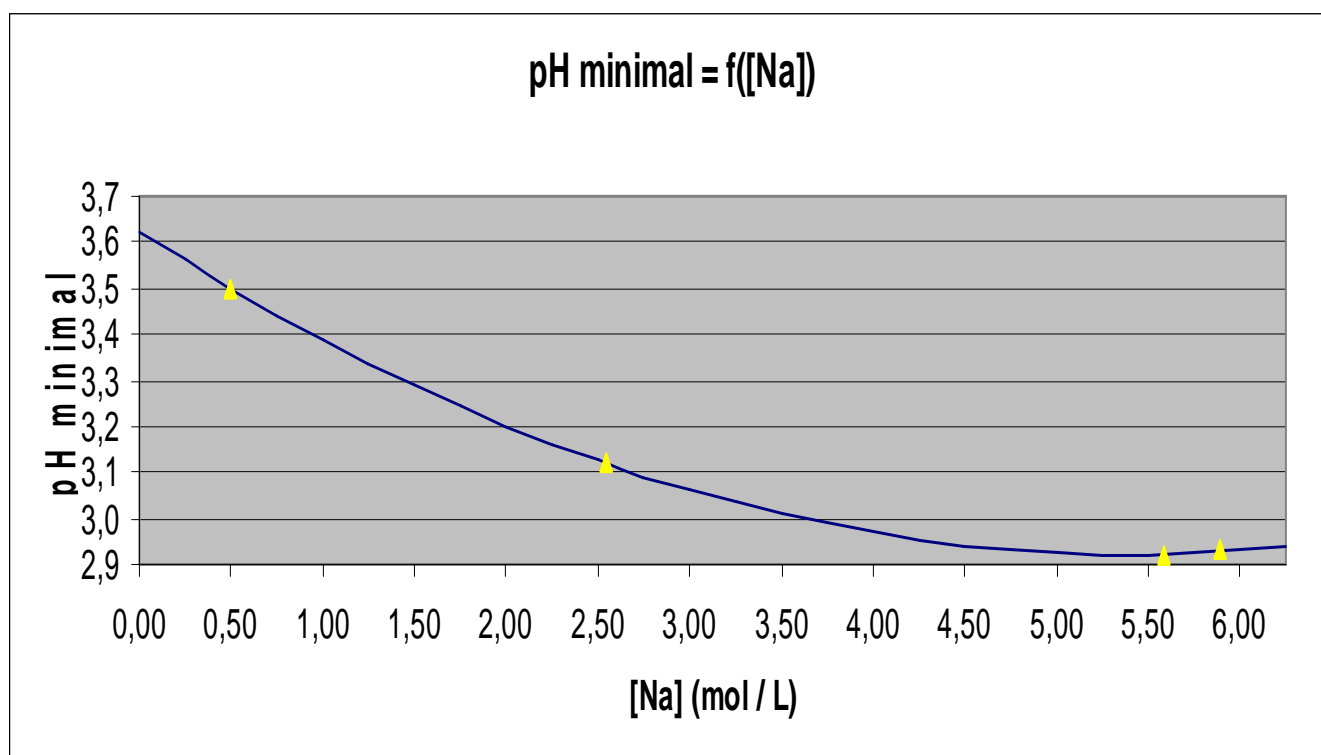


Figure 6 : pH minimaux atteints pour diverses concentrations en sodium et application de l'équation (9)

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

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).

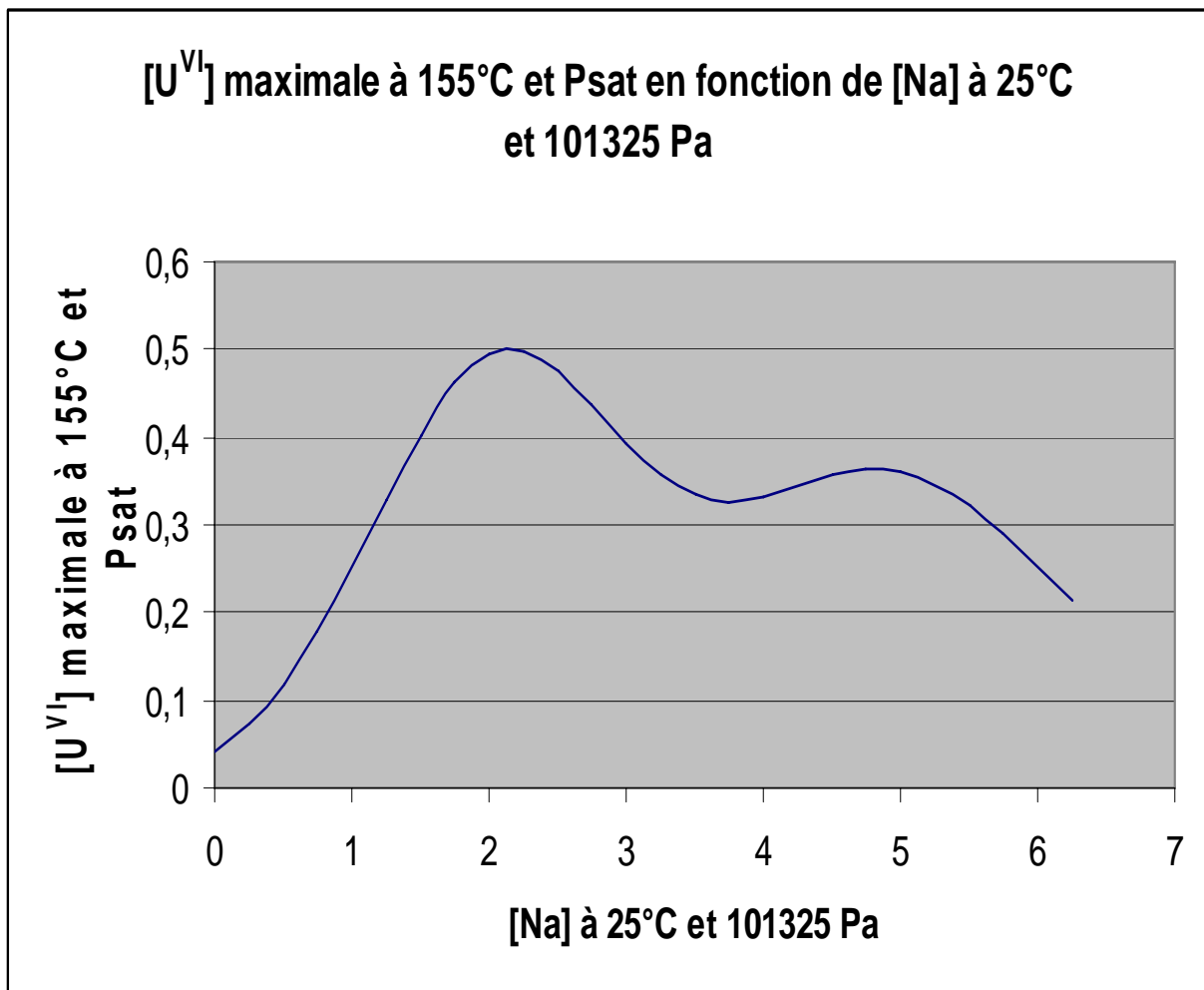


Figure 7 : Solubilité maximale modélisée de l'uranium (VI) en fonction de la concentration en sodium

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.

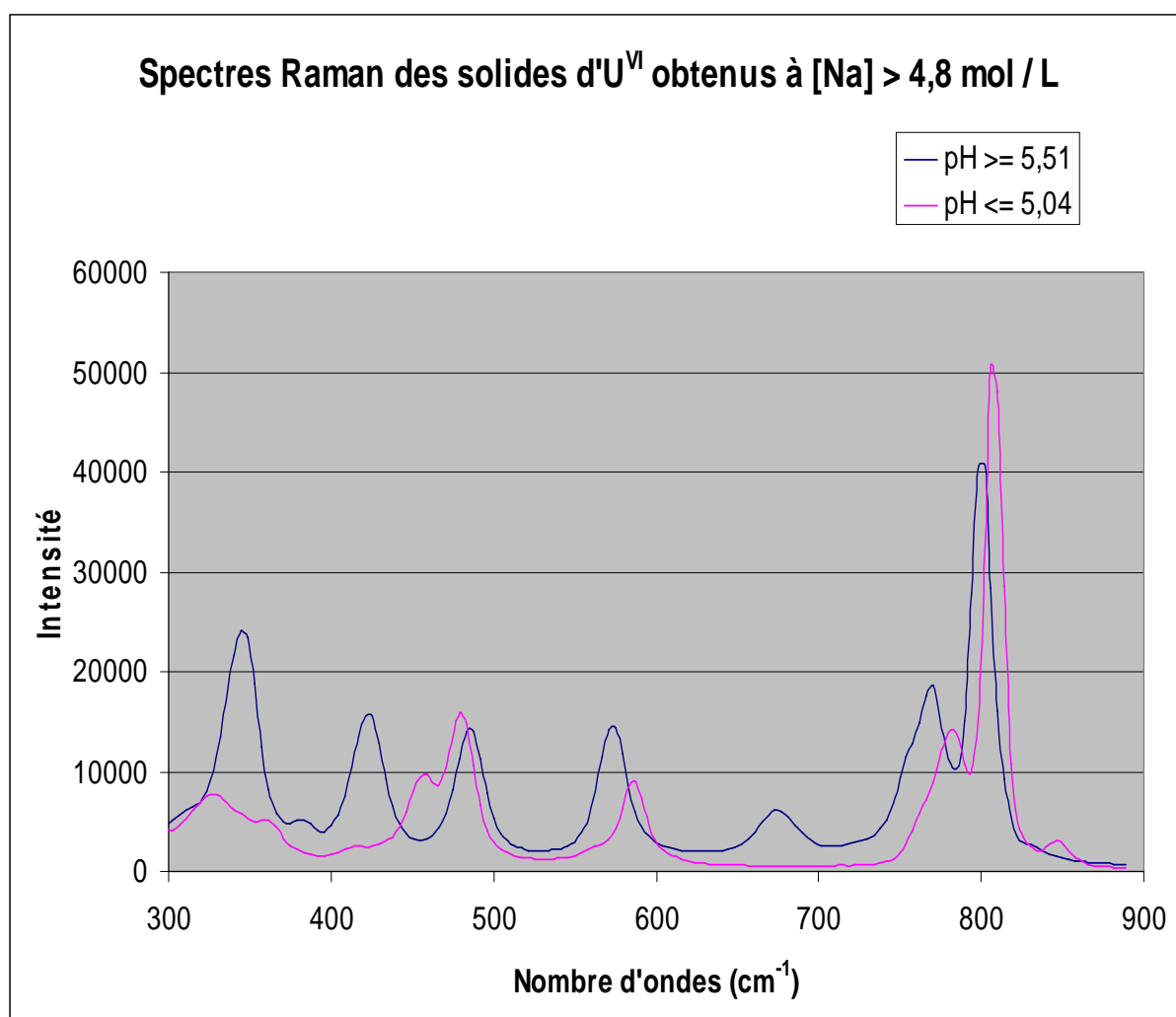


Figure 8 : Les deux types de spectres Raman obtenus pour les solides synthétisés au contact de saumures dont la concentration en sodium excède 4,8 mol / L

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).

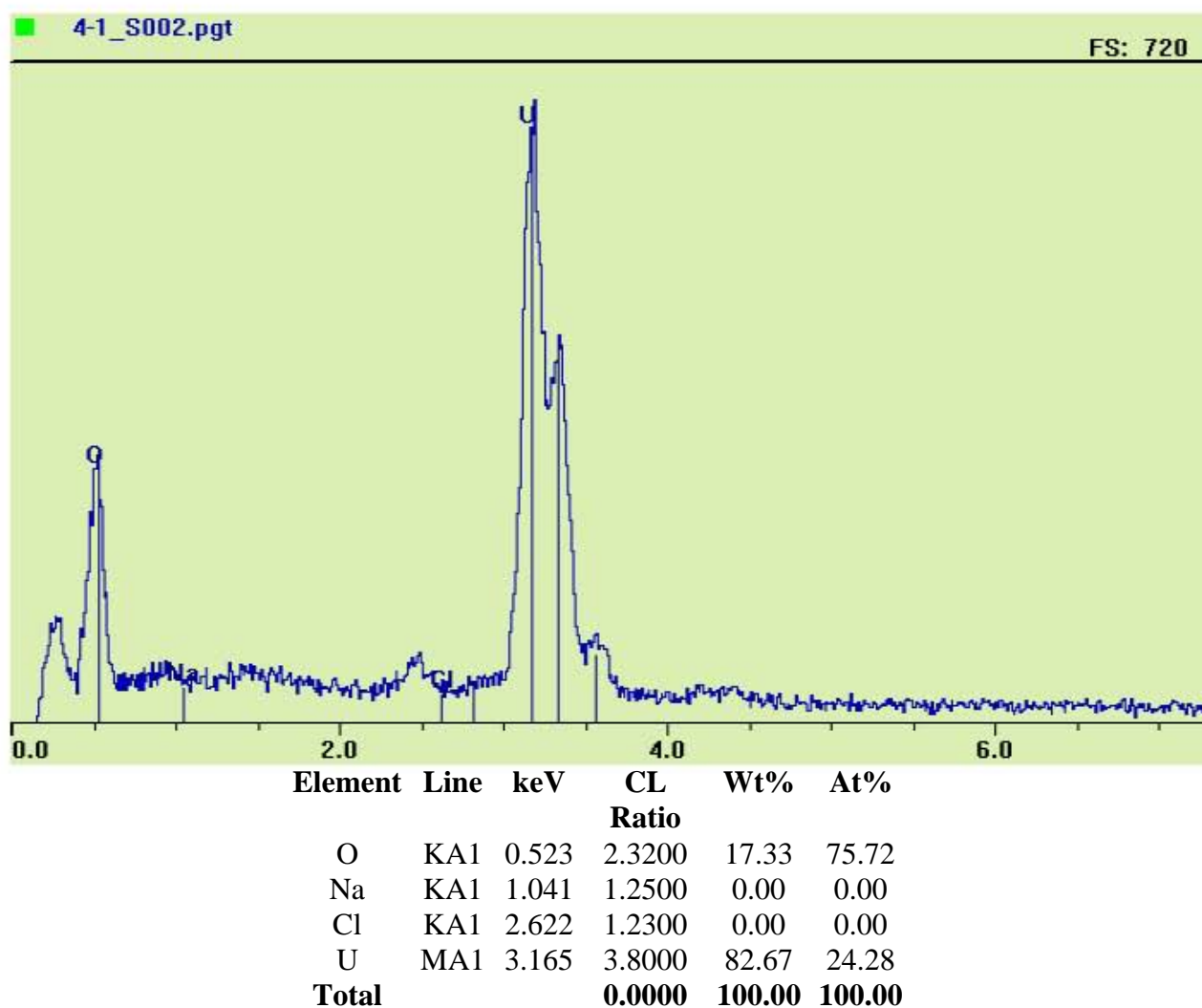


Figure 9 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon à pH = 3,71 et [Na] = 2,15 M

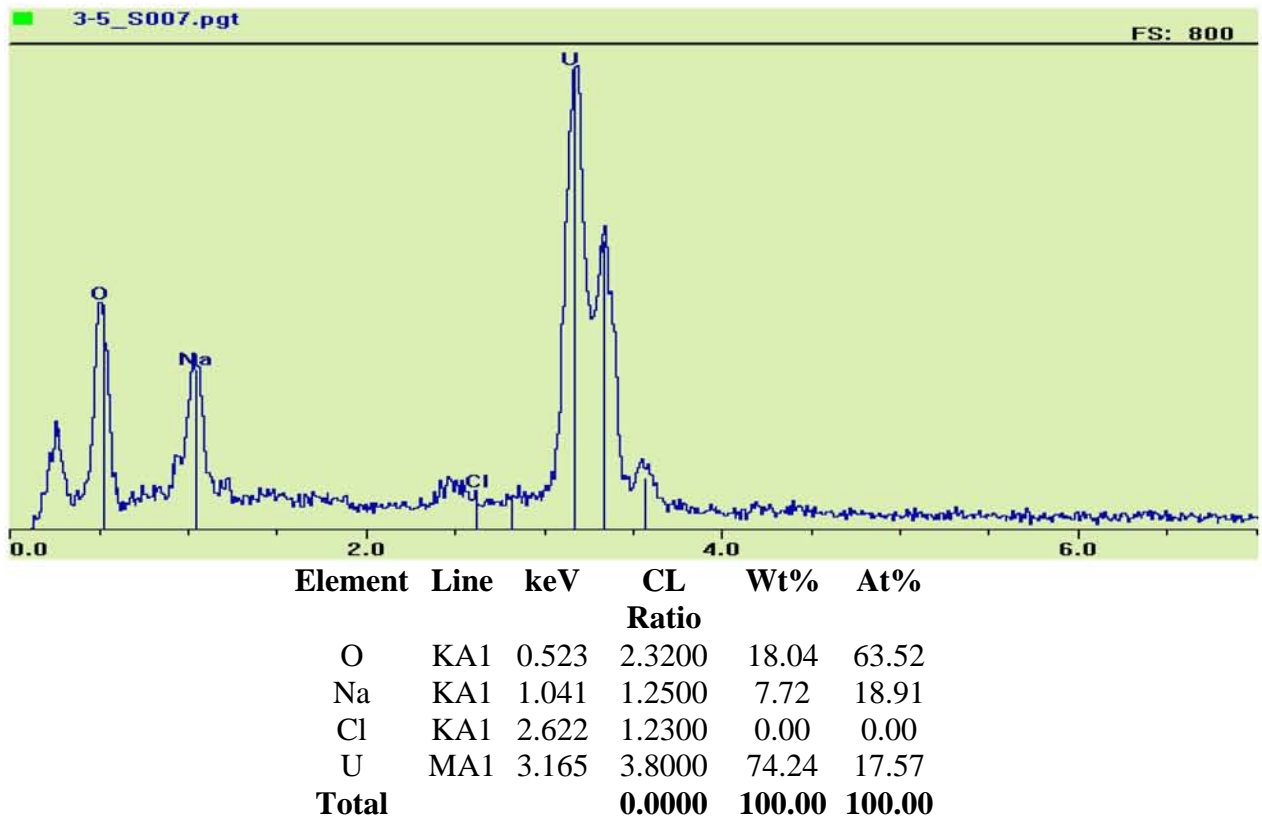


Figure 10 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M

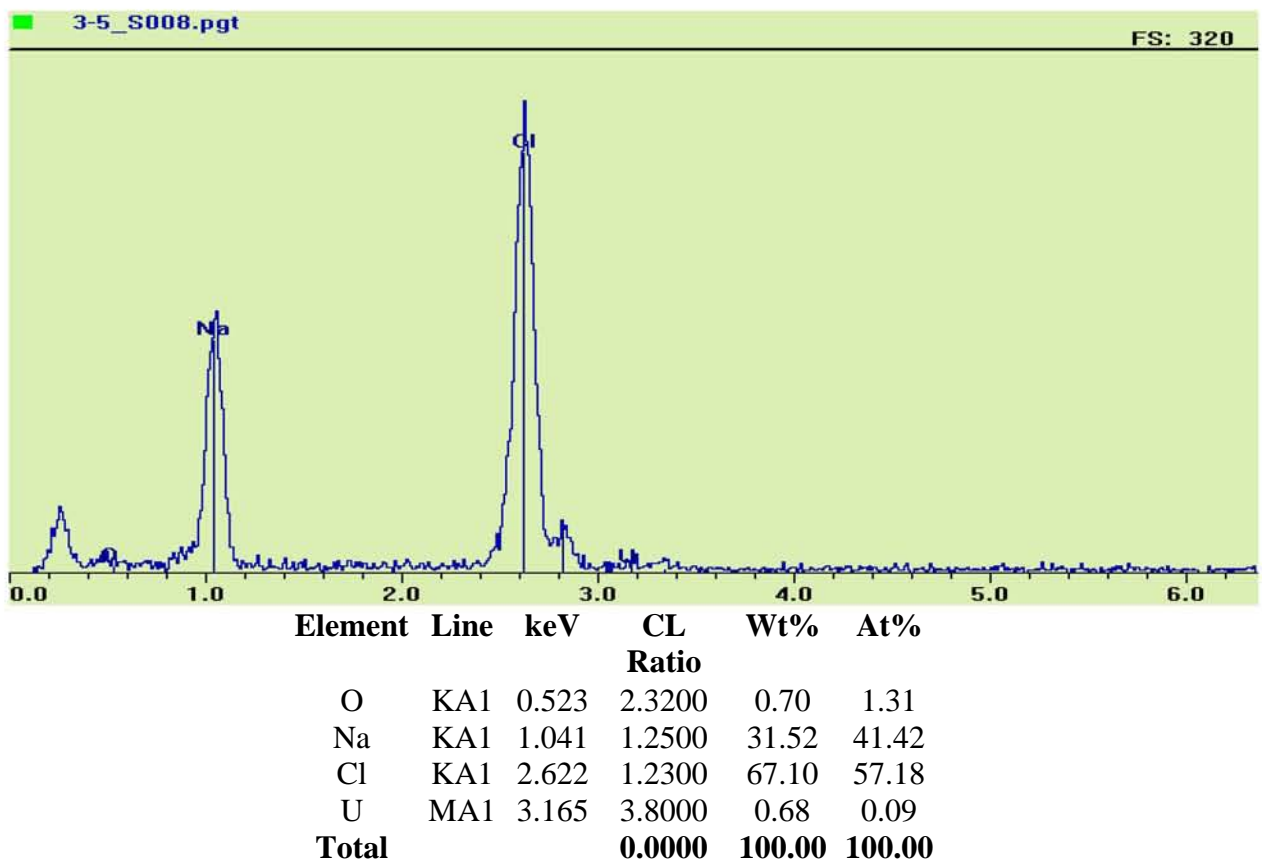


Figure 11 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M

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.

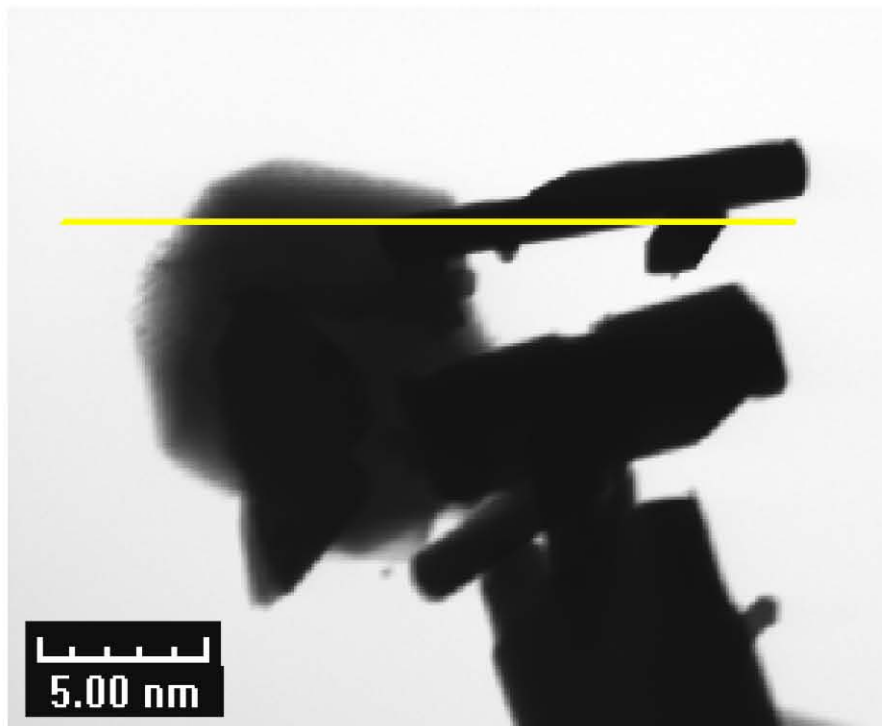


Figure 12 : Photographie MET d'une partie de la phase solide de l'échantillon à pH = 11,92 et [Na] = 3,76 M

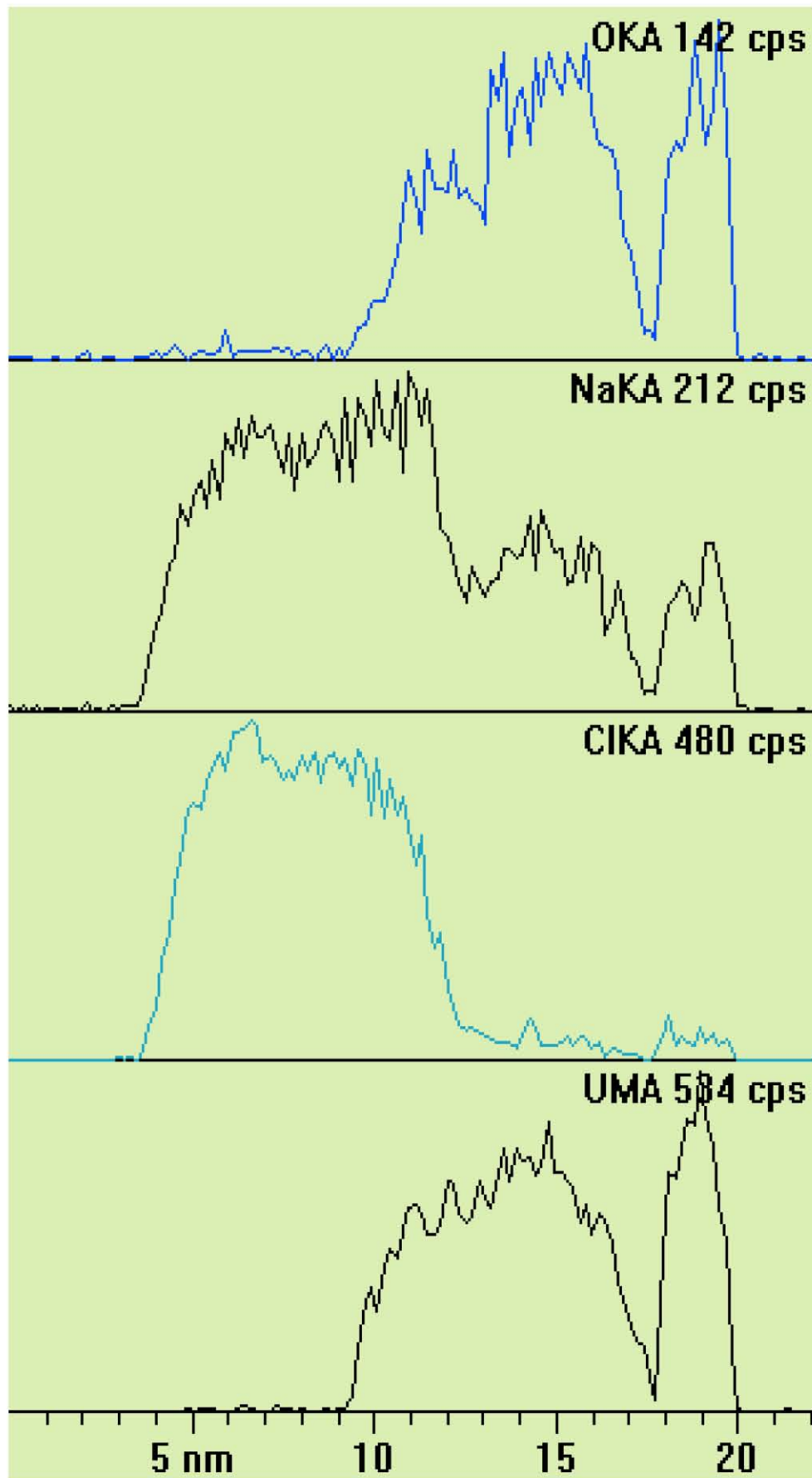


Figure 13 : Analyse élémentaire le long de la ligne jaune sur la figure (12)

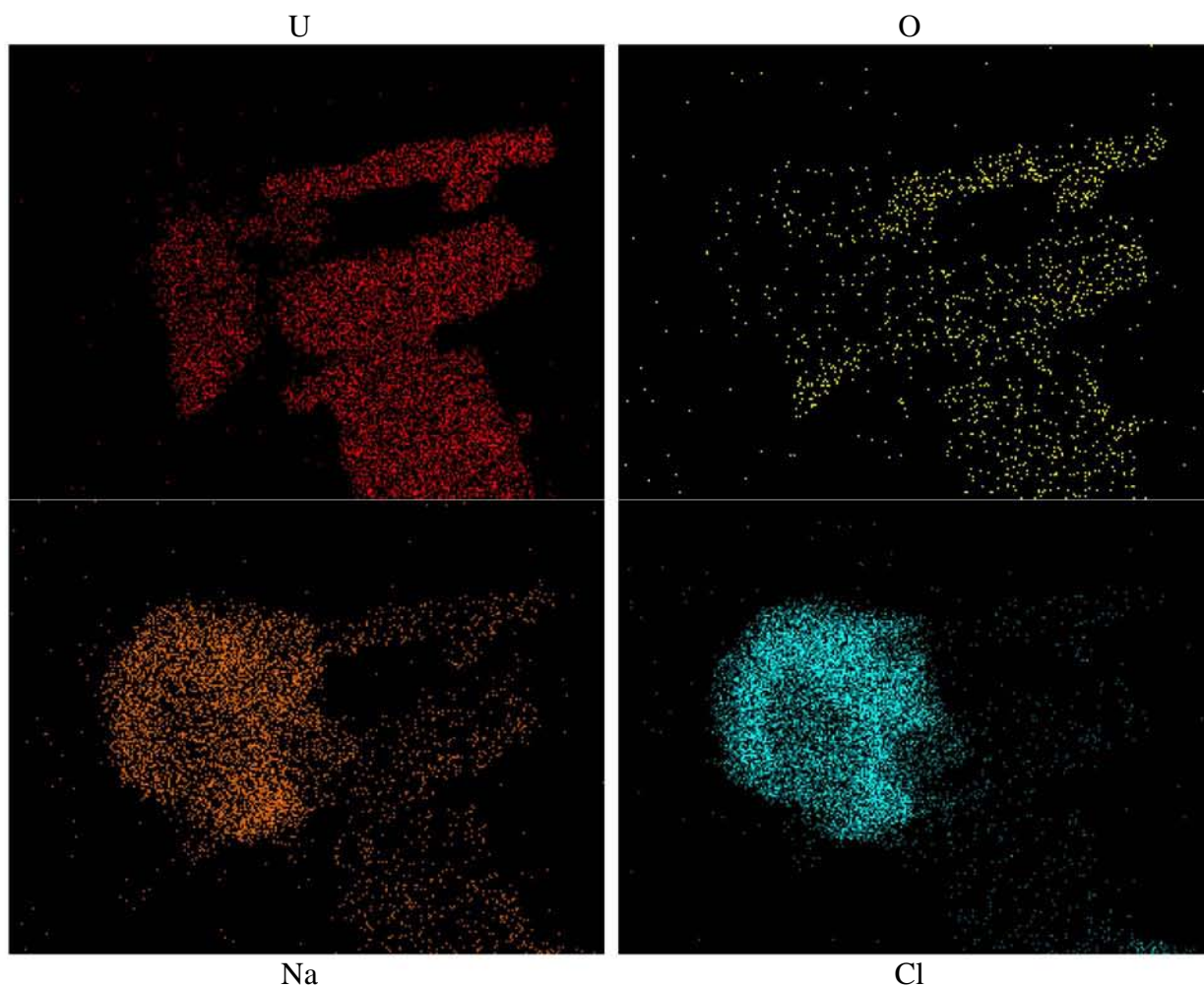


Figure 14 : Cartographie élémentaire de l'échantillon représenté sur la figure (12)

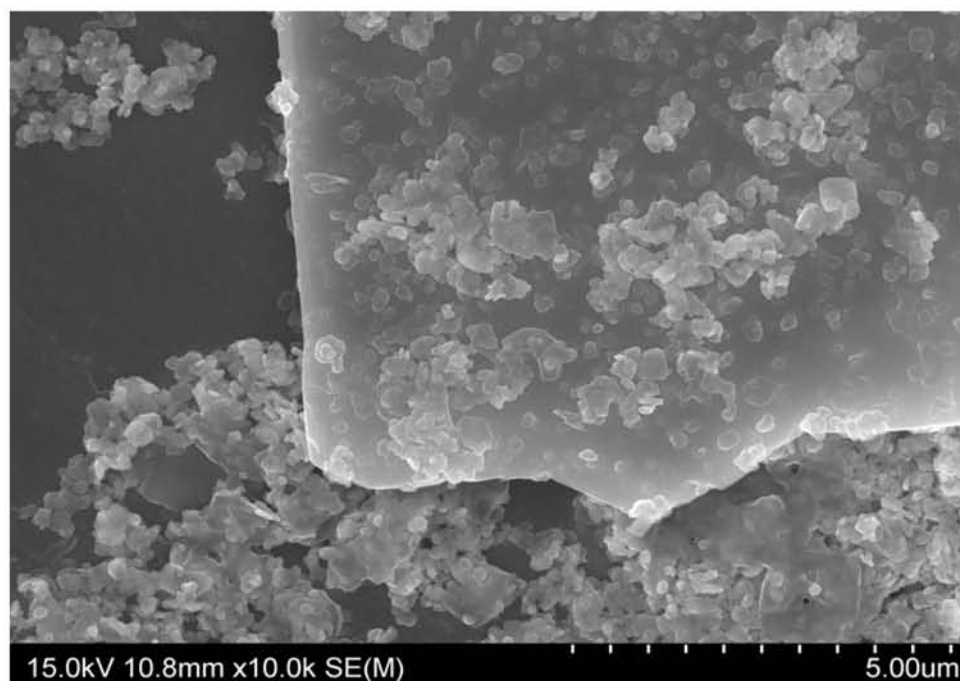


Figure 15 : Photographie MEB d'une partie de la phase solide de l'échantillon correspondant à $\text{pH} = 12,09$ et $[\text{Na}] = 5,51 \text{ M}$

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.

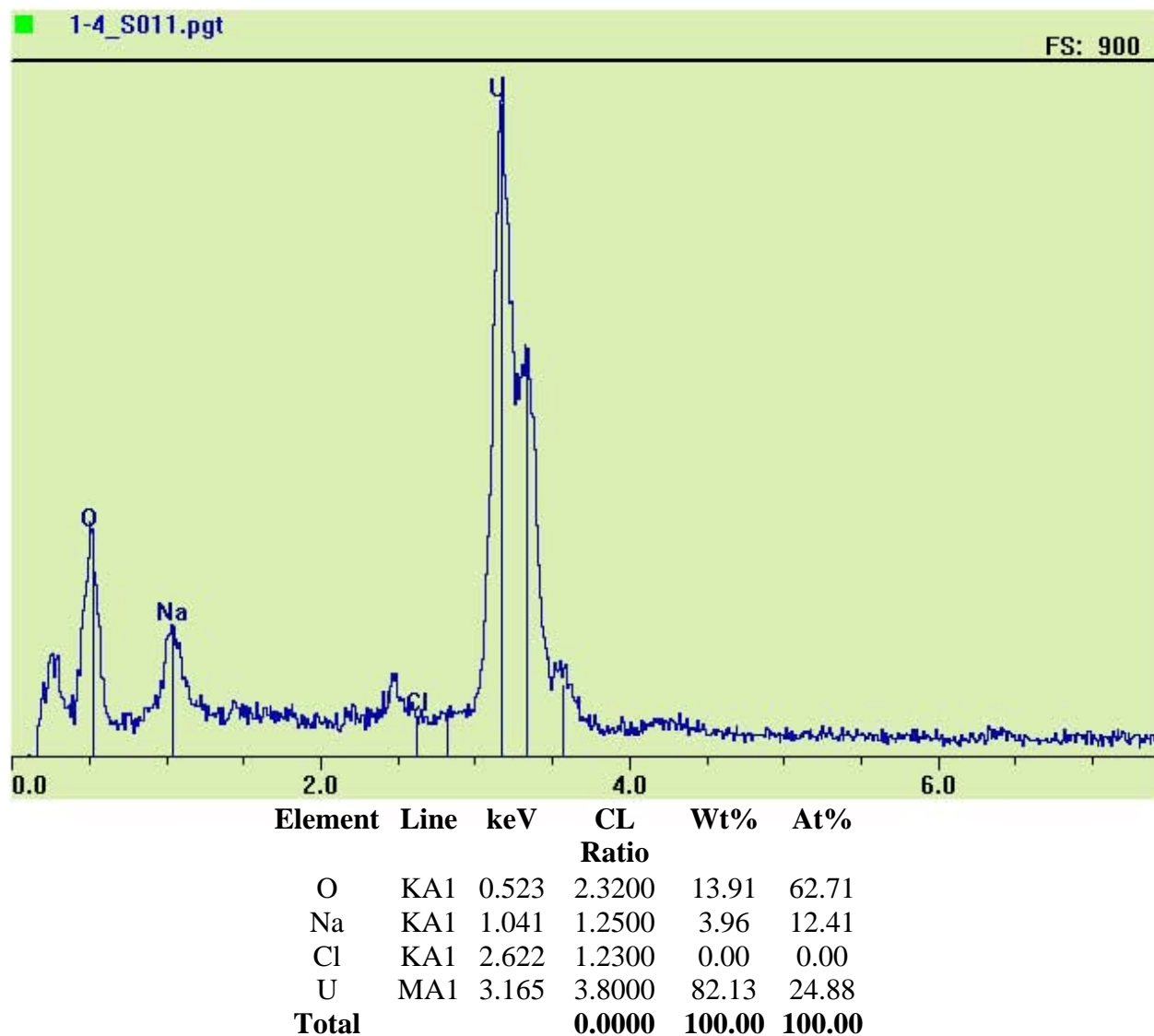


Figure 16 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 M

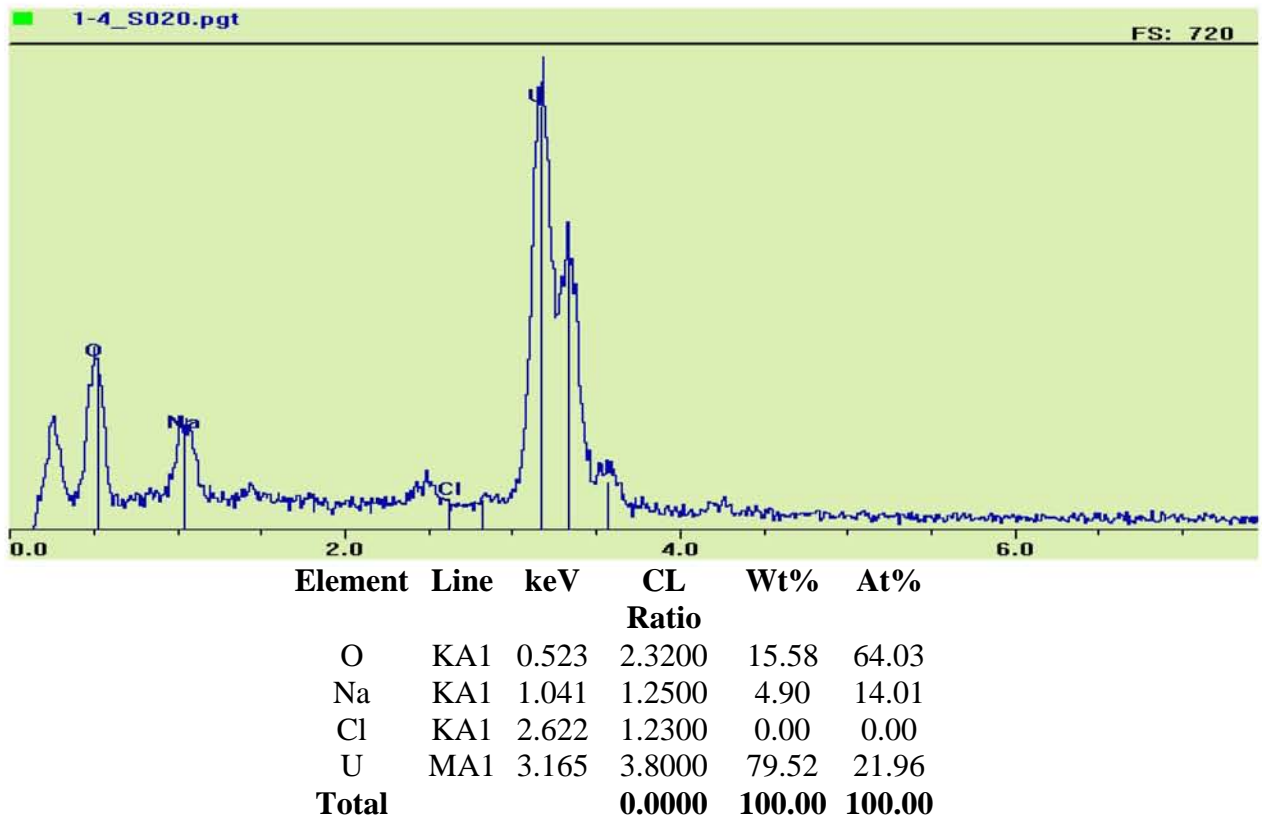


Figure 17 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 M

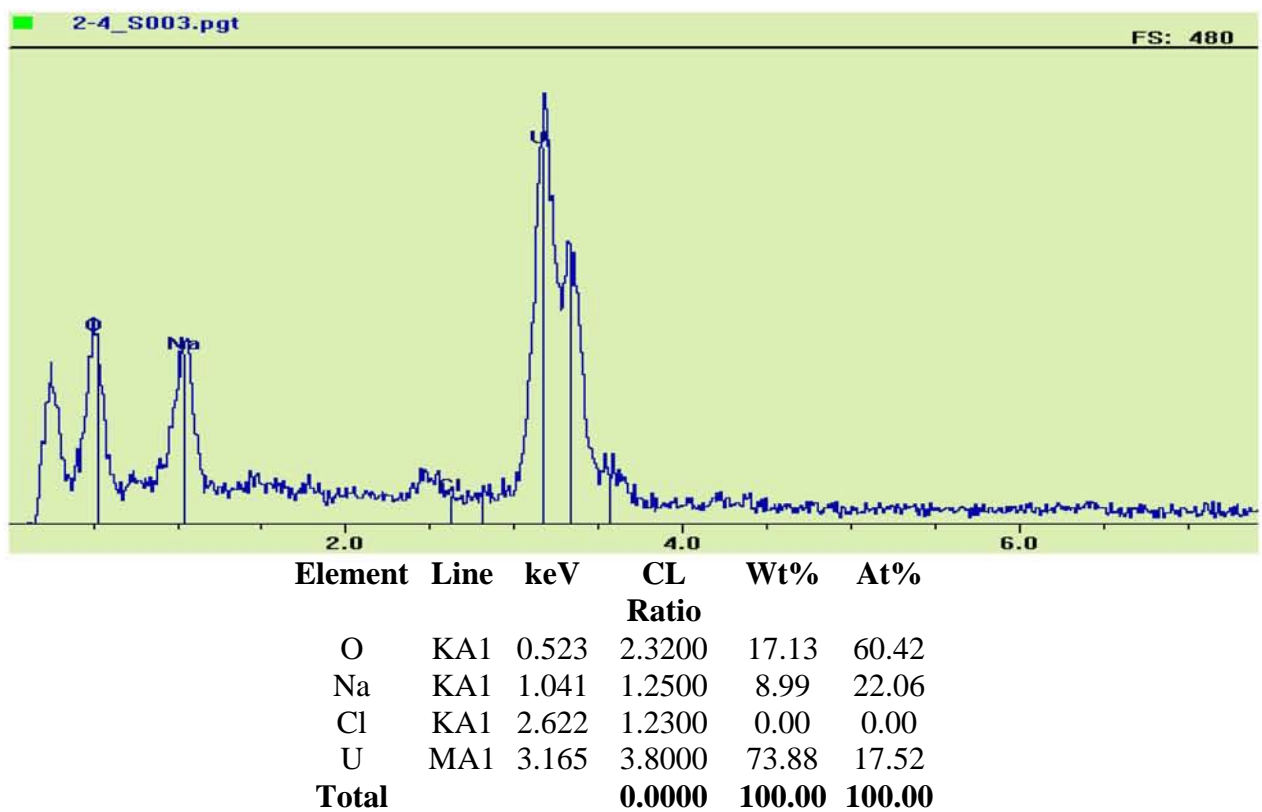
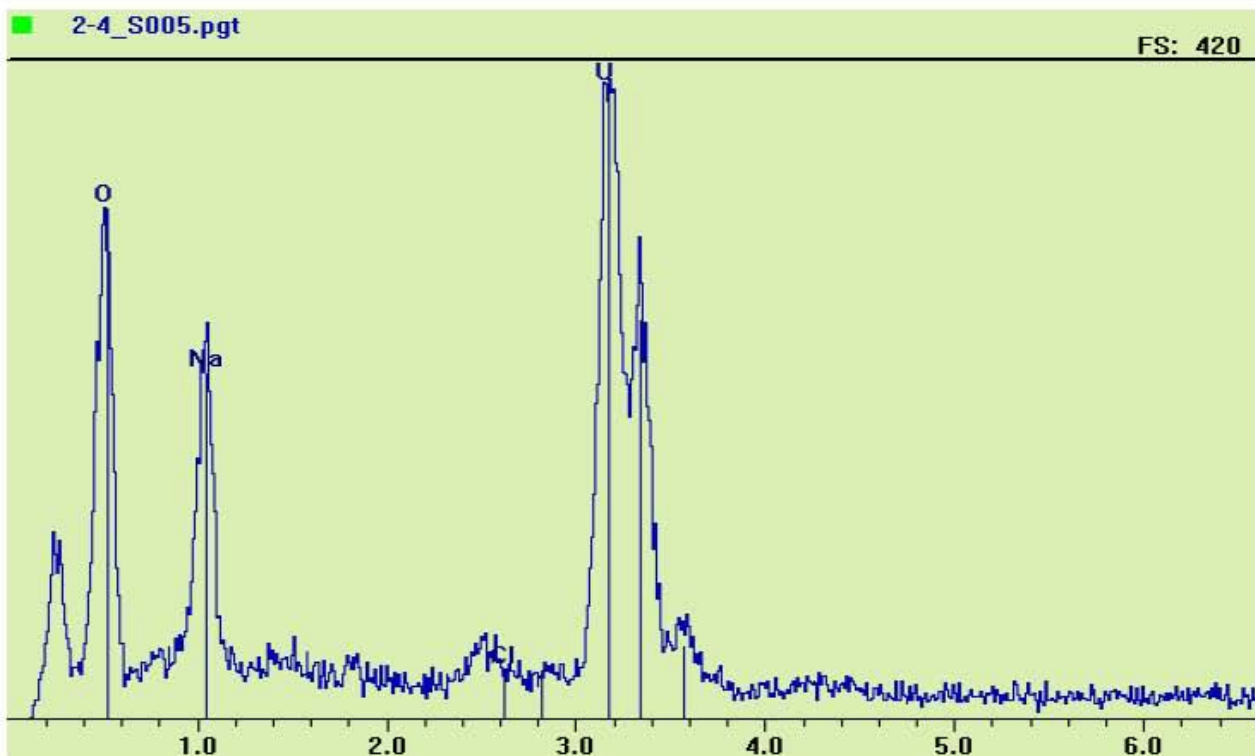


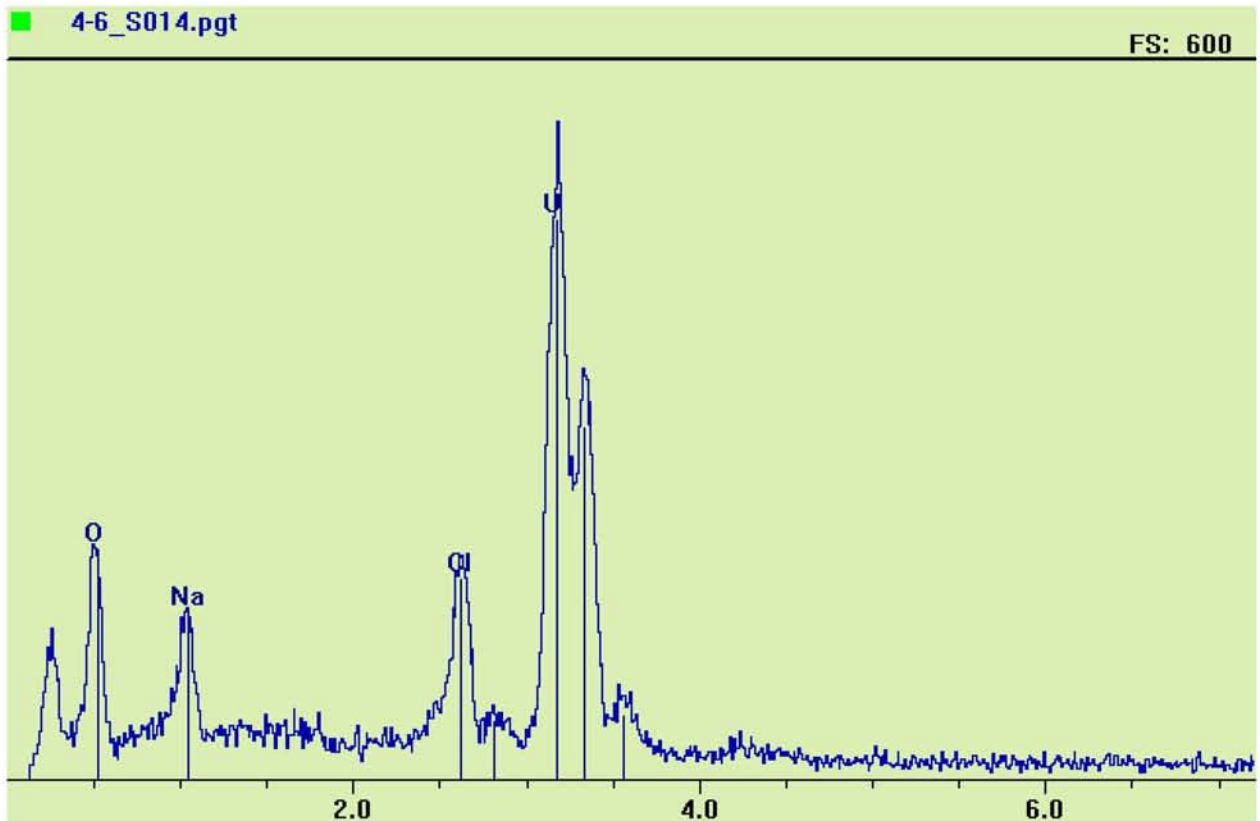
Figure 18 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 12,09 et [Na] = 5,51 M



| 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

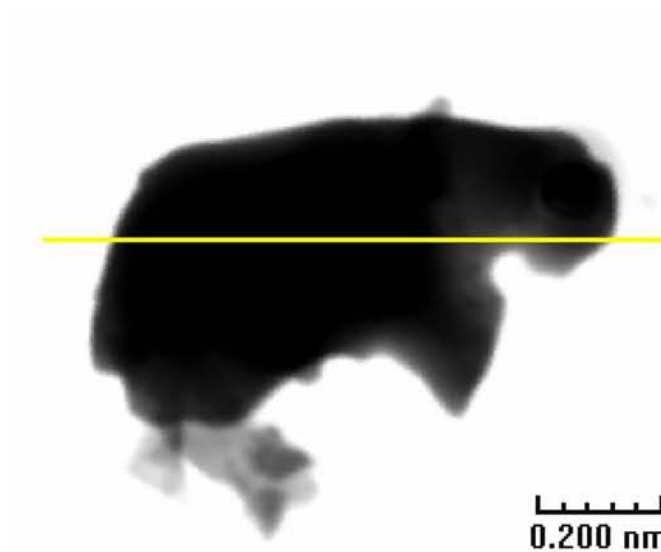


Figure 21 : Photographie MET d'une partie de la phase solide de l'échantillon à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M

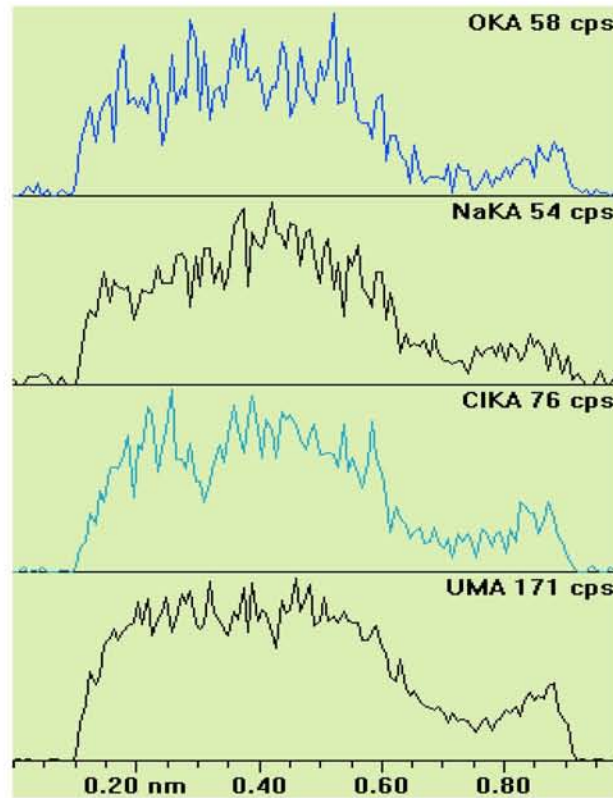


Figure 22 : Analyse élémentaire le long de la ligne jaune sur la figure (21)

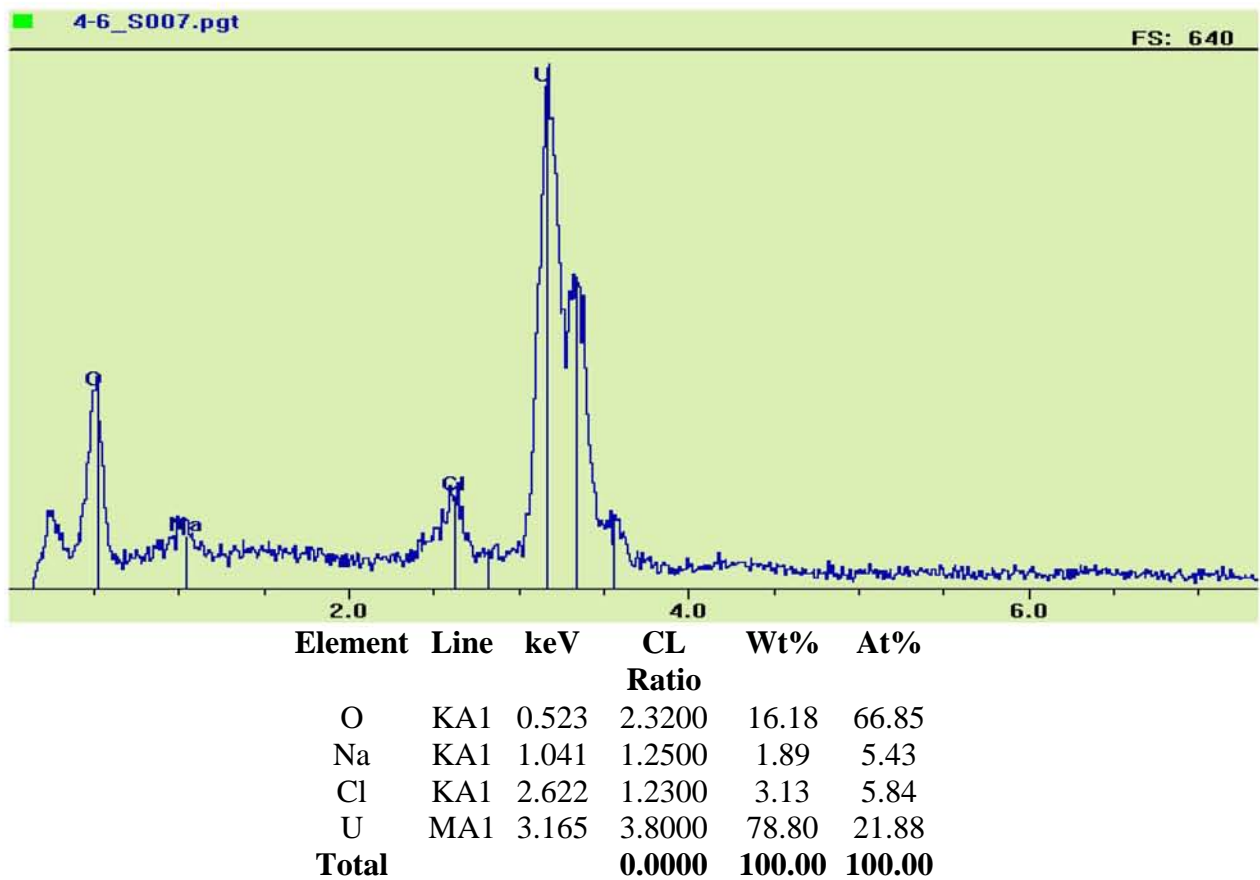
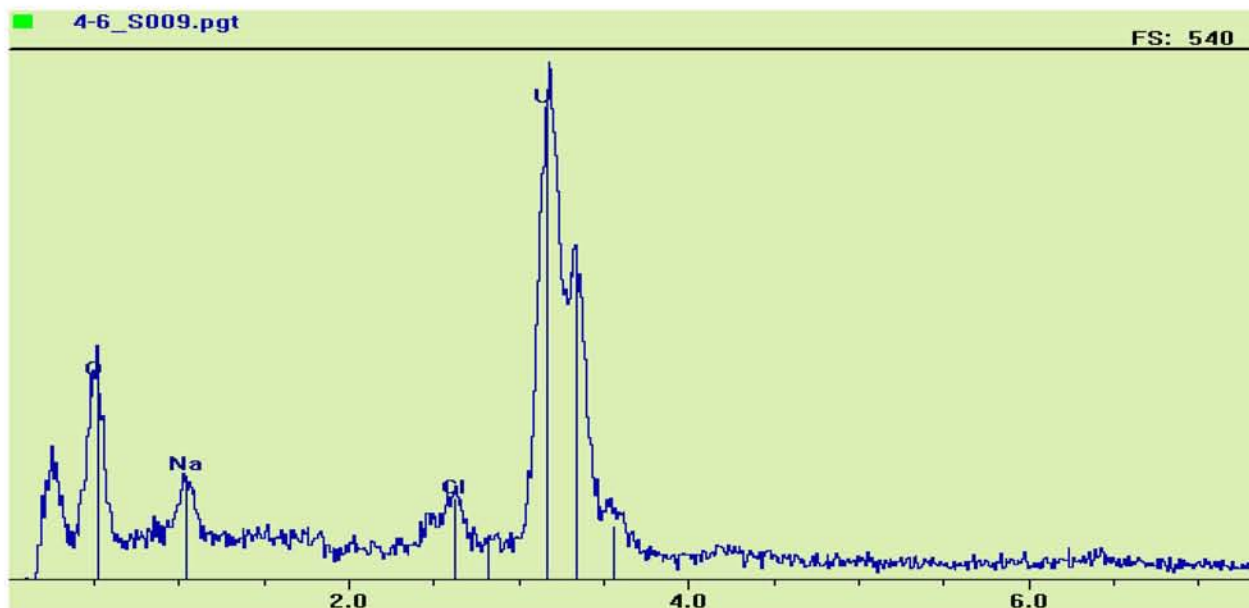
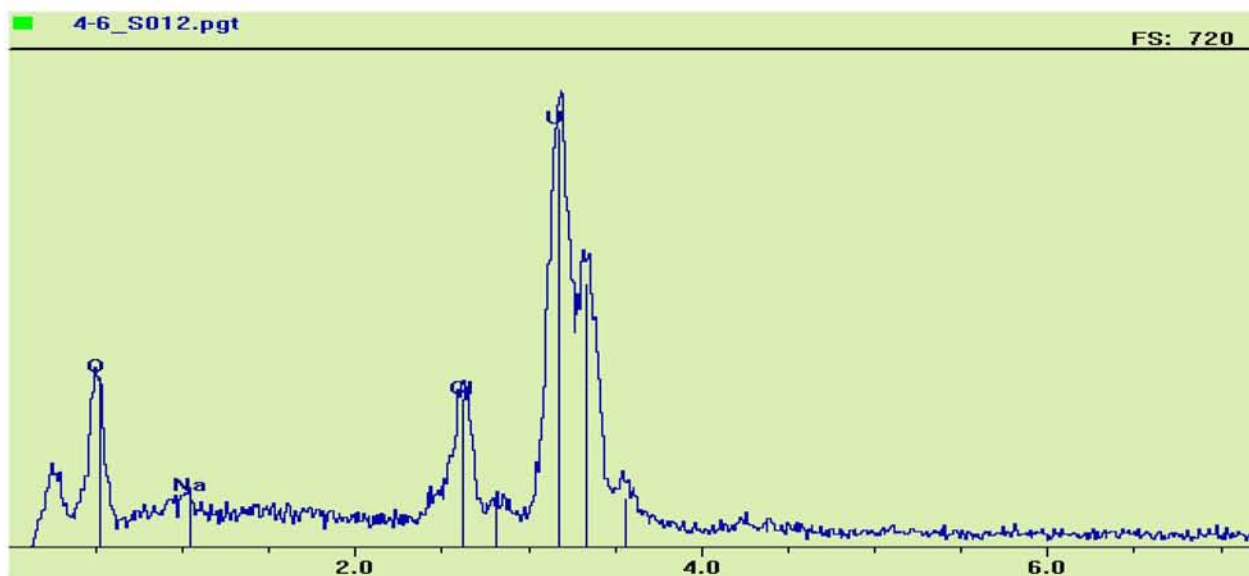


Figure 23 : Spectre EDXS d'un minéral de l'échantillon correspondant à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 M



| 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)).

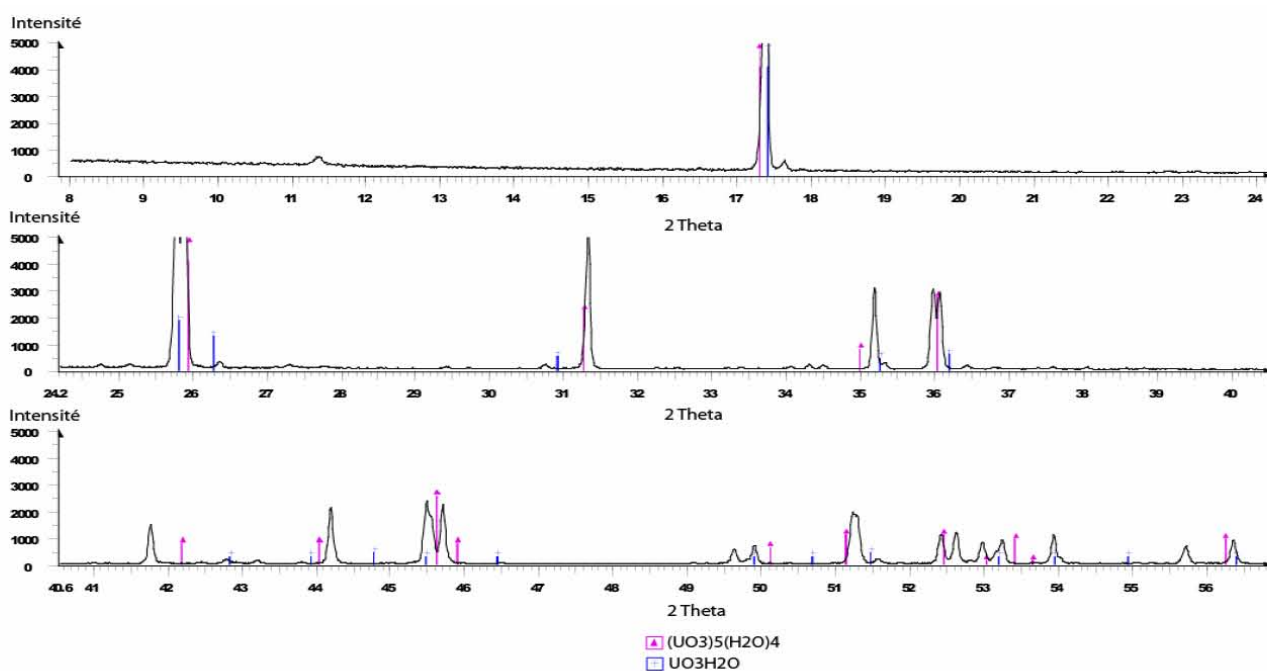


Figure 26 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 3,91 et $[\text{Na}] = 0,48 \text{ mol / L}$

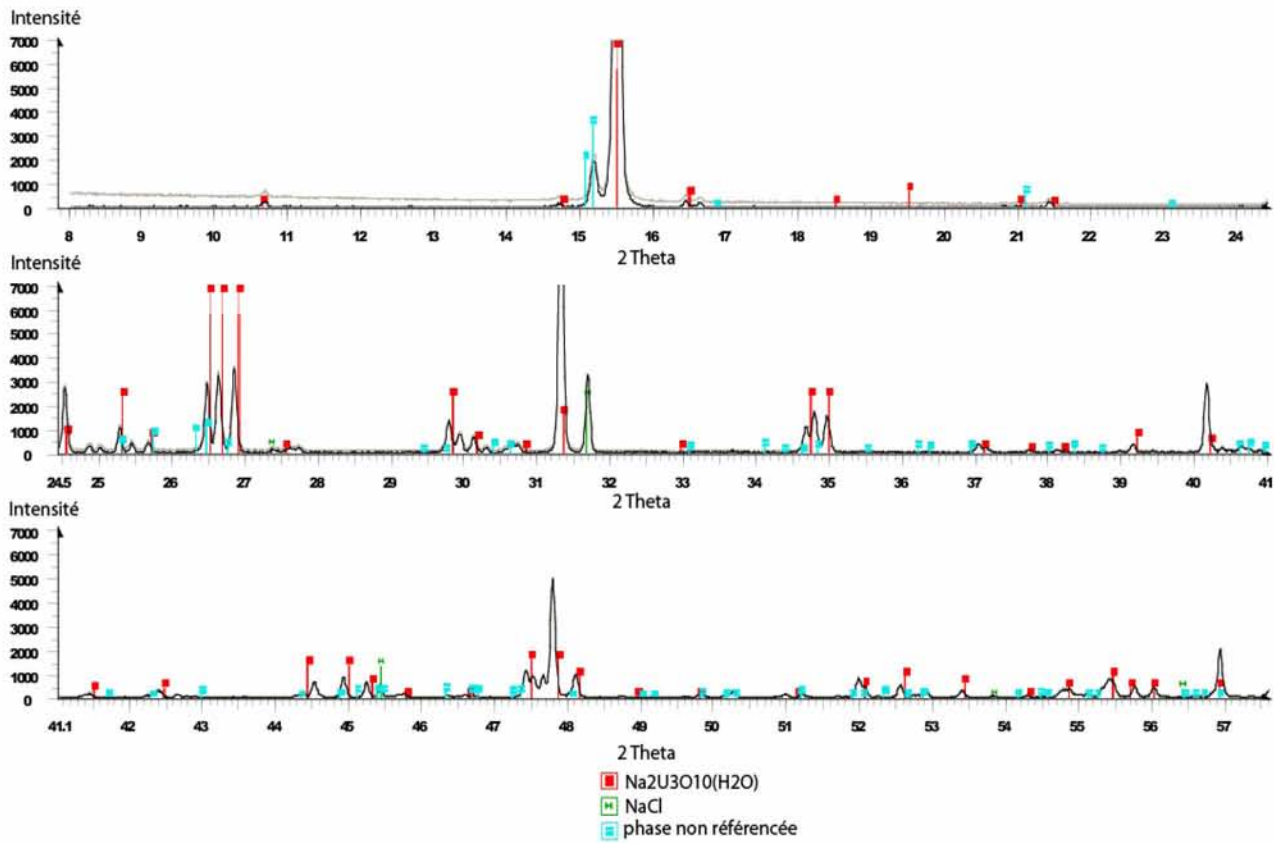


Figure 27 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,52 et [Na] = 5,90 mol / L

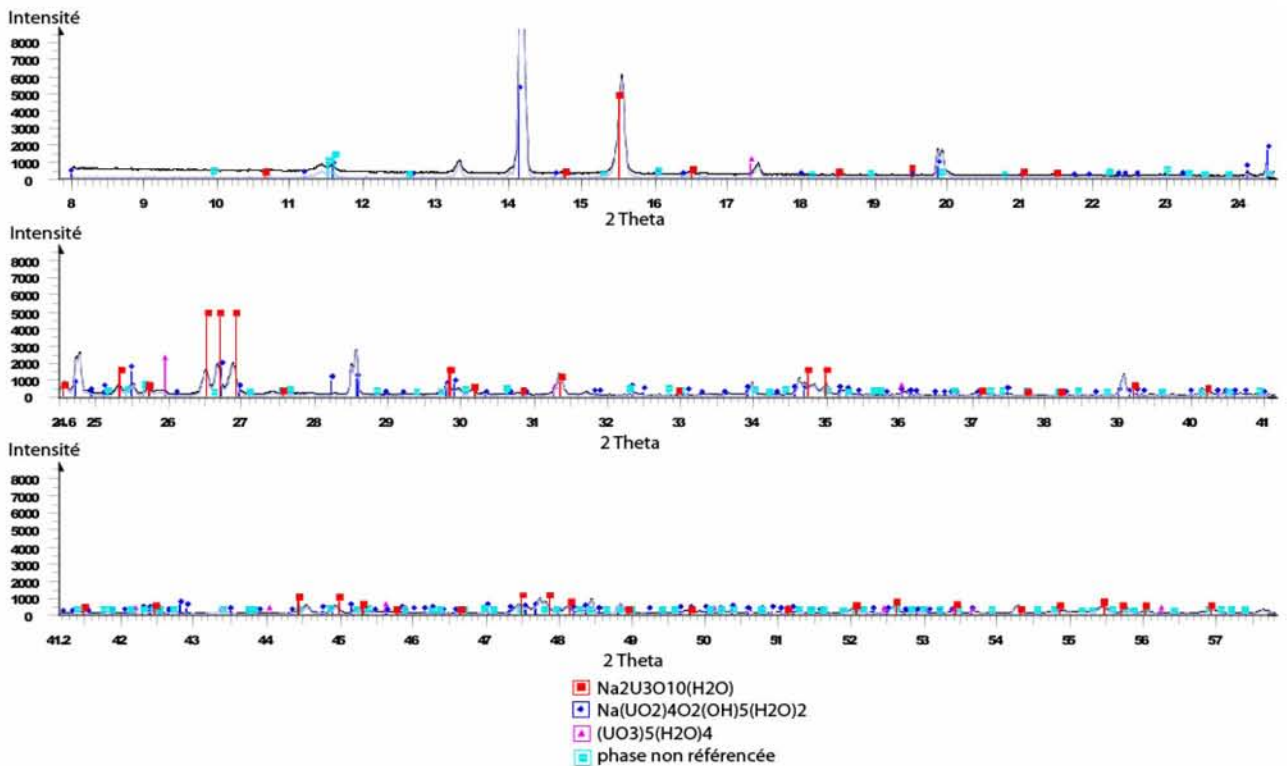


Figure 28 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,65 et [Na] = 2,21 mol / L

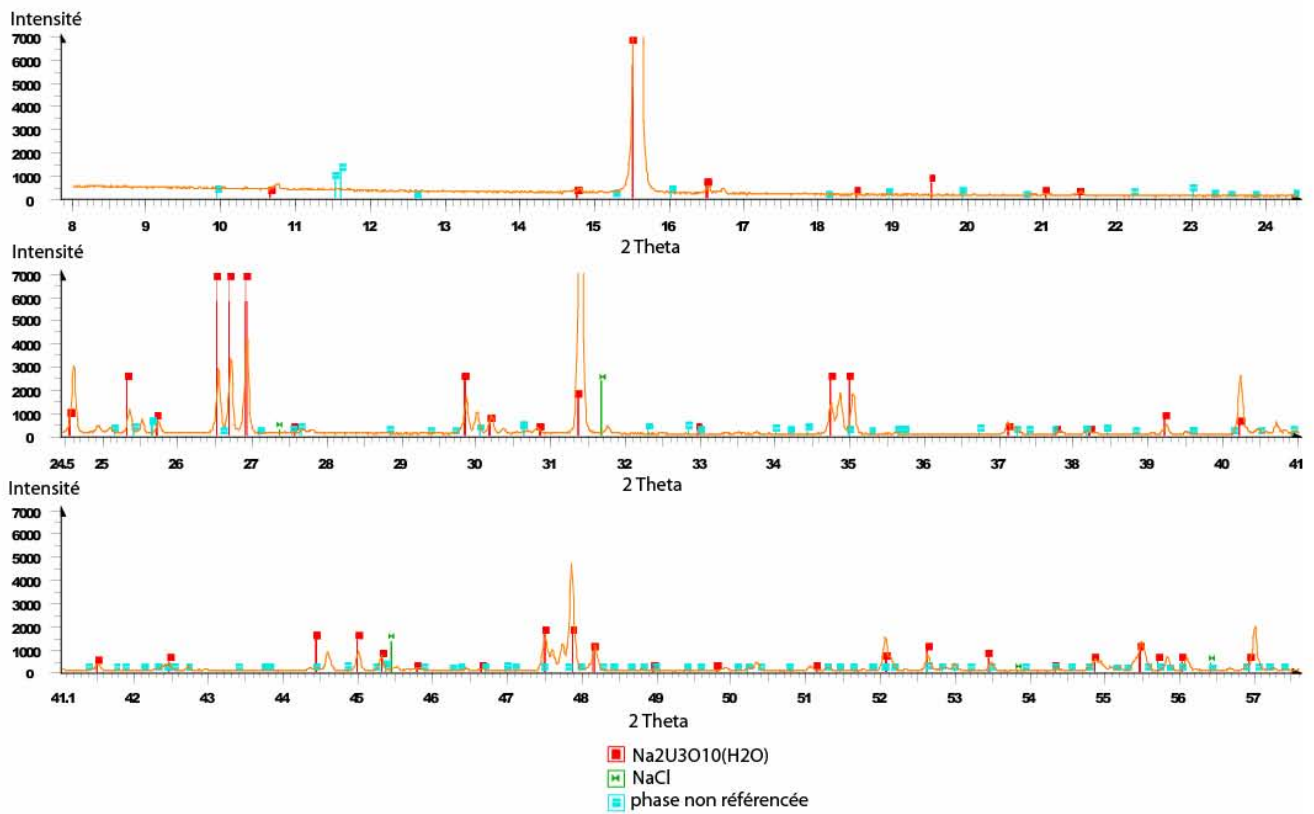


Figure 29 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 4,86 et [Na] = 5,11 mol / L

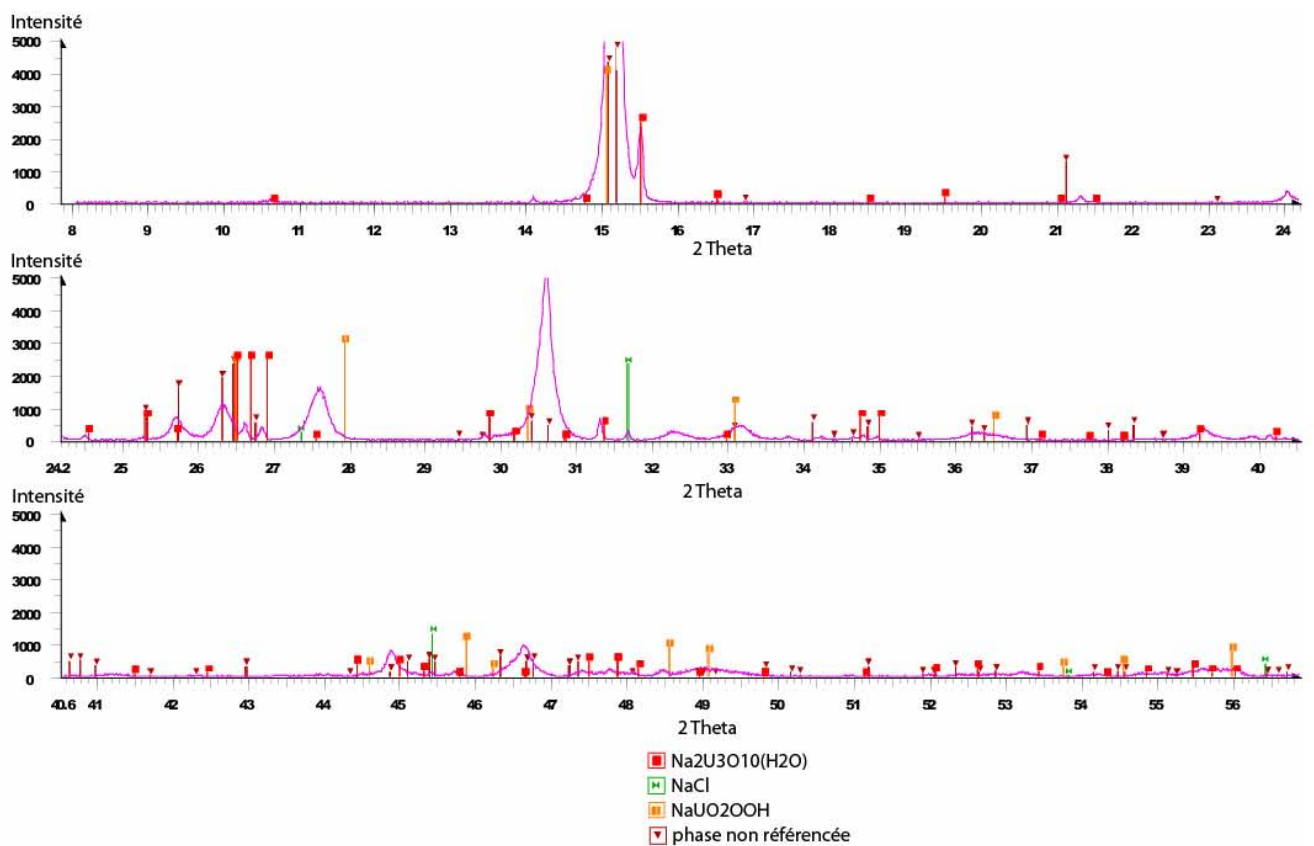


Figure 30 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 6,25 et [Na] = 2,24 mol / L

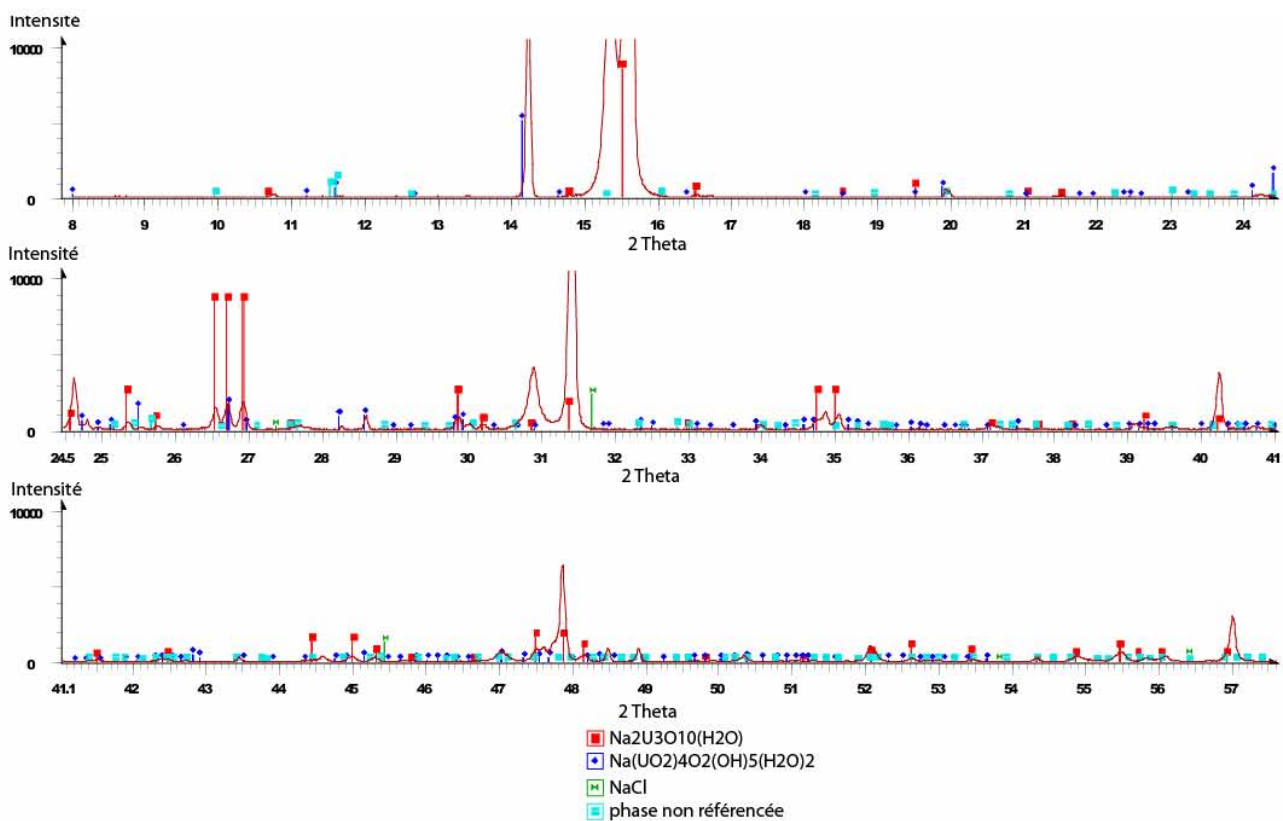


Figure 31 : Diffractogramme X du solide de l'échantillon à pH = 7,54 et [Na] = 0,45 mol / L

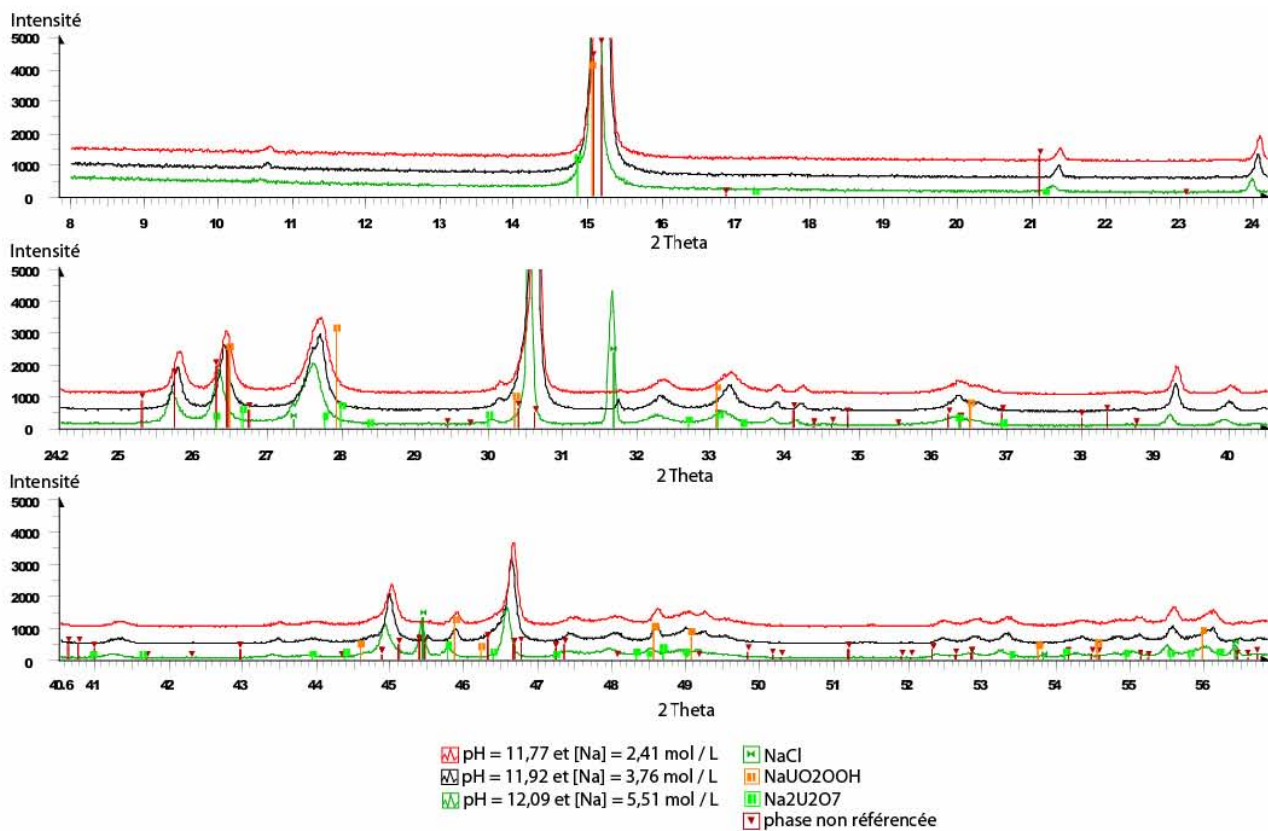


Figure 32 : Diffractogrammes X des solides de plusieurs échantillons

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).

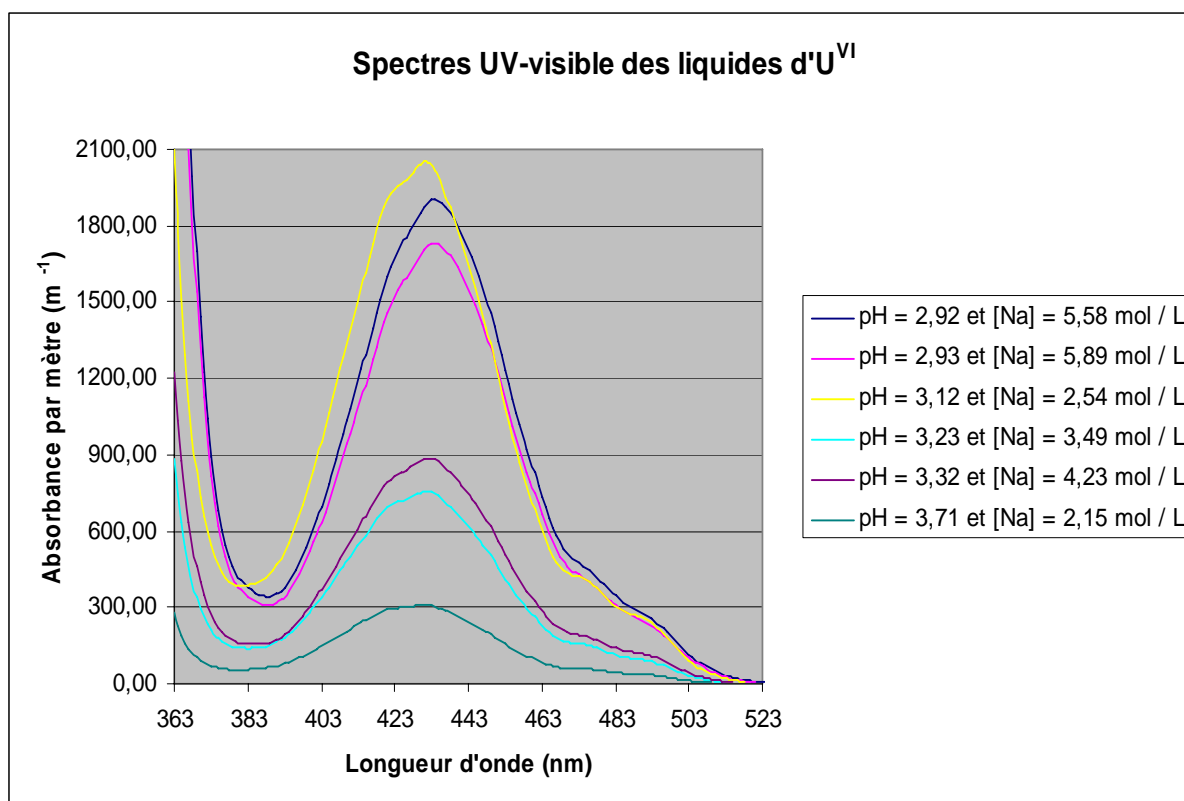


Figure 33 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)
(Bandes à 429 nm pour $[\text{Na}] < 5 \text{ M}$ et à 433nm pour $[\text{Na}] > 5 \text{ M}$)

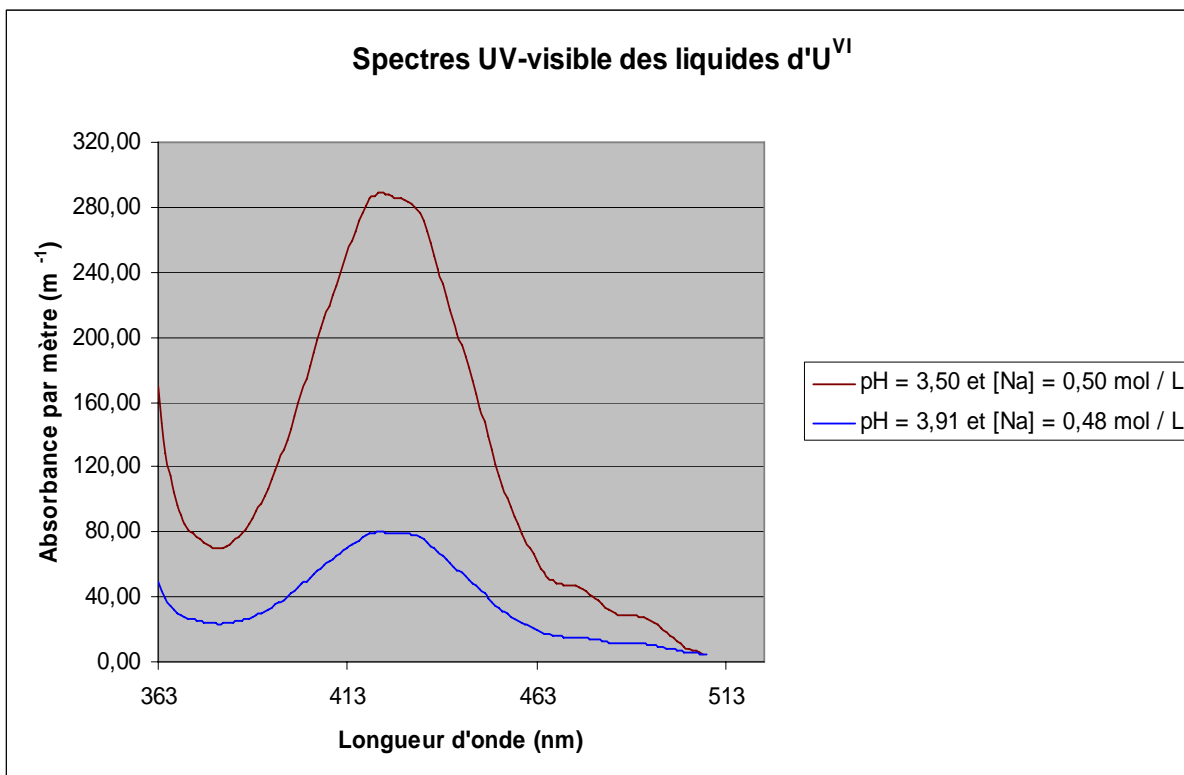


Figure 34 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2) (Bande à 421 nm)

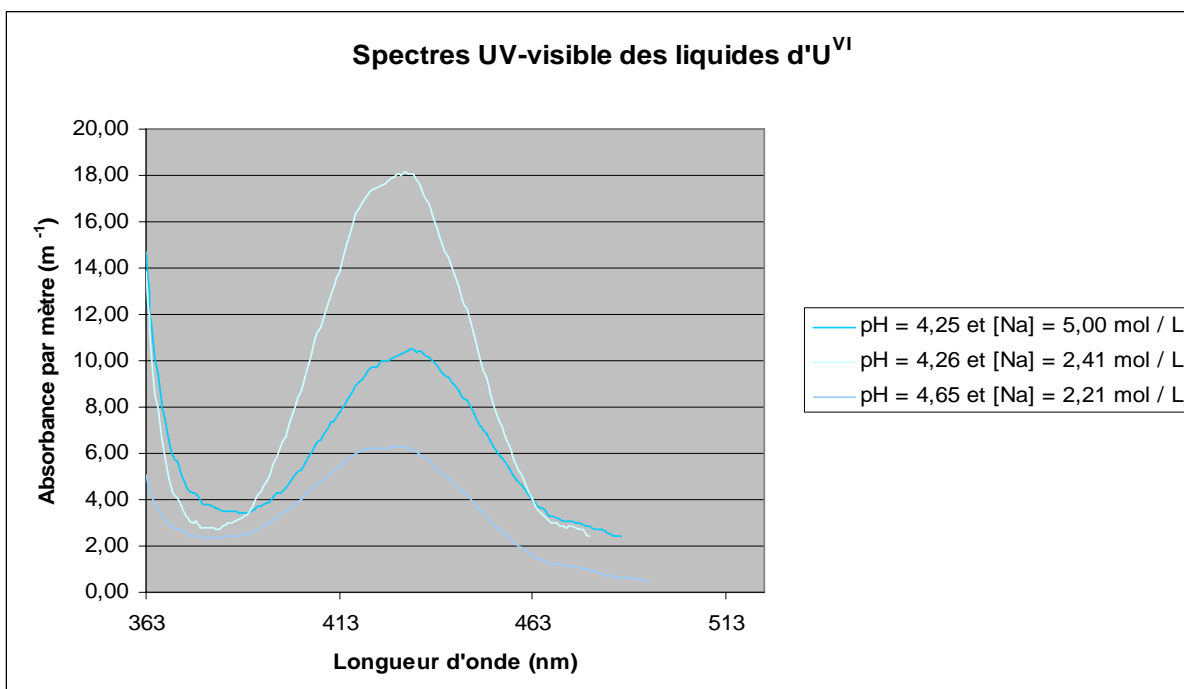


Figure 35 : Spectres UV-visible des échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)
(Bandes à 429 nm pour [Na] < 5 M et à 433nm pour [Na] > 5 M)

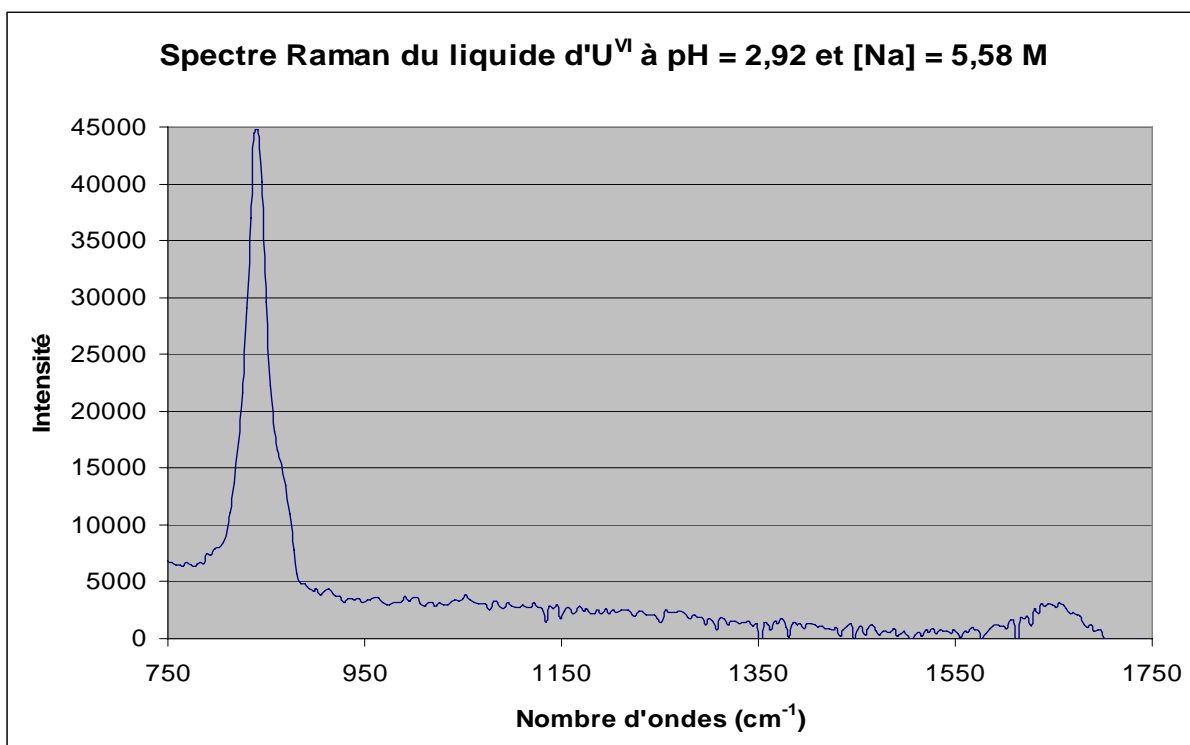


Figure 36 : Spectre Raman de l'échantillon liquide à pH = 2,92 et [Na] = 5,58 M
(pic à 838 cm⁻¹ et épaulement à 858 cm⁻¹)

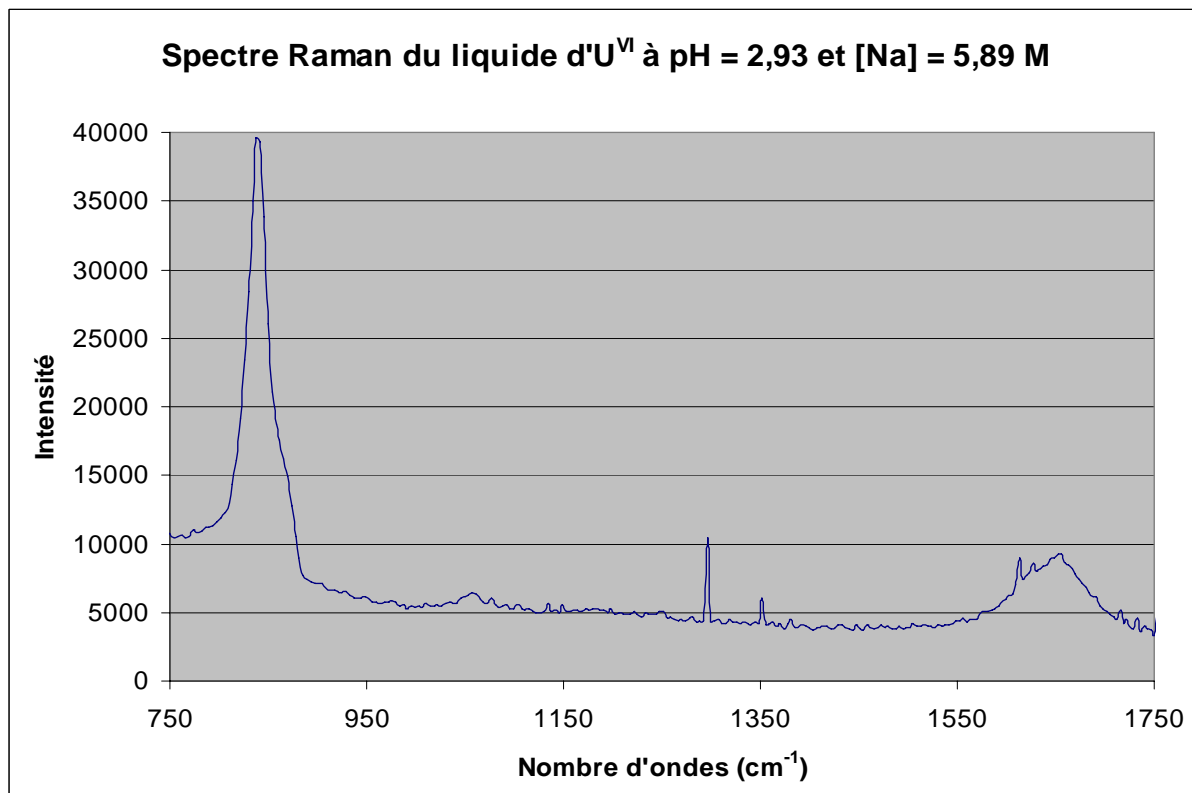


Figure 37 : Spectre Raman de l'échantillon liquide à pH = 2,93 et [Na] = 5,89 M
(pic à 838 cm⁻¹ et épaulement à 858 cm⁻¹)

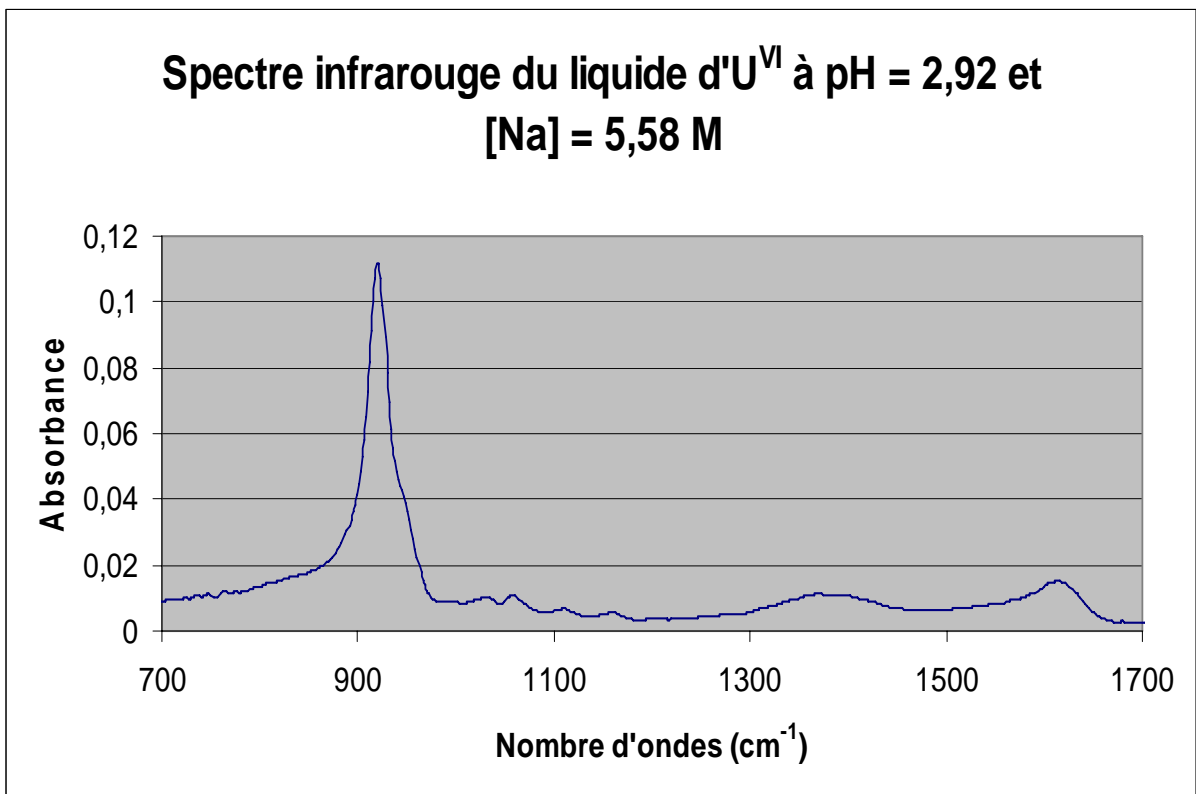


Figure 38 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 2,92 et [Na] = 5,58 M (pic à 920 cm^{-1})

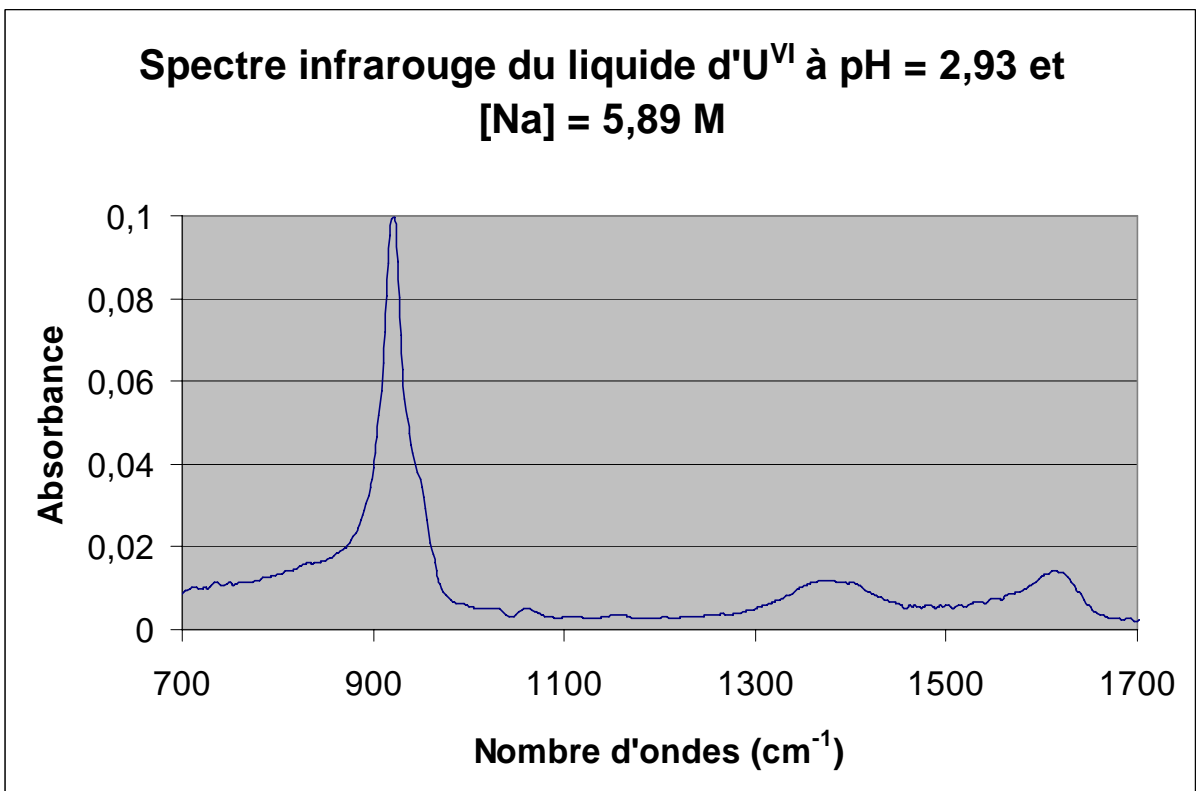


Figure 39 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 2,93 et [Na] = 5,89 M (pic à 920 cm^{-1})

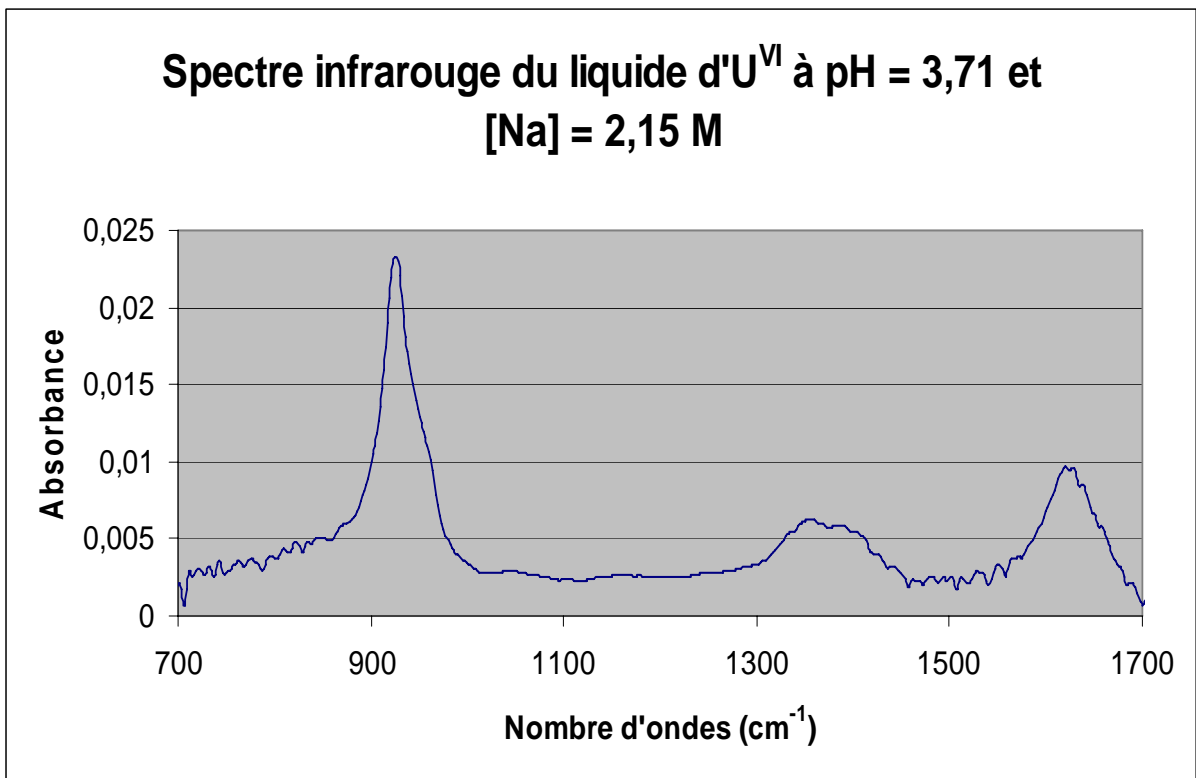


Figure 40 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 3,71 et [Na] = 2,15 M (pic à 923 cm⁻¹)

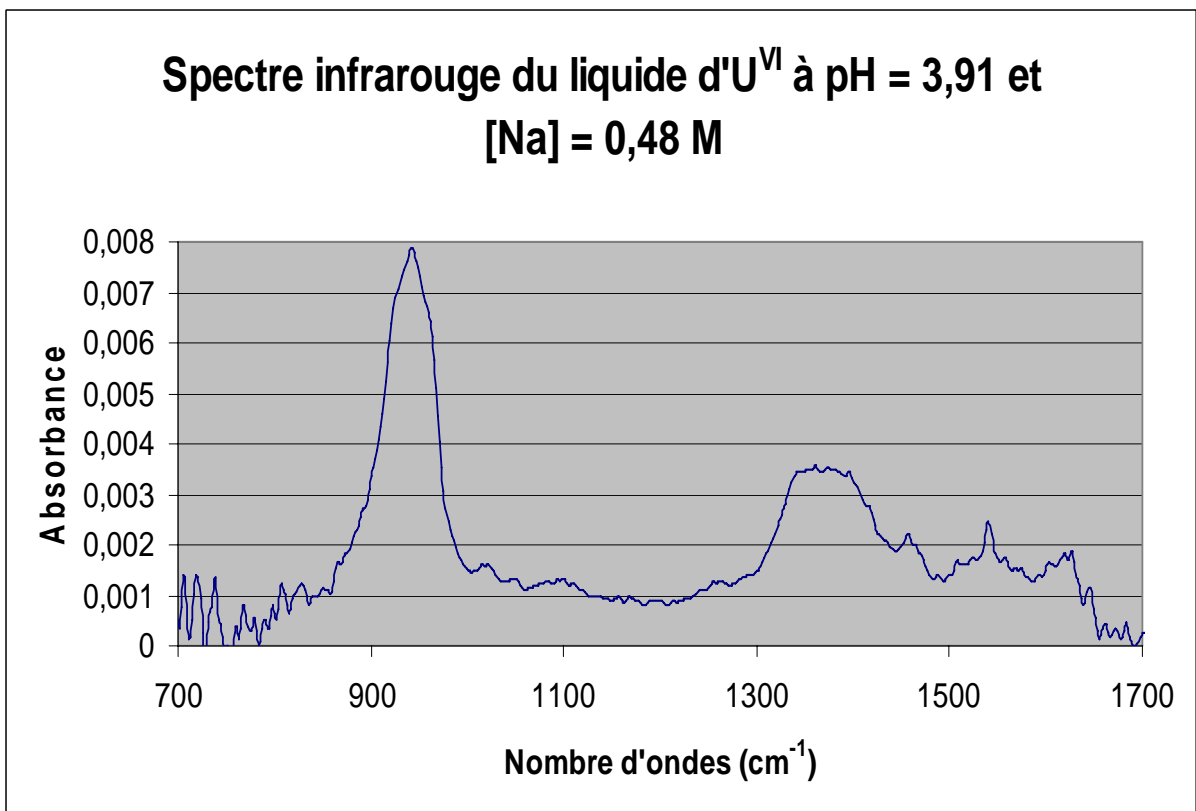


Figure 41 : Spectre infrarouge de l'échantillon liquide à pH = 3,91 et [Na] = 0,48 M
(pic à 941 cm⁻¹ et épaulements à 923 cm⁻¹ et 961 cm⁻¹)

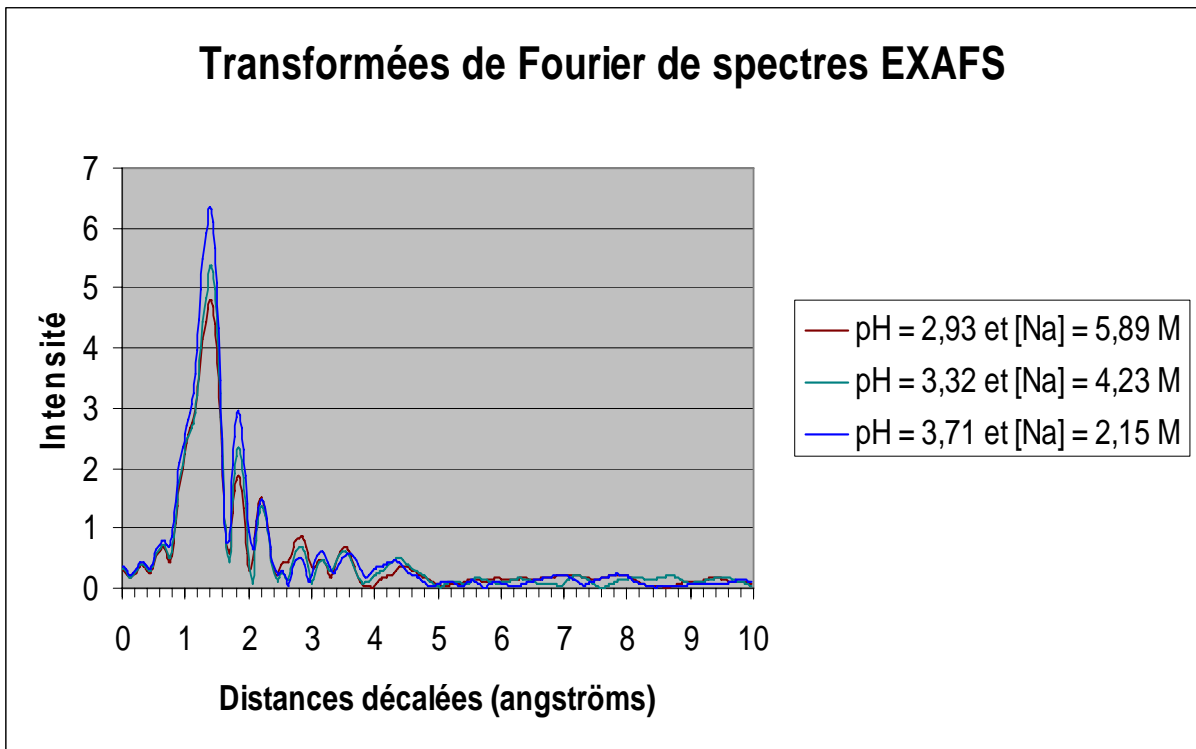


Figure 42 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)

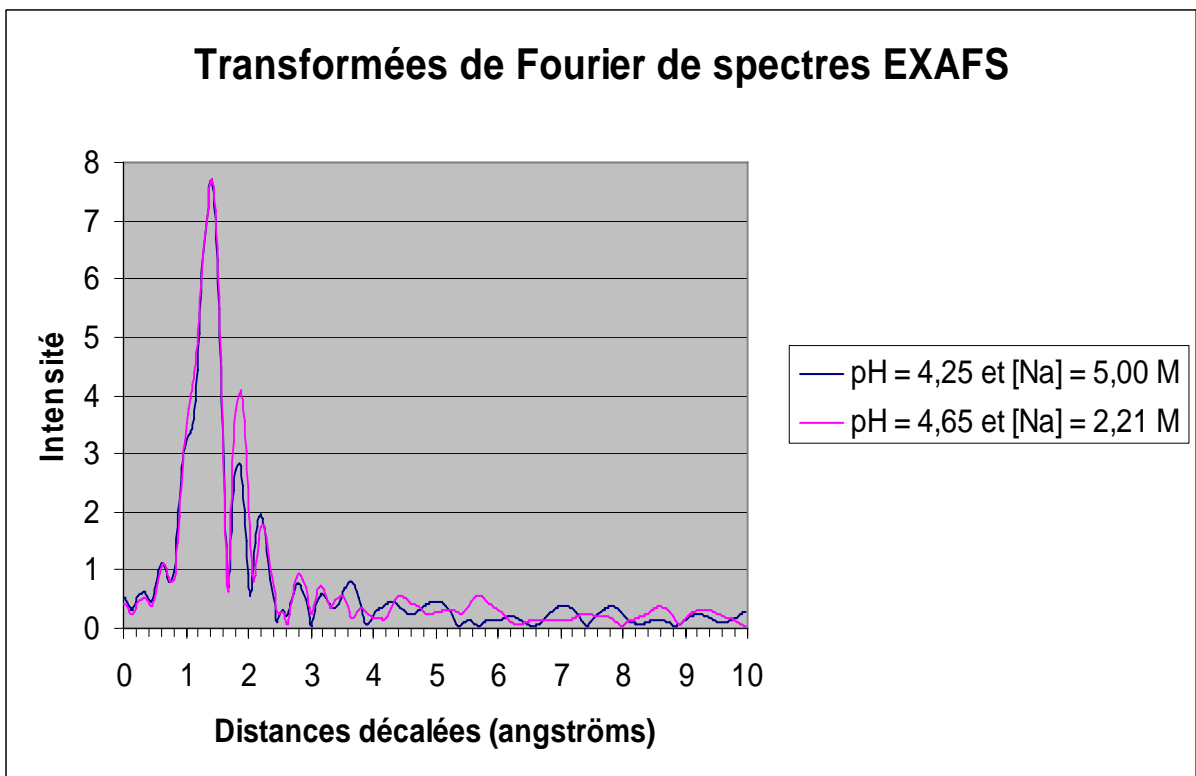


Figure 43 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)

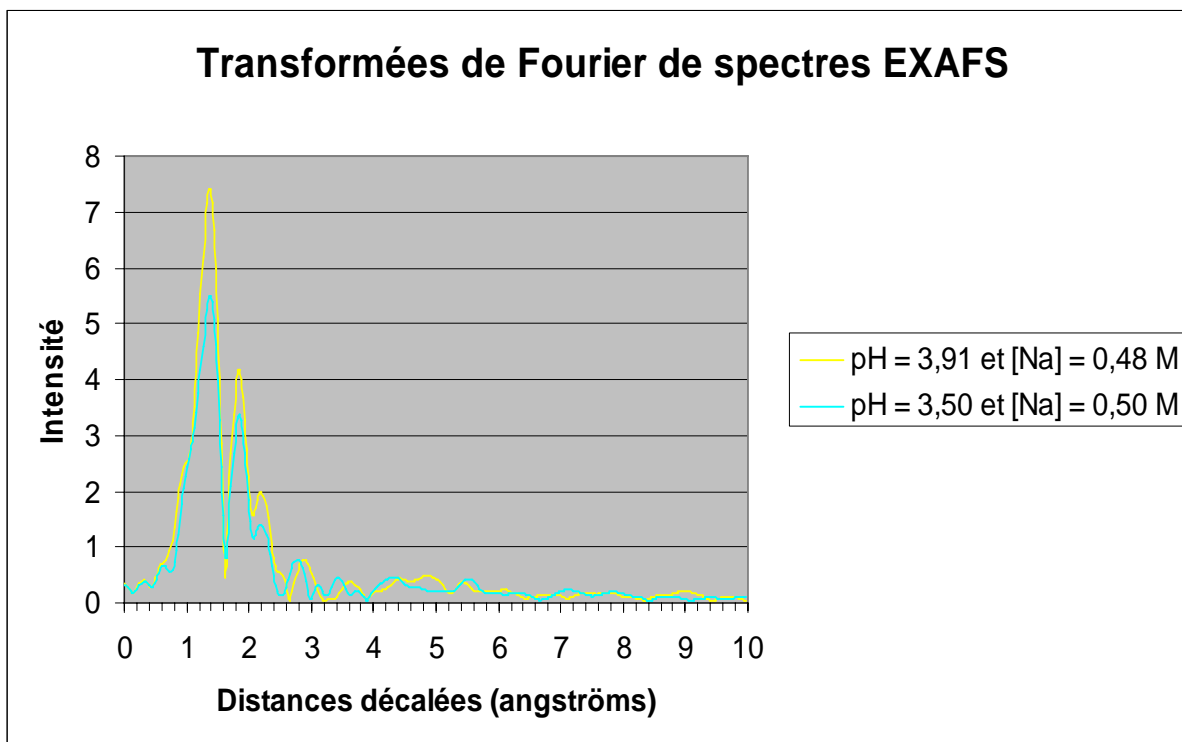


Figure 44 : Transformées de Fourier de spectres EXAFS sur les échantillons liquides dont les concentrations totales en uranium (VI) sont répertoriées dans le tableau (2)

| 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.

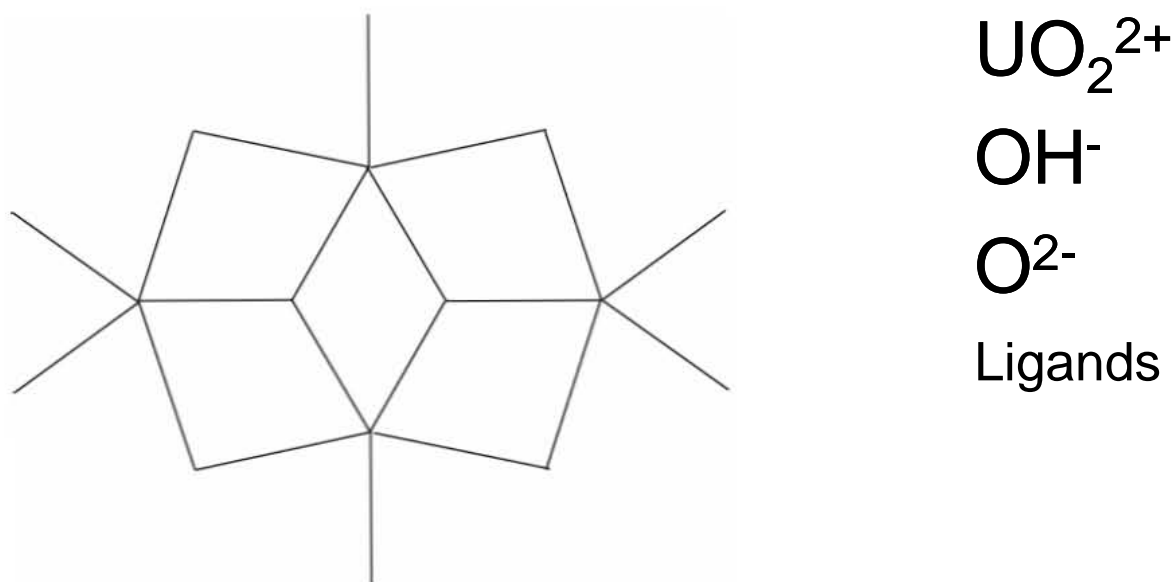


Figure 45 : Structure hypothétique des complexes quadriuranyles avec 5 liaisons par entité UO_2^{2+}

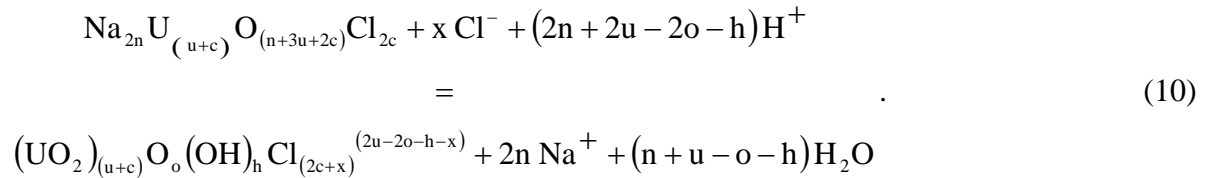
4.2) Etude de la courbe de solubilité de l'uranium (VI) extrapolée à l'eau pure

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).

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

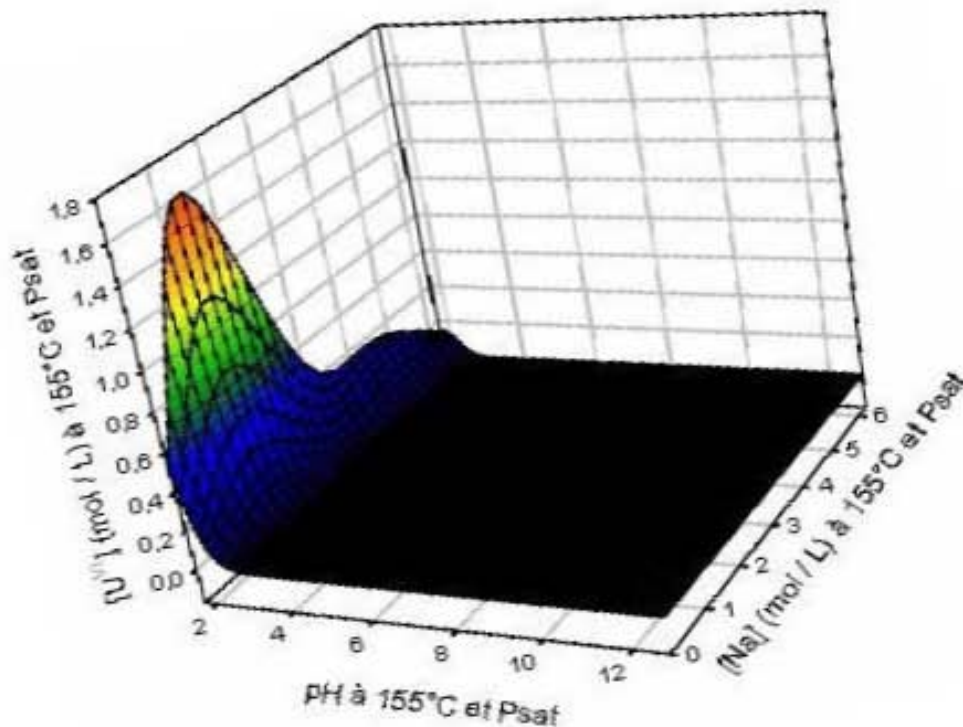


Figure 46 : Solubilité modélisée de l'uranium (VI) en fonction du pH et de [Na] à 155°C et Psat

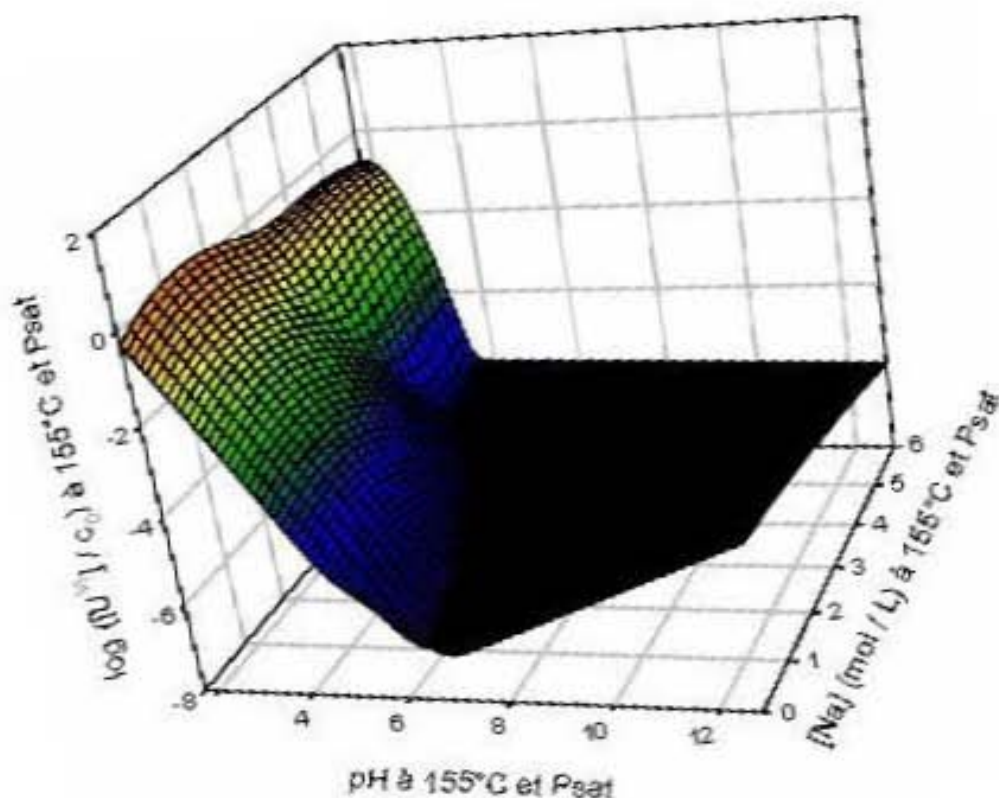


Figure 47 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH et de [Na] à 155°C et P_{sat}

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).

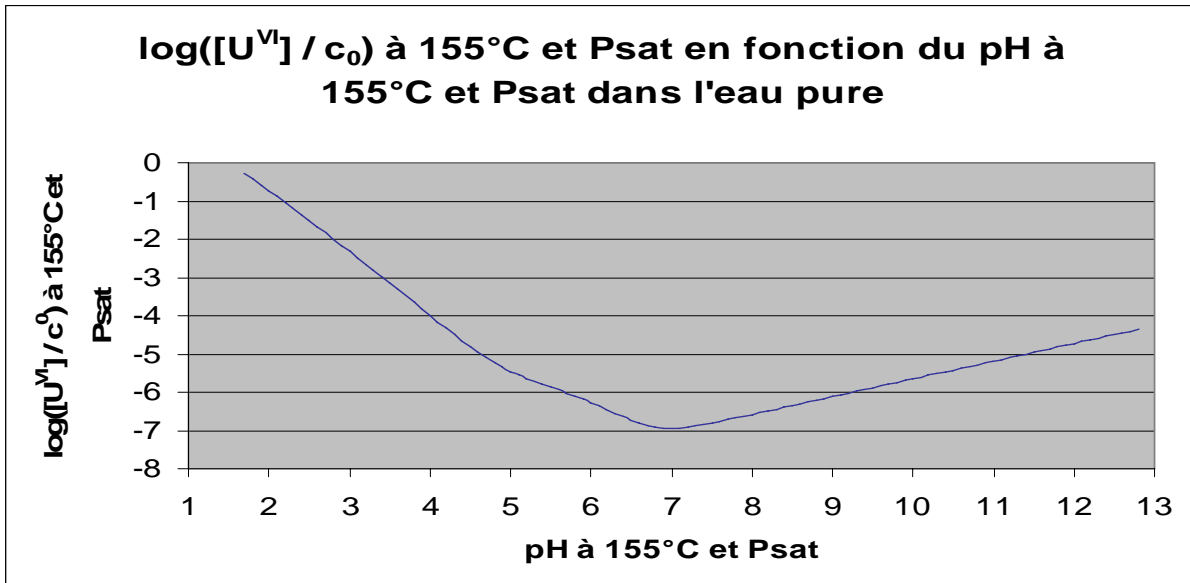
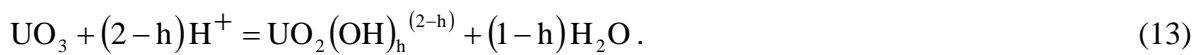
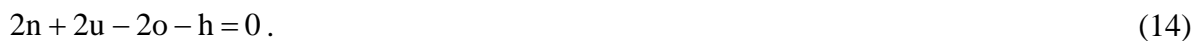


Figure 48 : Logarithme décimal du rapport entre la solubilité modélisée de l'uranium (VI) et la concentration molaire de référence en fonction du pH dans l'eau pure à 155°C et Psat



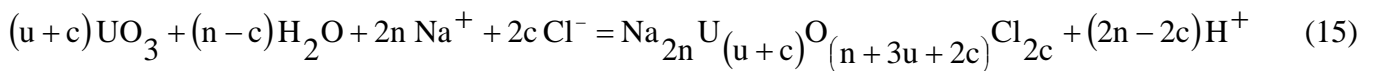
Sur la figure (47), nous observons également qu'aux alentours du minimum de solubilité de l'uranium (VI), ainsi qu'en milieu neutre et basique aux hautes teneurs en NaCl, la solubilité de l'uranium (VI) est quasiment indépendante du pH, ce qui implique que les équilibres entre les phases solides majoritaires 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

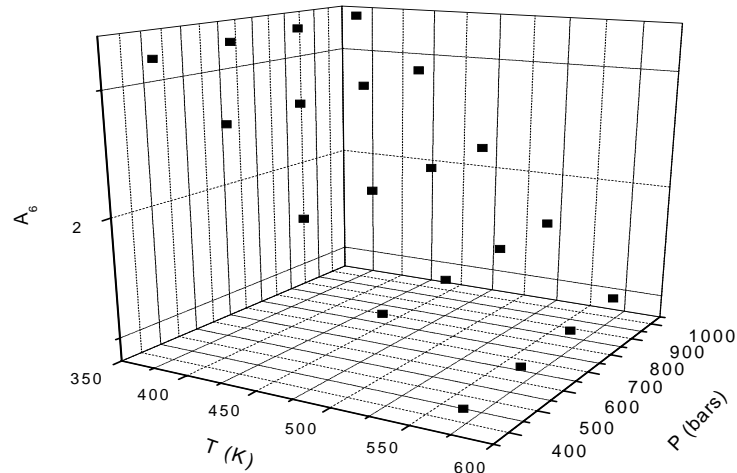


Figure F1 : Report des valeurs de A_6 fournies par Pitzer et Li en fonction de la température et de la pression

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

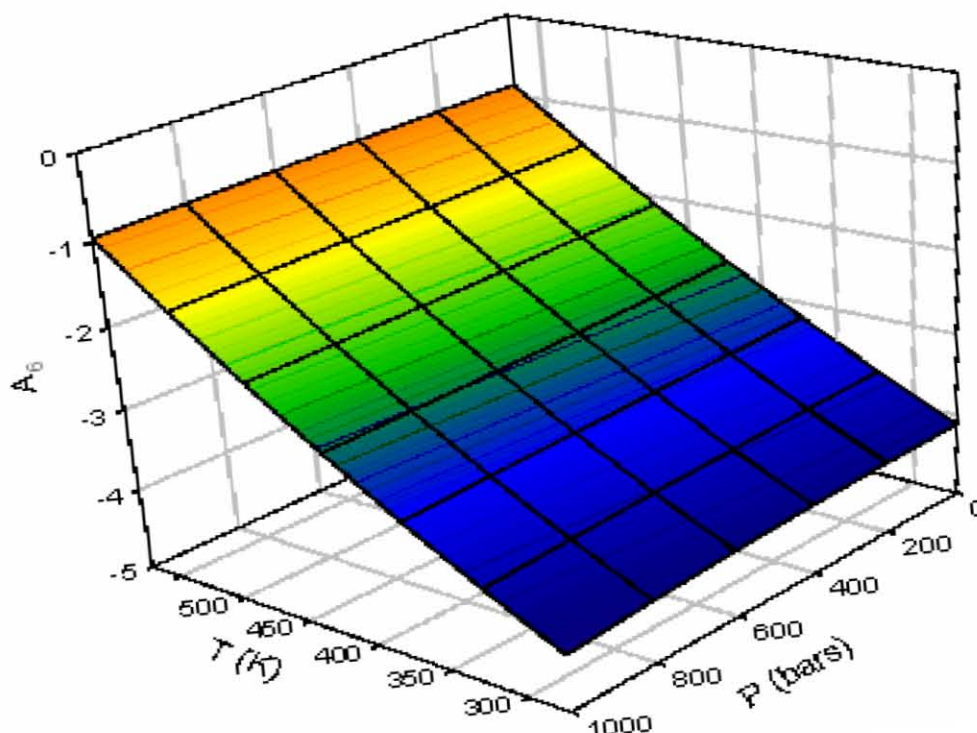


Figure F2 : Application de l'équation (44)

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 %.

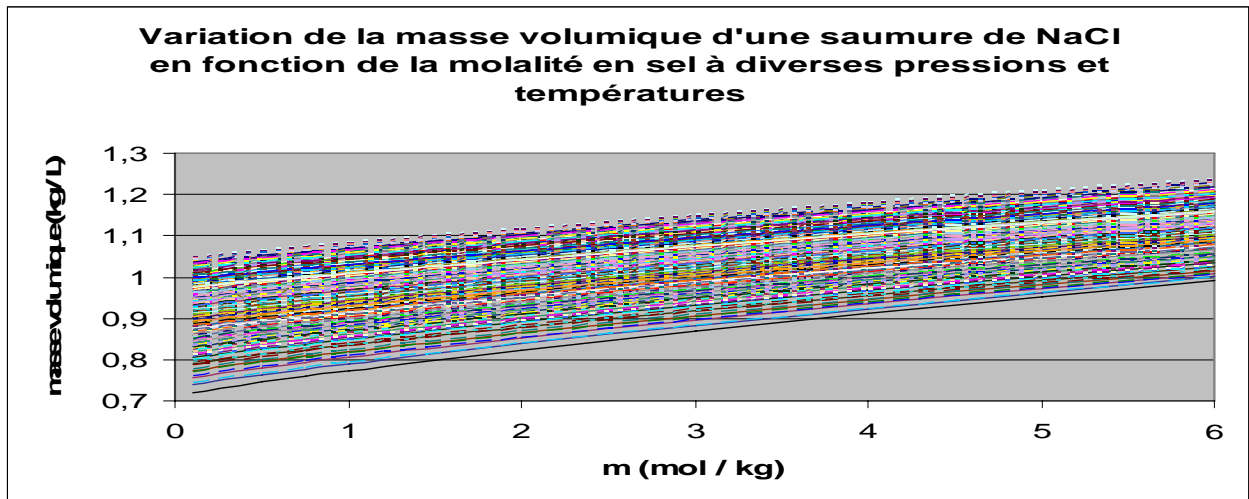


Figure F3 : Report des variations de la masse volumique d'une saumure de NaCl fournies par Rogers et Pitzer en fonction de la molalité en NaCl

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \rho = 9A_7 - 18A_8m + 54A_9m^2 \\
 A_7 = (7,0451 \cdot 10^{-11}T - 1,0061 \cdot 10^{-13}T^2 - 1,2555 \cdot 10^{-8})P^2 \\
 + (2,5830 \cdot 10^{-10}T^2 - 1,7997 \cdot 10^{-7}T + 3,5881 \cdot 10^{-5})P \\
 - 3,0623 \cdot 10^{-7}T^2 + 1,5203 \cdot 10^{-4}T + 9,2581 \cdot 10^{-2} \\
 A_8 = (8,7032 \cdot 10^{-12}T - 1,0025 \cdot 10^{-14}T^2 - 1,7616 \cdot 10^{-9})P^2 \\
 + (1,8217 \cdot 10^{-11}T^2 - 1,4800 \cdot 10^{-8}T + 3,0092 \cdot 10^{-6})P \\
 - 2,1239 \cdot 10^{-8}T^2 + 1,5355 \cdot 10^{-5}T - 4,8937 \cdot 10^{-3} \\
 A_9 = (1,1621 \cdot 10^{-13}T - 3,5517 \cdot 10^{-17}T^2 - 3,3819 \cdot 10^{-11})P^2 \\
 + (7,3659 \cdot 10^{-12}T - 1,3661 \cdot 10^{-13}T^2 + 1,4929 \cdot 10^{-8})P \\
 - 1,6386 \cdot 10^{-10}T^2 + 1,0690 \cdot 10^{-7}T - 3,7939 \cdot 10^{-5}
 \end{array} \right. \quad (M9) \text{ à } (M12)$$

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).

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

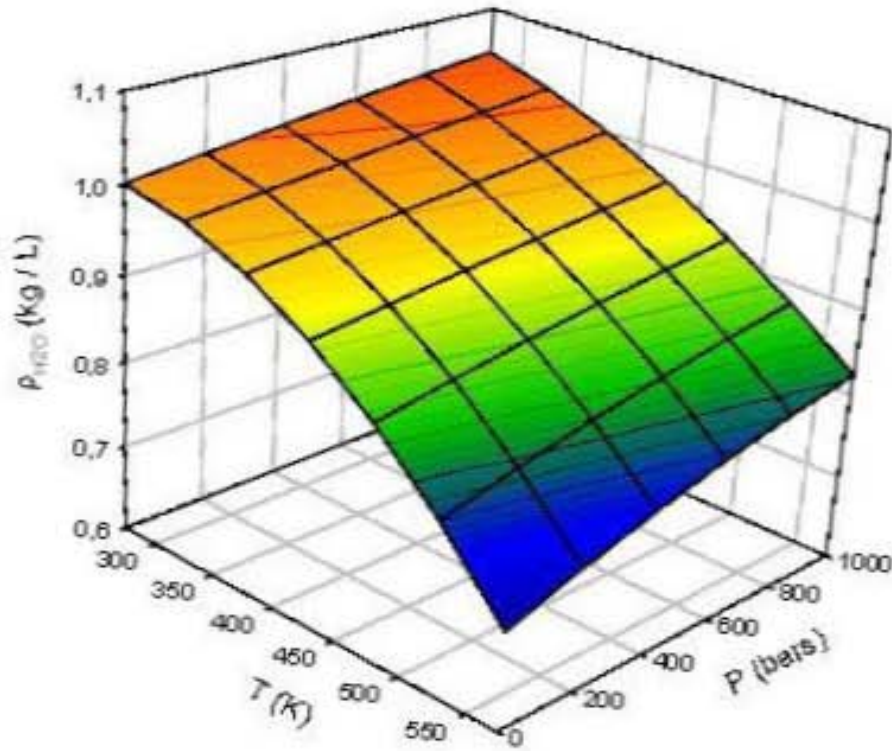


Figure 5 : Variation de la masse volumique de l'eau pure en fonction de la température et de la pression

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).

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

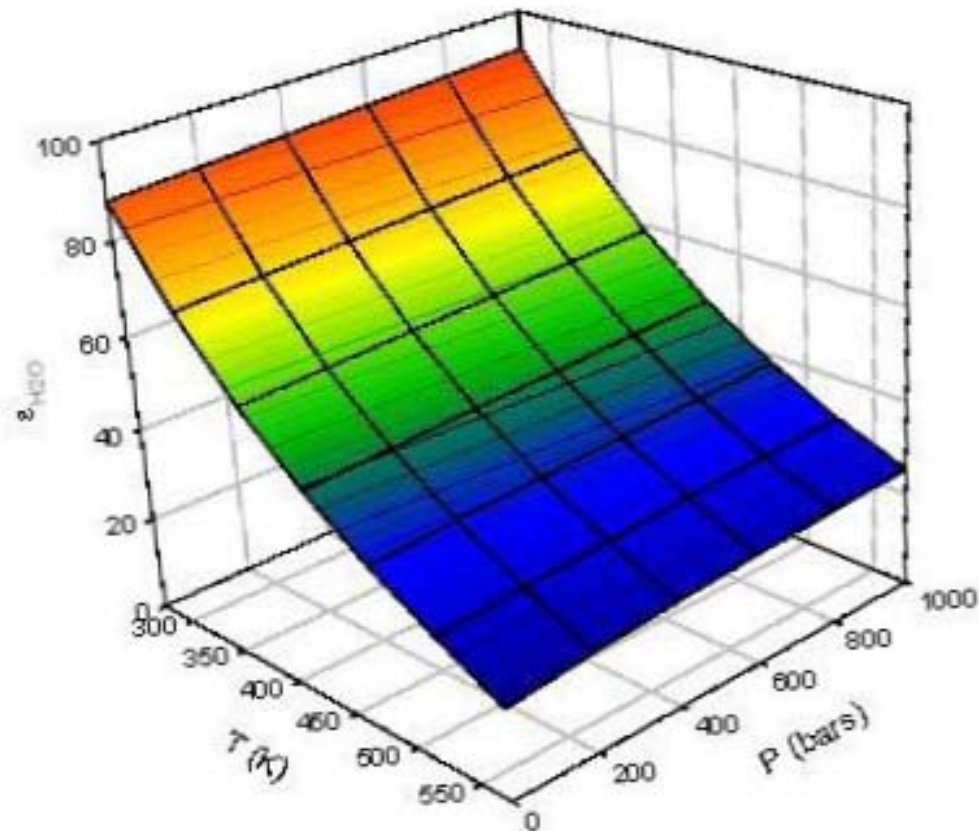


Figure F5 : Variation de la permittivité électrique relative de l'eau pure fournie par Bradley et Pitzer en fonction de la température et de la pression

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).

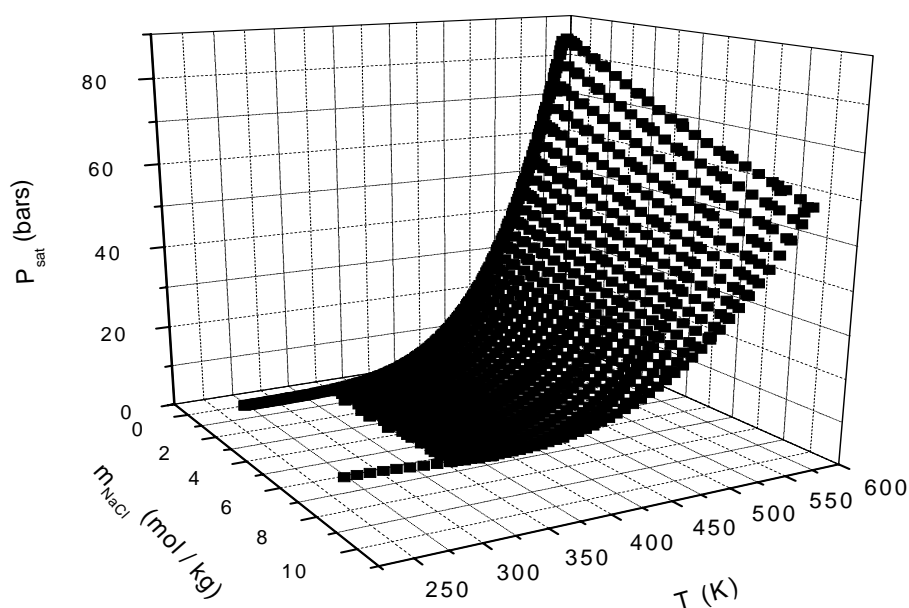


Figure F6 : Valeurs de la pression de vapeur saturante au-dessus d'une saumure aqueuse de NaCl référencées par Atkinson en fonction de la température et de la molalité en NaCl

| 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 %.

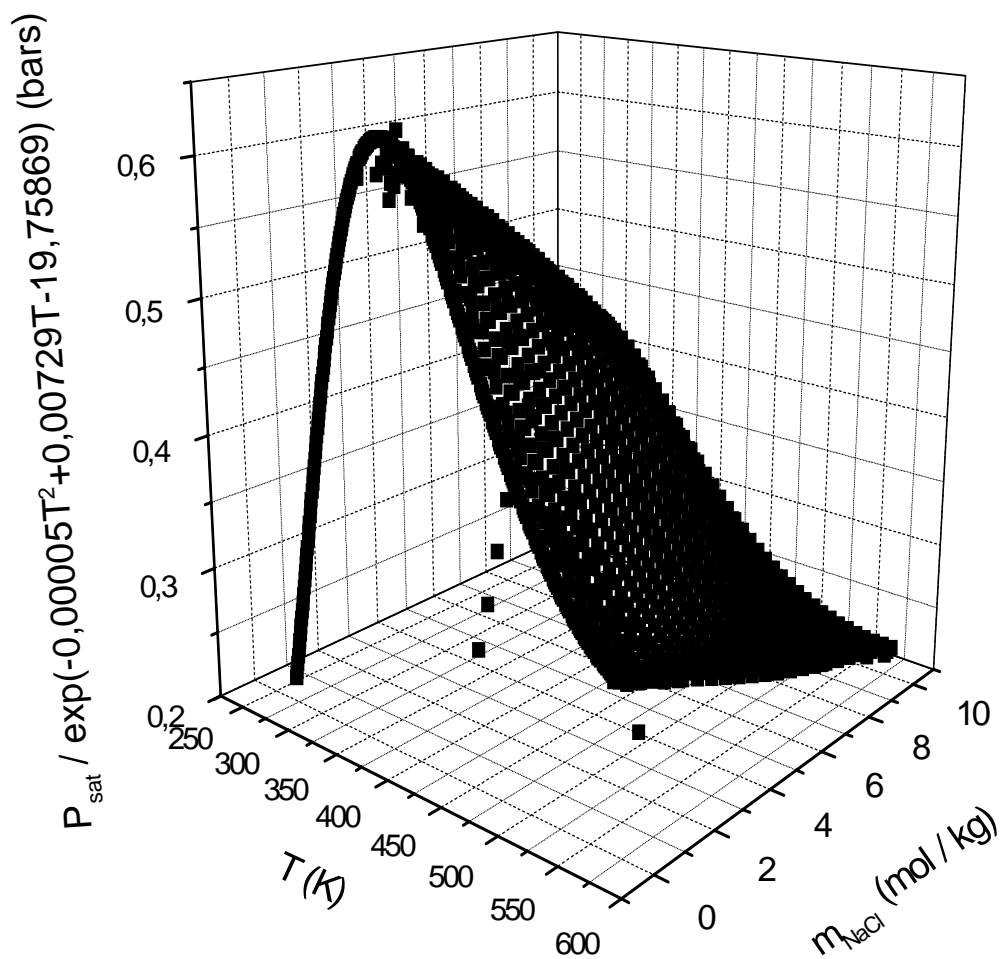


Figure F7 : Représentation de la pression de vapeur saturante réduite par rapport à sa variation exponentielle en fonction de la température au-dessus d'une saumure aqueuse de NaCl en fonction de la température et la molalité en NaCl

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

(M21) à (M24)

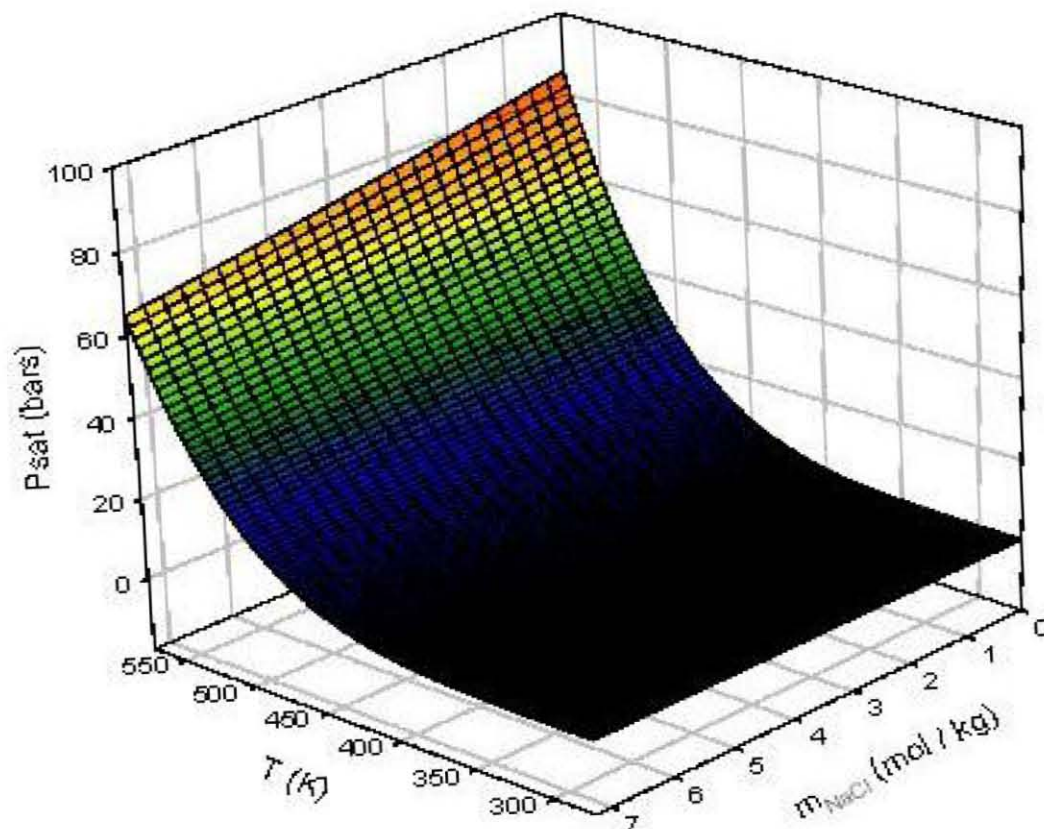


Figure F8 : Application de l'équation (M21)

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, $\gamma_{\text{Na}^+} \approx \gamma_{\text{Cl}^-}$. Nous supposons donc que $\gamma_{\text{NaCl}} = \gamma_{\text{NaOH}} = \gamma_{\text{HCl}} = 1$ et $\gamma_{\text{Na}^+} = \gamma_{\text{Cl}^-} = \gamma_{\text{Na}^+} \gamma_{\text{Cl}^-}$. L'équation (17.35) de (AND93) nous permet enfin de calculer, après remplacement de la force ionique molale par $\frac{[\text{Na}]}{\rho - M_{\text{NaCl}}[\text{Na}]}$ et en considérant que le coefficient d'activité moyen observé pour le chlorure de sodium est donné par $\gamma_{\text{Na}^+} \gamma_{\text{Cl}^-}$, 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

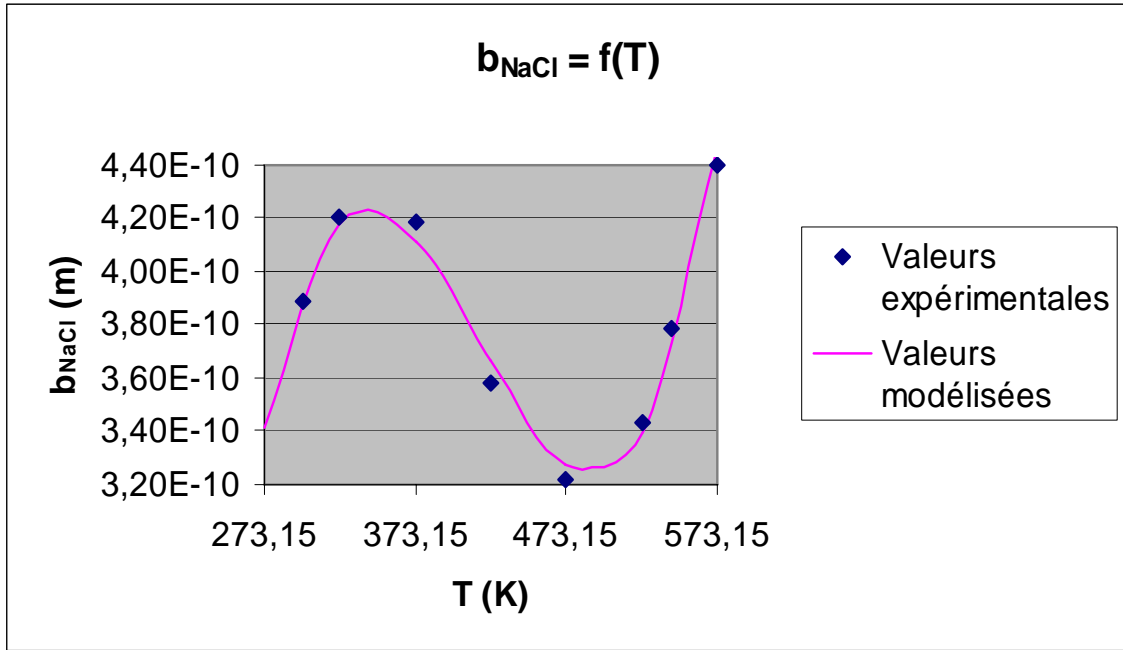


Figure F9 : Valeurs expérimentales et modélisées de b_{NaCl} en fonction de la température

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

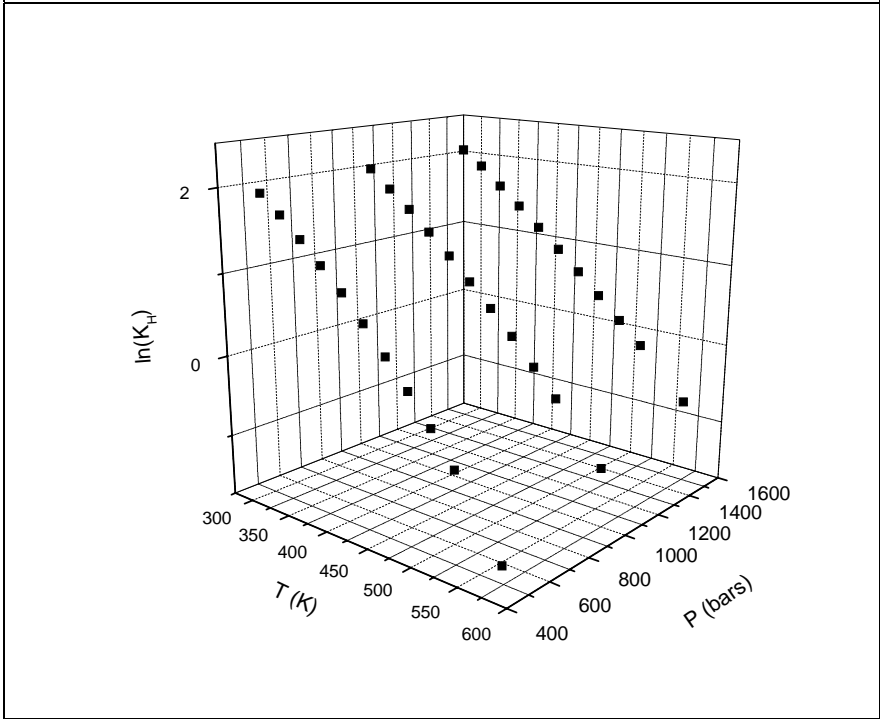
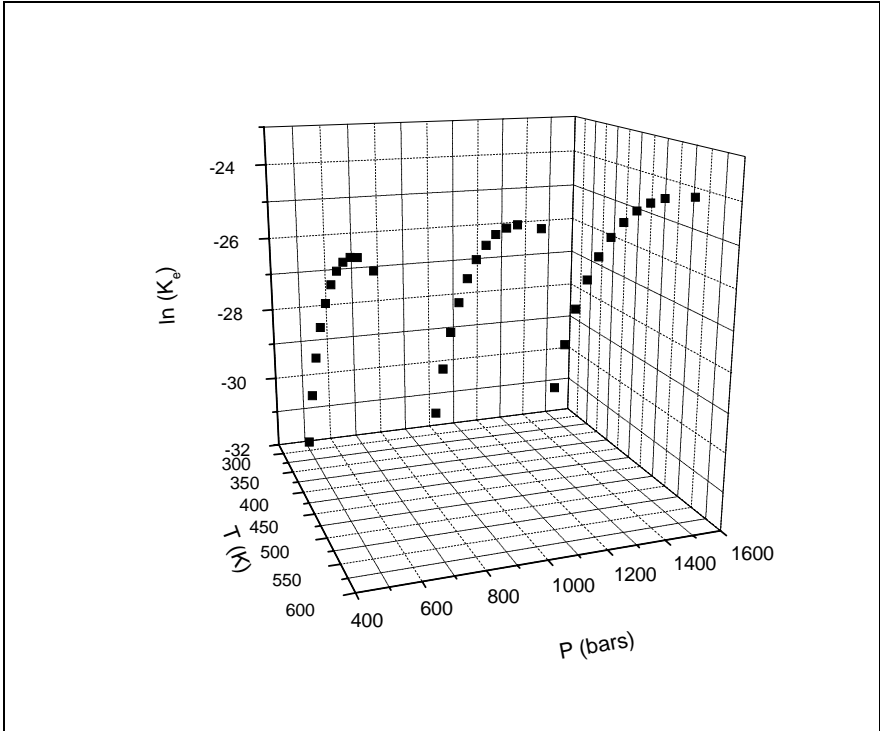
Si nous considérons maintenant qu'il existe également des complexes neutres minoritaires NaCl, NaOH, et HCl, dans les saumures aqueuses de NaCl, nous pouvons déterminer leurs activités en fonction de la température et de la pression, à partir des valeurs des constantes d'équilibre K_e , K_H , K_B , et 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

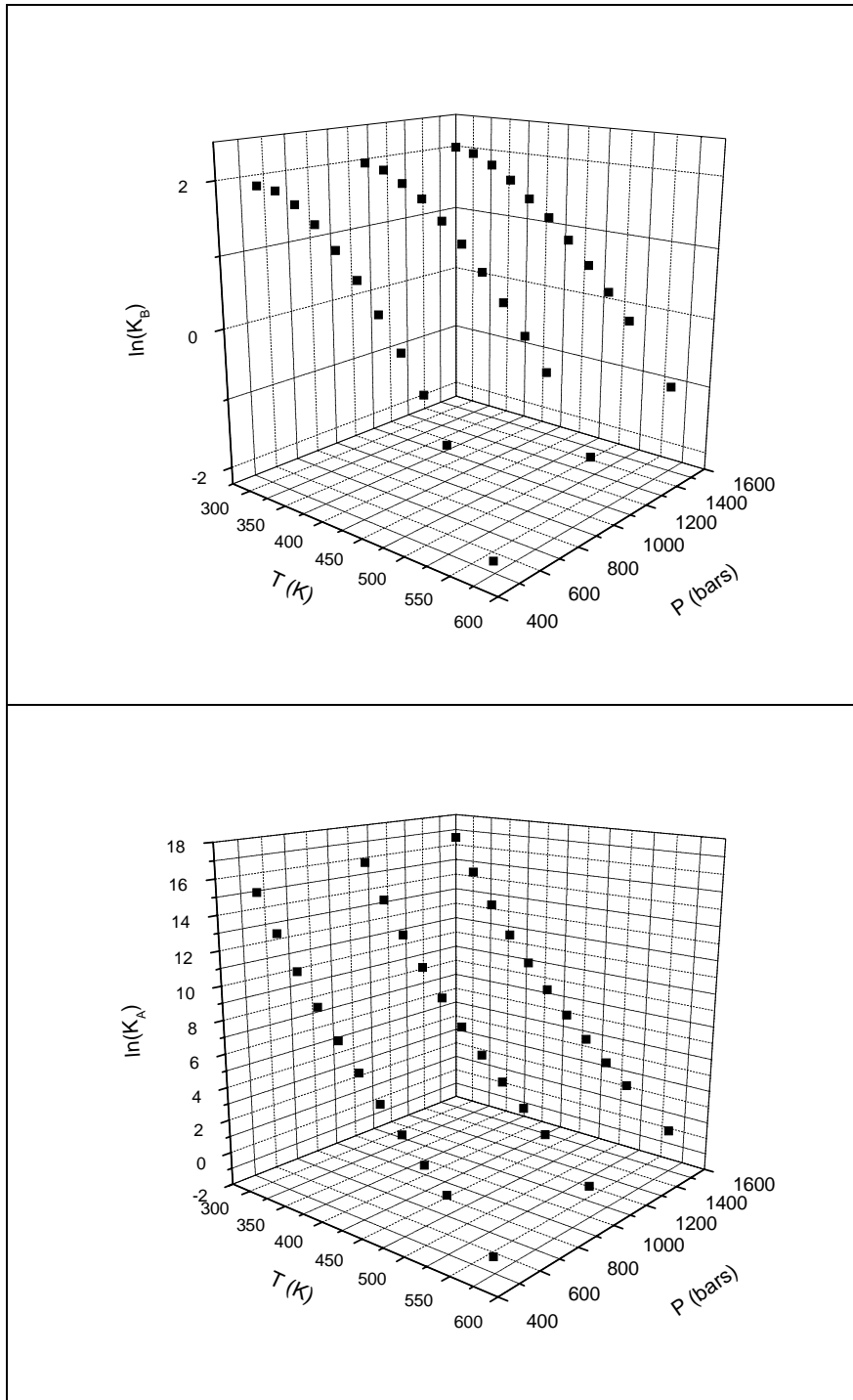
programme PolynomialEquation. En effet, après le traçage des valeurs des quatre constantes d'équilibre K_e , K_H , K_B , et K_A sur les figures respectives (F10), (F11), (F12), et (F13), nous déduisons que la variation de ces constantes d'équilibre est de degré 2 en pression. La variation en température 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).



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

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

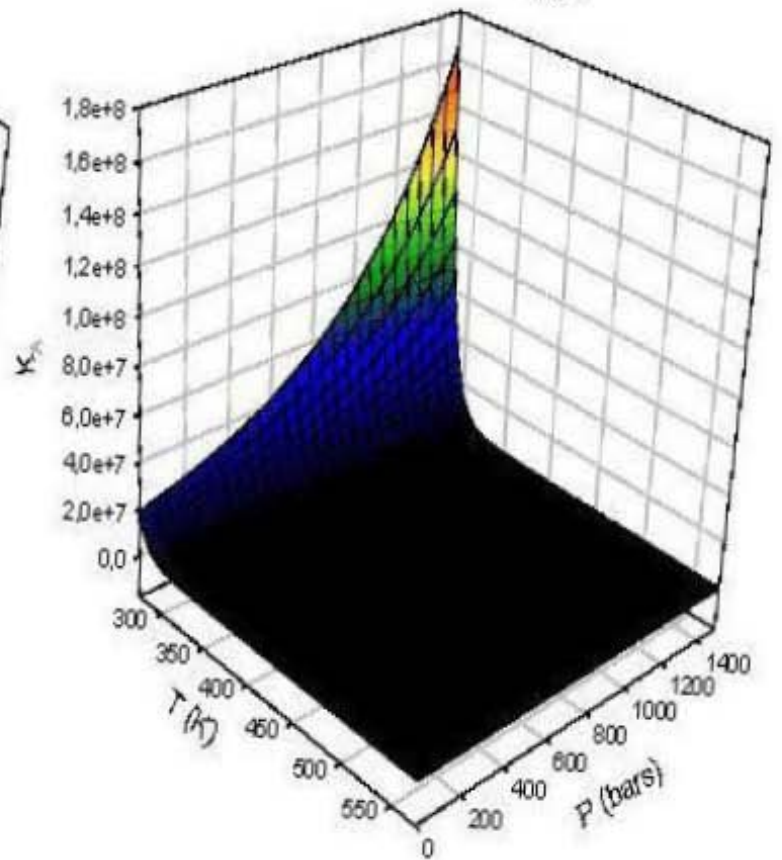
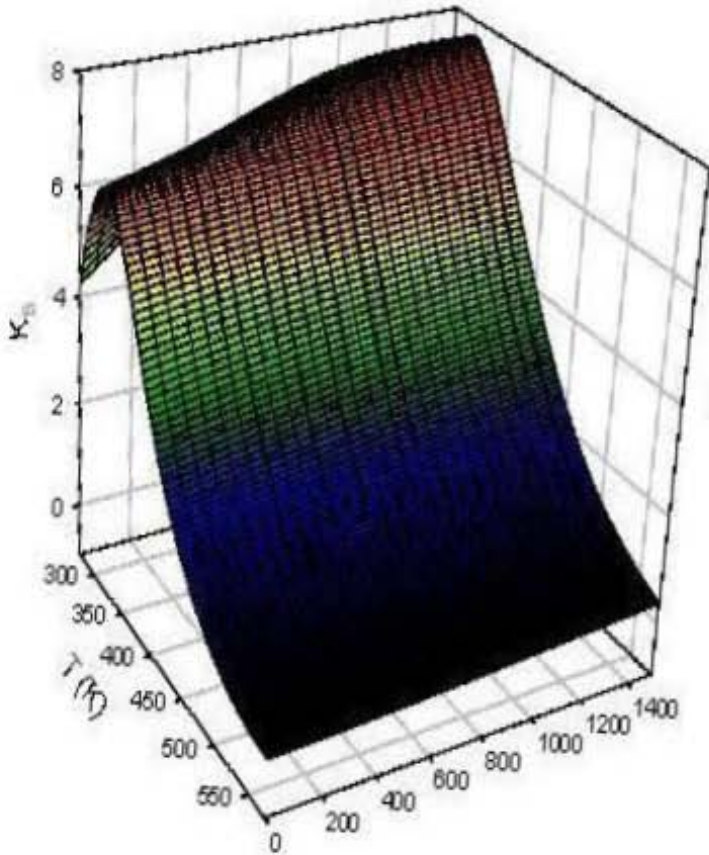
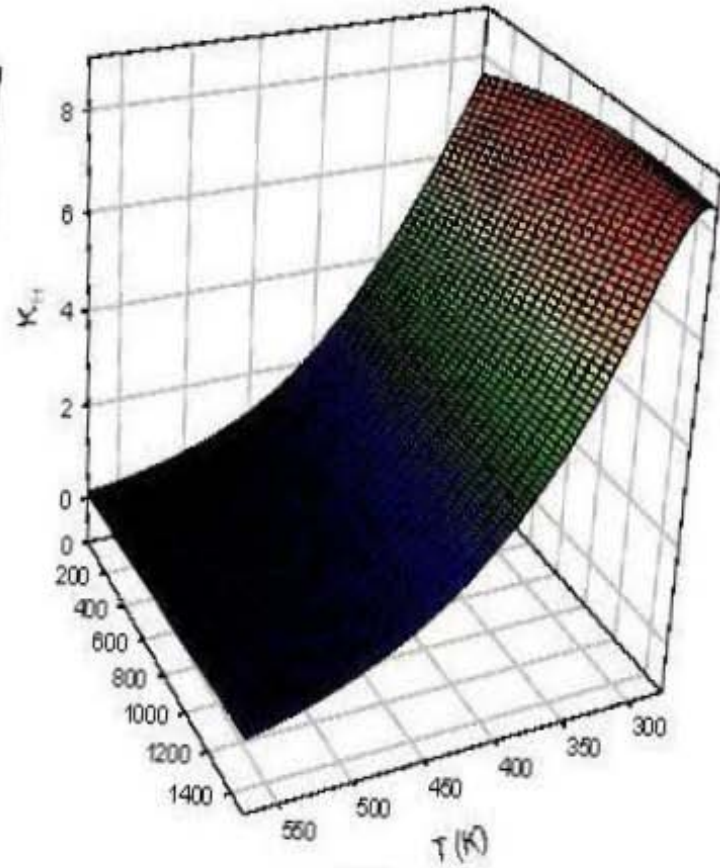
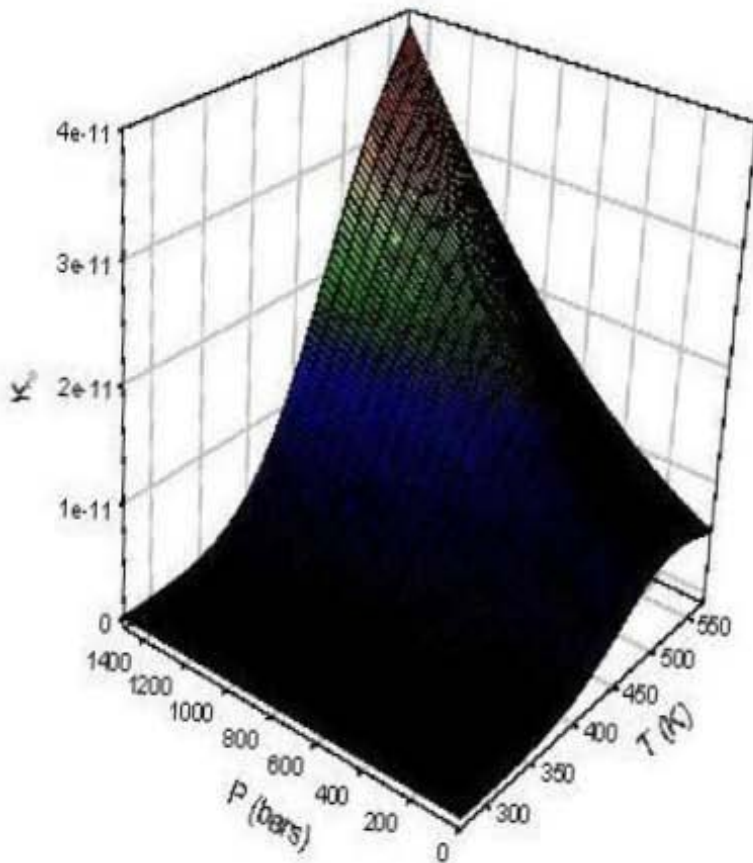




Figures F10 à F13 : Valeurs des logarithmes népériens des constantes d'équilibre respectives K_e , K_H , K_B , et K_A .

$$\left\{ \begin{aligned}
K_e &= \exp(-3,5487*10^{-17}T^7 + 1,0211*10^{-13}T^6 - 1,1572*10^{-10}T^5 + 6,4398*10^{-8}T^4 - 1,6026*10^{-5}T^3 \\
&+ 5,0219*10^{-5}T^2 + 0,84752T - 160,33 + (1,7797*10^{-17}T^6 - 6,0108*10^{-14}T^5 + 7,9655*10^{-11}T^4 \\
&- 5,4105*10^{-8}T^3 + 2,0018*10^{-5}T^2 - 3,8463*10^{-3}T + 0,30175)P + (7,0147*10^{-18}T^5 \\
&- 1,5430*10^{-14}T^4 + 1,3396*10^{-11}T^3 - 5,7430*10^{-9}T^2 + 1,2163*10^{-6}T - 1,0187*10^{-4})P^2) \\
K_H &= \exp(1,7735*10^{-16}T^7 - 5,0888*10^{-13}T^6 + 6,1632*10^{-10}T^5 - 4,0856*10^{-7}T^4 + 1,6015*10^{-4}T^3 \\
&- 3,7715*10^{-2}T^2 + 4,7218T - 250,98 + (-2,7902*10^{-17}T^6 + 7,4939*10^{-14}T^5 - 8,1792*10^{-11}T^4 \\
&+ 4,6517*10^{-8}T^3 - 1,4546*10^{-5}T^2 + 2,3729*10^{-3}T - 0,15772)P + (-5,2819*10^{-19}T^5 \\
&+ 5,5625*10^{-16}T^4 + 9,7949*10^{-16}T^3 - 1,9241*10^{-10}T^2 + 7,7730*10^{-8}T - 9,2710*10^{-6})P^2) \\
K_B &= \exp(4,9405*10^{-17}T^7 - 1,1400*10^{-13}T^6 + 1,0810*10^{-10}T^5 - 5,5957*10^{-8}T^4 + 1,8361*10^{-5}T^3 \\
&- 4,3812*10^{-3}T^2 + 0,75328T - 62,755 + (-3,9794*10^{-17}T^6 + 8,7556*10^{-14}T^5 - 7,5031*10^{-11}T^4 \\
&+ 3,0847*10^{-8}T^3 - 5,7540*10^{-6}T^2 + 2,4669*10^{-4}T + 3,5297*10^{-2})P + (7,6177*10^{-18}T^5 \\
&- 1,7100*10^{-14}T^4 + 1,5133*10^{-11}T^3 - 6,6060*10^{-9}T^2 + 1,4228*10^{-6}T - 1,2097*10^{-4})P^2) \\
K_A &= \exp(2,8754*10^{-16}T^7 - 8,5587*10^{-13}T^6 + 1,0802*10^{-9}T^5 - 7,4890*10^{-7}T^4 + 3,0757*10^{-4}T^3 \\
&- 7,4562*10^{-2}T^2 + 9,7487T - 501,96 + (-1,6315*10^{-17}T^6 + 4,7709*10^{-14}T^5 - 5,6884*10^{-11}T^4 \\
&+ 3,5623*10^{-8}T^3 - 1,2394*10^{-5}T^2 + 2,2736*10^{-3}T - 0,17021)P + (-2,5441*10^{-18}T^5 \\
&+ 5,4466*10^{-15}T^4 - 4,6756*10^{-12}T^3 + 2,0090*10^{-9}T^2 - 4,3194*10^{-7}T + 3,7075*10^{-5})P^2)
\end{aligned} \right.$$

(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).

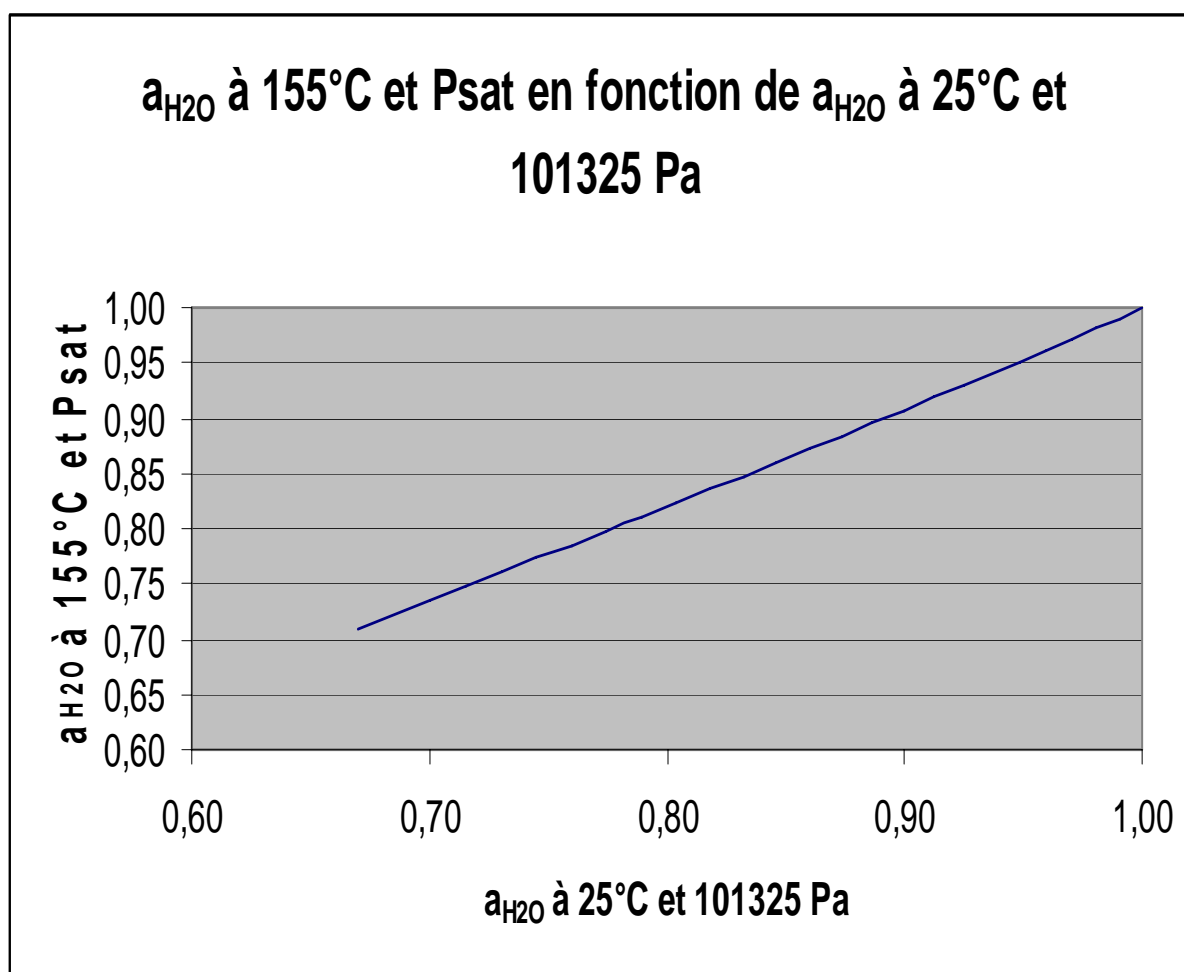


Figure F18 : Activité de l'eau à 155°C et Psat

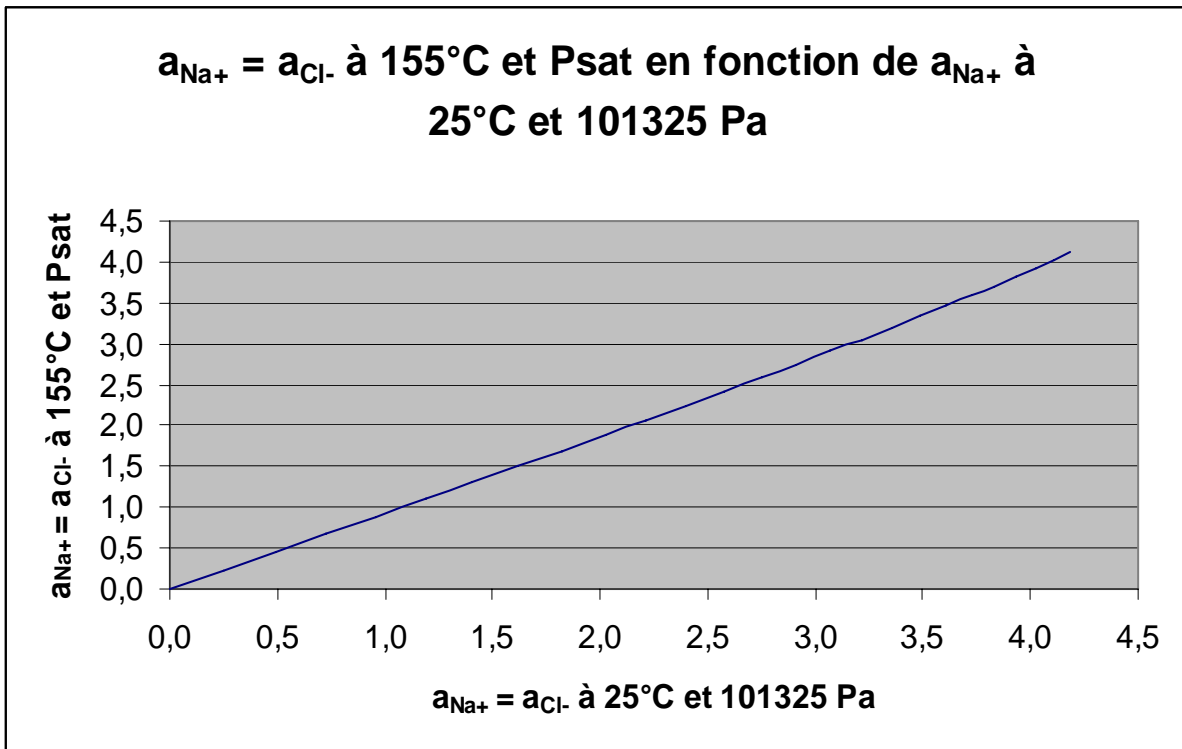


Figure F19 : Activité des ions Na^+ et Cl^- à 155°C et Psat

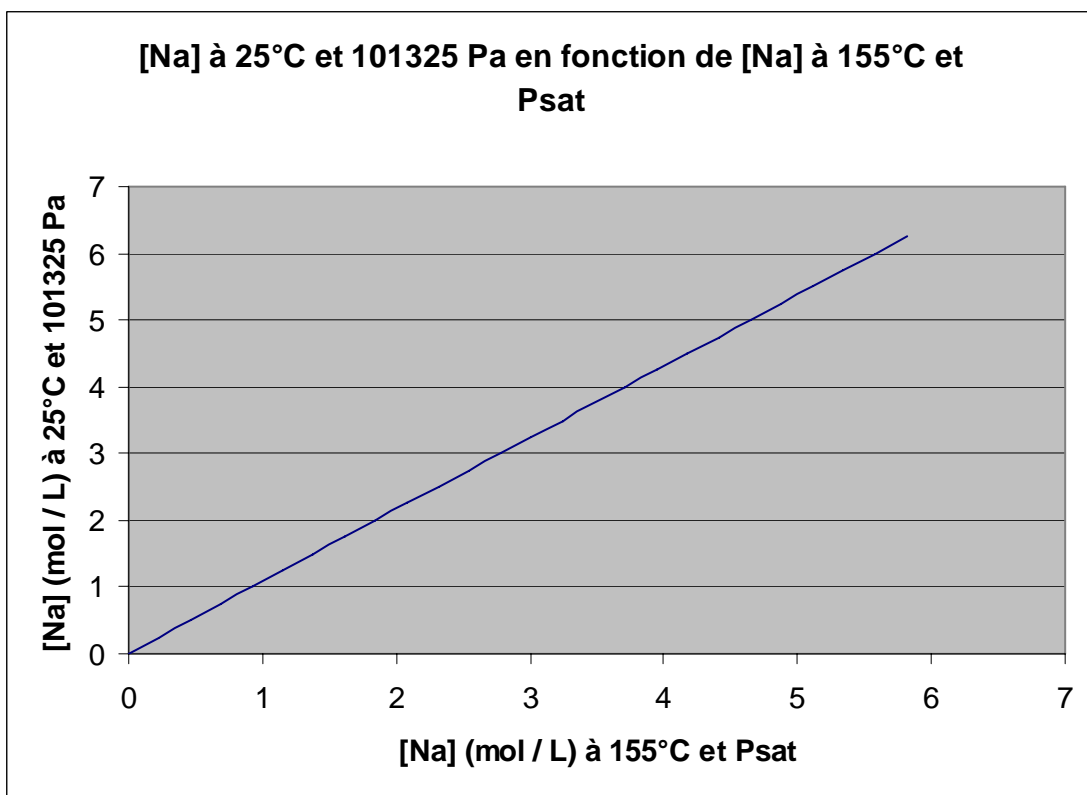


Figure F20 : Concentration en sodium à 25°C et 101325 Pa en fonction de la concentration en sodium à 155°C et Psat

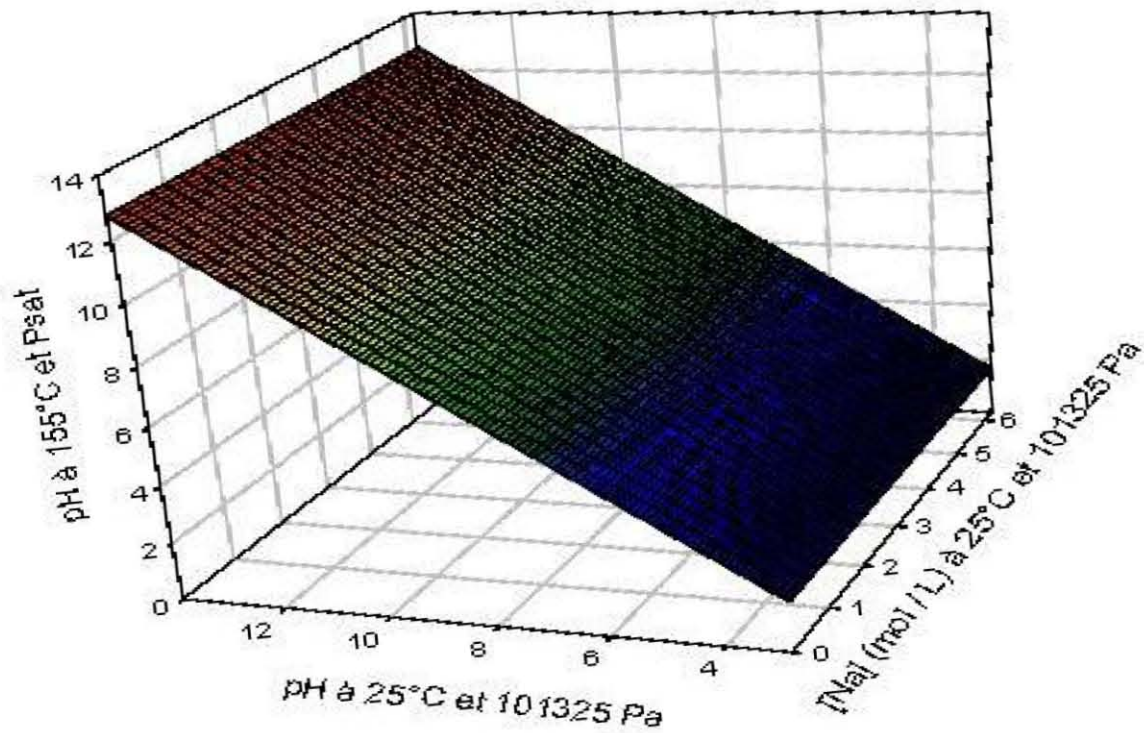


Figure F20 : Valeurs du pH à 155°C et pression de vapeur saturante en fonction des valeurs du pH et de [Na] mesurées à 25°C et 101325 Pa

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

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;
            }
        }
    }
}

```



```

    }
    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.getVerticalScrollBar().setValue(0);
O.getVerticalScrollBar().setBlockIncrement(A[2]);
O.getVerticalScrollBar().setUnitIncrement(A[2]);
O.getHorizontalScrollBar().setValue(0);
O.getHorizontalScrollBar().setBlockIncrement(A[0]);
O.getHorizontalScrollBar().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(DataFla
vor.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;
        addChangeListener(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 |

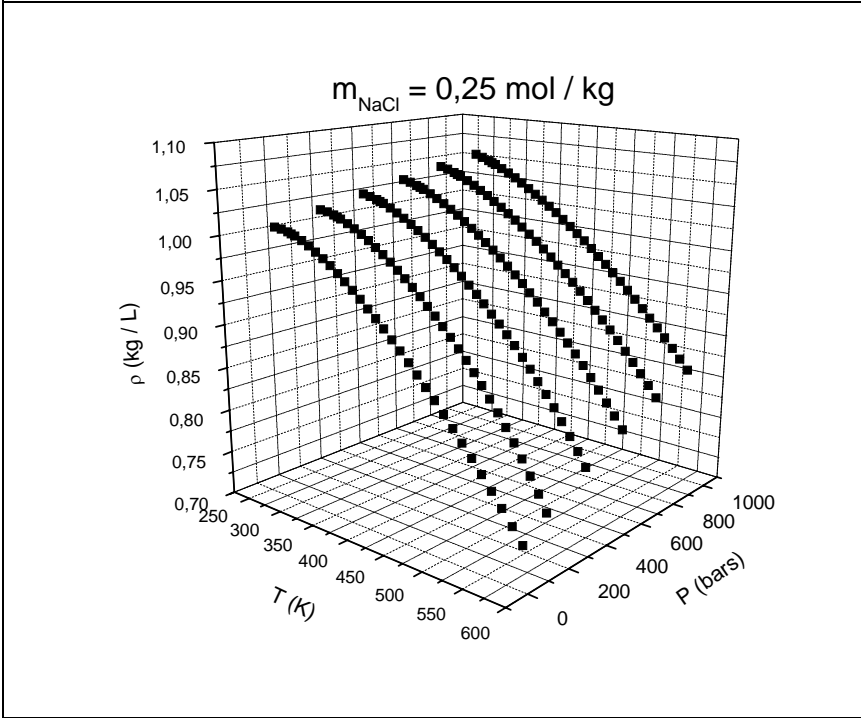
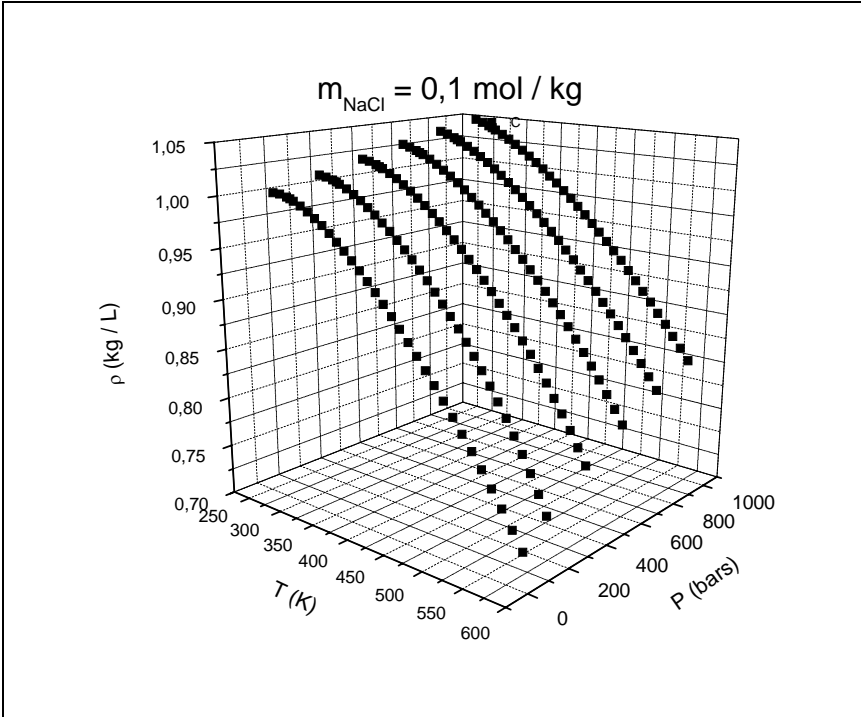
| | | | | | | |
|--------|------|---|---------|---------|-------------|-------------|
| 493,15 | 600 | 5 | 1,05888 | 1,05872 | 0,00015573 | 0,00014707 |
| 503,15 | 600 | 5 | 1,05078 | 1,05058 | 0,00019719 | 0,00018766 |
| 513,15 | 600 | 5 | 1,04249 | 1,04228 | 0,00020540 | 0,00019703 |
| 523,15 | 600 | 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 |

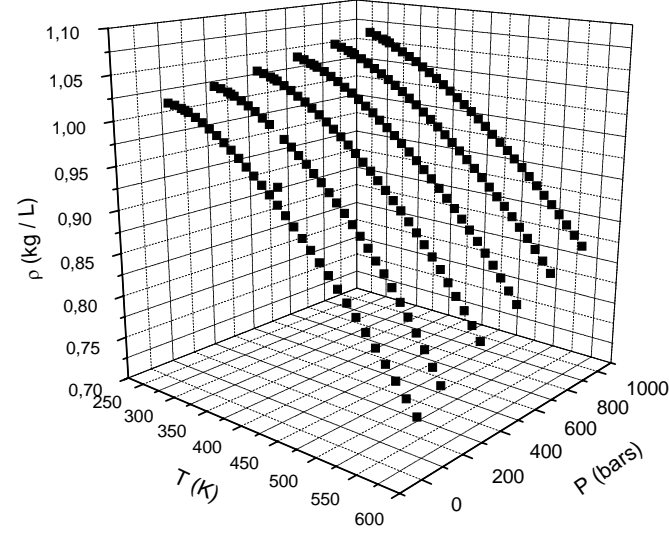
| | | | | | | |
|--------|------|---|---------|---------|-------------|-------------|
| 573,15 | 85,8 | 6 | 0,99187 | 0,98891 | 0,00296465 | 0,00298895 |
| 273,15 | 200 | 6 | 1,21369 | 1,21355 | 0,00014211 | 0,00011709 |
| 283,15 | 200 | 6 | 1,20867 | 1,20846 | 0,00020846 | 0,00017247 |
| 293,15 | 200 | 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 |

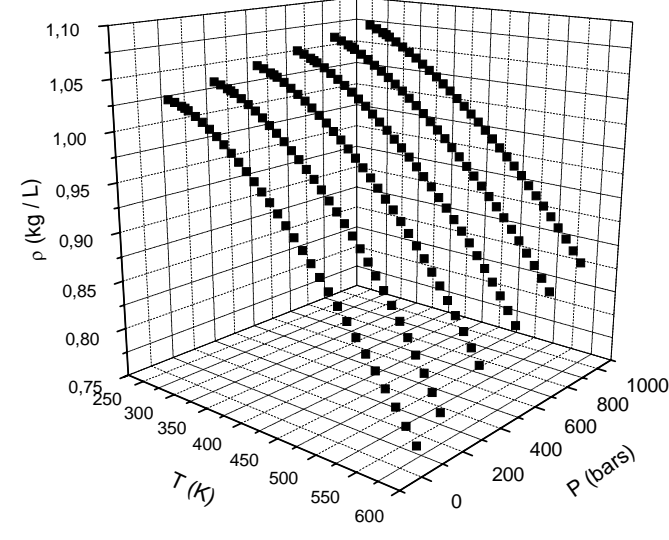
| | | | | | | |
|--------|------|---|---------|---------|-------------|-------------|
| 443,15 | 800 | 6 | 1,13049 | 1,12995 | 0,00054007 | 0,00047773 |
| 453,15 | 800 | 6 | 1,12338 | 1,12284 | 0,00054133 | 0,00048187 |
| 463,15 | 800 | 6 | 1,11612 | 1,11560 | 0,00052022 | 0,00046610 |
| 473,15 | 800 | 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 |

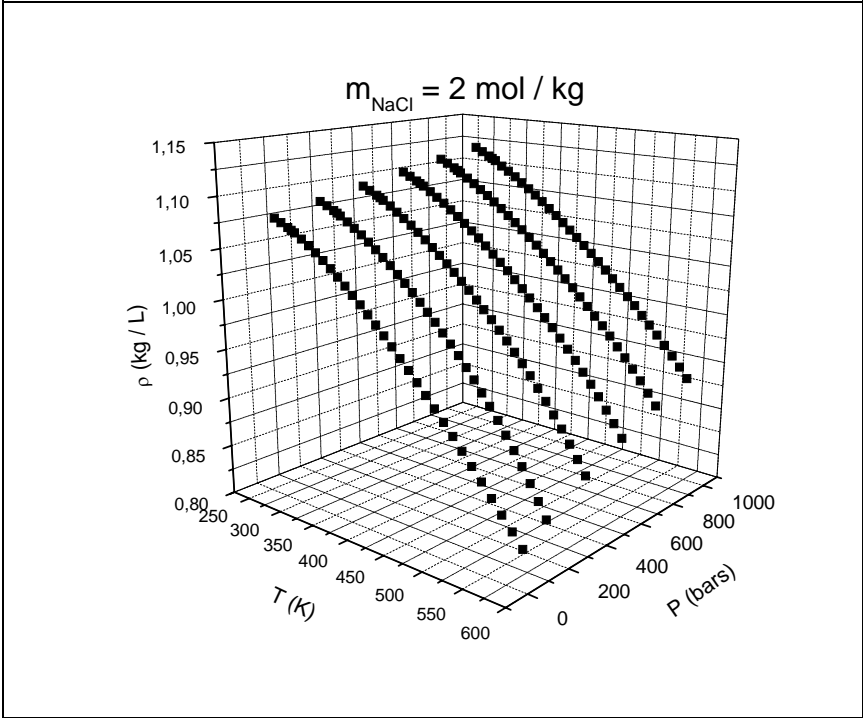
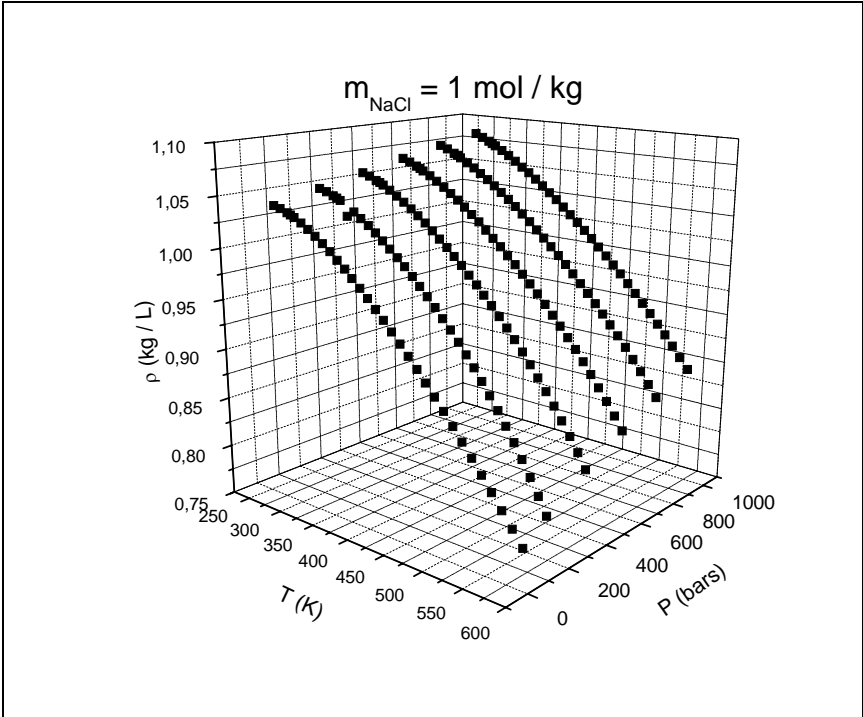


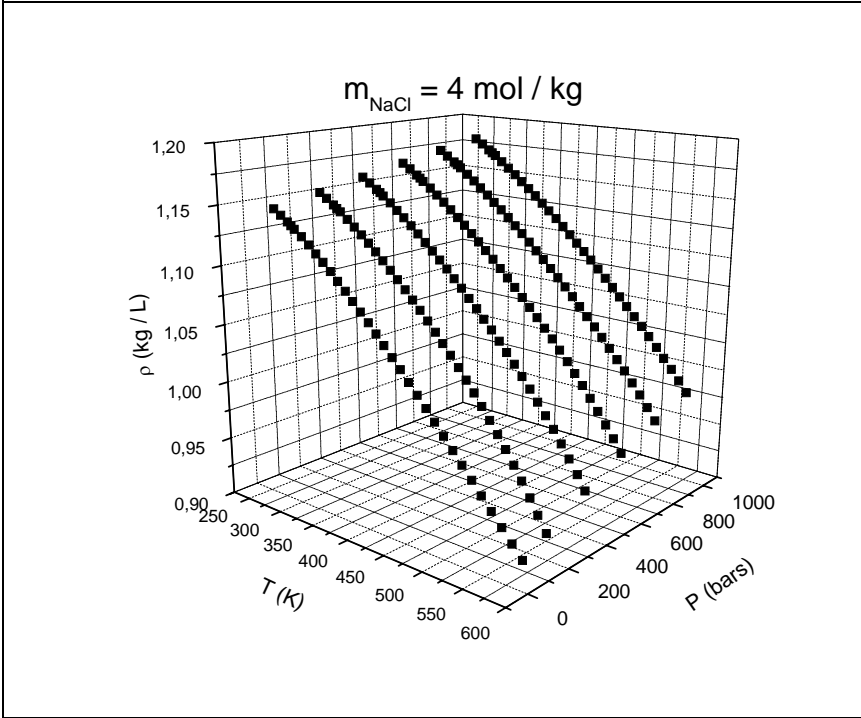
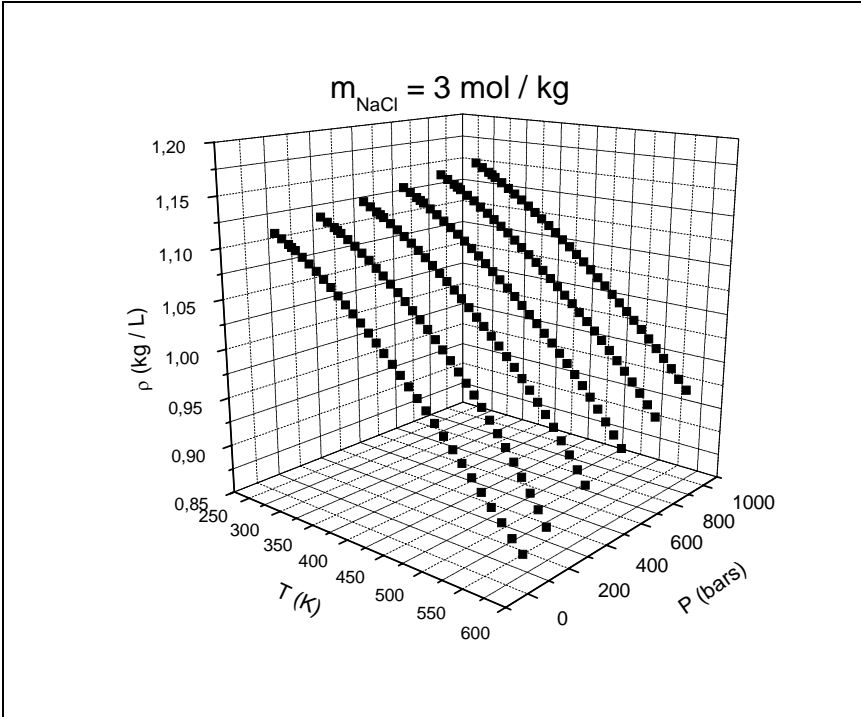
$m_{\text{NaCl}} = 0,5 \text{ mol / kg}$

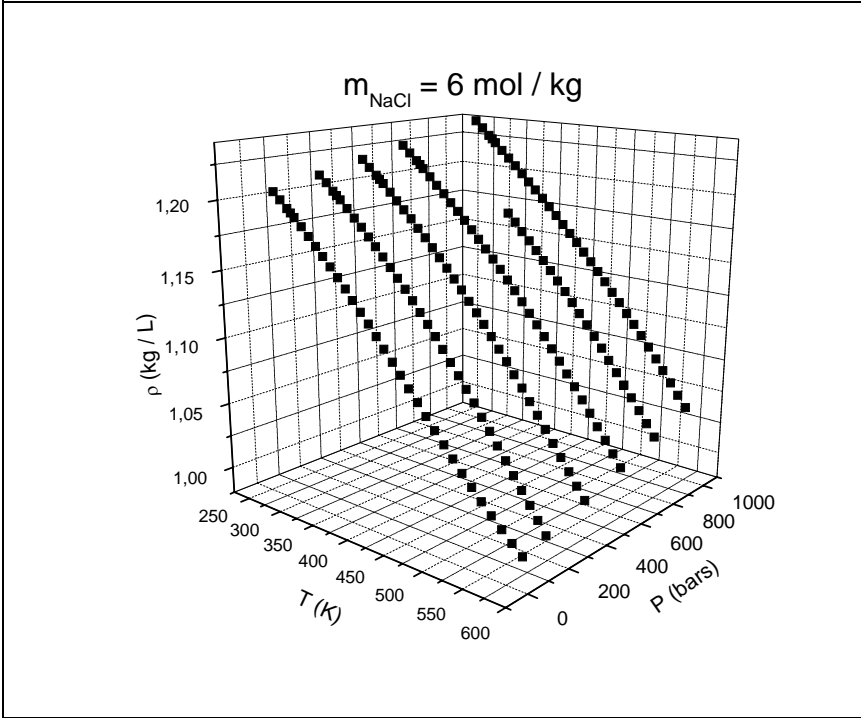
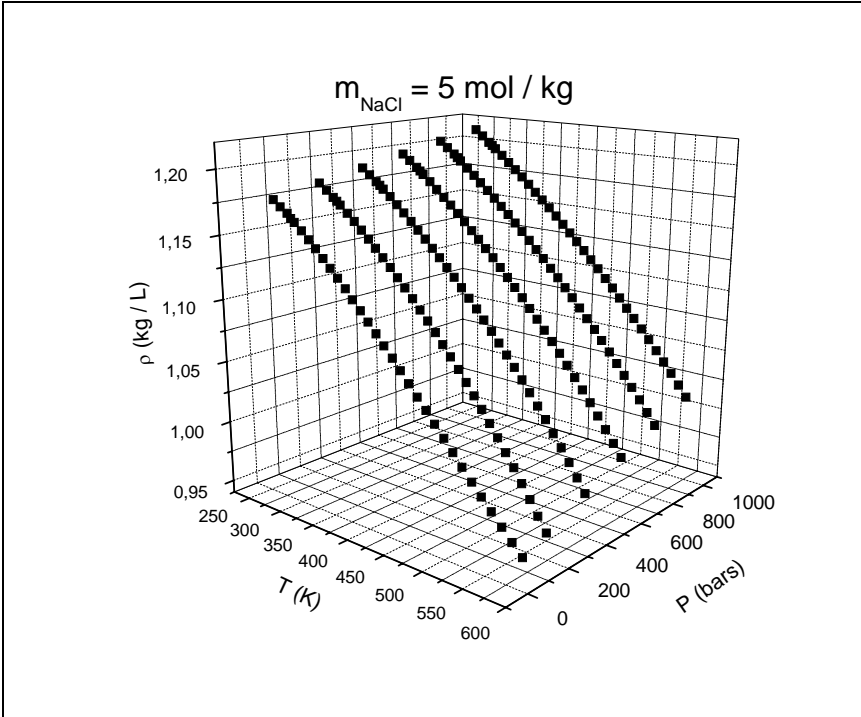


$m_{\text{NaCl}} = 0,75 \text{ mol / kg}$









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