

Mémoire / Full paper

Synthèse et étude par spectroscopies infrarouge, Raman et Mössbauer de complexes de SnCl_n ($n = 4, 5$) avec Ph_3PO , Ph_3AsO et R_4ZX ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$; $\text{Z} = \text{N}, \text{P}$ et $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{SCN}$). Structure moléculaire de $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$

Assane Touré^a, Cheikh A.K. Diop^{a,*}, Libasse Diop^a, Umberto Russo^b,
Mary F. Mahon^c, Kieran C. Molloy^c

^a *Laboratoire de chimie minérale et analytique (Lachimia), faculté des sciences et techniques, université Cheikh-Anta-Diop, Dakar-Fann, Sénégal*

^b *Dipartimento di Chimica Inorganica Metallorganica ed Analitica, Via Loredan 4, Università degli Studi di Padova, Padova, Italie*

^c *Department of Chemistry, University of Bath, Claverton Down, Bath BA2 7AY, Royaume-Uni*

Reçu le 14 avril 2006 ; accepté après révision le 23 septembre 2006

Available online 30 March 2007

Résumé

Des composés organostanniques contenant SnCl_4 , SnCl_5^- et SnCl_6^{2-} ont été synthétisés et étudiés par spectroscopies infrarouge, Raman et Mössbauer. L'environnement autour de l'étain est octaédrique dans tous les complexes. Les spectroscopies infrarouge et Mössbauer ont été utilisées pour montrer que l'ion thiocyanate est N-donneur. La structure moléculaire de $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$ a aussi été déterminée par diffraction des rayons X ; elle consiste en des ions SnCl_6^{2-} octaédriques reliés par des liaisons hydrogène entre les atomes de chlore et les atomes d'hydrogène du groupement NH_3^+ des cations $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3^+$.
Pour citer cet article : A. Touré *et al.*, *C. R. Chimie* 10 (2007).

© 2007 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Abstract

Synthesis, infrared, Raman and Mössbauer spectroscopic studies of SnCl_n ($n = 4, 5$) with Ph_3PO , Ph_3AsO and R_4ZX ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$; $\text{Z} = \text{N}, \text{P}$ and $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{SCN}$). Molecular structure of $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$. SnCl_4 -, SnCl_5^- - and SnCl_6^{2-} -containing compounds have been synthesized, and their Mössbauer and infrared spectroscopic studies undertaken. The environment around the tin centre is octahedral in all compounds. Infrared and Mössbauer spectroscopies show that the thiocyanate anion acts as a N-donor ligand. The X-ray structure determination of $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$ has also been reported; this structure consists of octahedral SnCl_6^{2-} anions connected together into layers via hydrogen bonds between the chlorine and the hydrogen atoms of the NH_3^+ groups of the $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3^+$ cations. **To cite this article:** A. Touré *et al.*, *C. R. Chimie* 10 (2007).

© 2007 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : cakdiop@ucad.sn (C.A.K. Diop).

Mots-clés : SnCl_4 ; SnCl_5^- ; SnCl_6^{2-} ; Infrarouge ; Raman ; Mössbauer ; Diffraction des rayons X

Keywords: SnCl_4 ; SnCl_5^- ; SnCl_6^{2-} ; Infrared; Mössbauer; X-ray diffraction

1. Introduction

Les complexes de SnX_4 ($X = \text{Cl}, \text{Br}$ et I) ont été largement étudiés par spectroscopies infrarouge, Raman et Mössbauer [1–10]. Des renseignements très précieux peuvent être déduits de l'interprétation des données spectroscopiques, notamment la connaissance de l'isomère qui s'est formé (*cis* ou *trans*) et aussi l'atome liant des ligands ambidentates. Tudela et al. [11] ont proposé des intervalles pour les valeurs du déplacement isomérique suivant l'atome donneur dans les complexes du type $\text{SnX}_4 \cdot 2\text{L}$ (L étant un ligand O-, N- ou S-donneur). Le ligand SCN^- est souvent N-donneur dans les complexes de métaux de la première série d'éléments de transition (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu et Zn) et S-donneur dans ceux des métaux de la deuxième et de la troisième séries d'éléments de transition (Rh, Pd, Ag, Cd, Ir, Pt, Au et Hg) [12]. D'autres facteurs, tels que l'état d'oxydation du métal, la nature des autres ligands dans le complexe et les effets stériques, influencent aussi le mode de coordination du thiocyanate [13]. Nous avons déjà étudié et publié les complexes $(\text{Me}_4\text{N})_2\text{SeO}_4 \cdot 3\text{Me}_4\text{NSnCl}_5$ [7] $(\text{Me}_4\text{N})_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{Me}_4\text{NSnCl}_5$ [8], ainsi que plusieurs complexes de SnX_4 avec des oxoanions [6,9,10], et montré que l'environnement autour de l'étain était octaédrique. L'obtention de composés hybrides organiques–inorganiques a été pendant longtemps un challenge, du fait de leur structure bidimensionnelle, mais aussi à cause de leurs importantes propriétés magnétiques et électroniques [14–18]. Nous proposons dans ce qui suit l'étude par spectroscopies infrarouge, Raman et Mössbauer de quelques complexes de SnCl_4 et de $[\text{SnCl}_5]^-$. Nous décrirons en plus la structure de $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$ déterminée par diffraction des rayons X.

2. Partie expérimentale

2.1. Synthèse des complexes

Les spectres infrarouge ont été enregistrés sous forme de poudre en suspension dans le nujol, au moyen d'un spectromètre PerkinElmer 580, dans la région s'étendant de 4000 à 200 cm^{-1} et d'un spectromètre FTIR-Nicolet ($650\text{--}50\text{ cm}^{-1}$). Les faces utilisées sont en iode de césium ou en polyéthylène. Les spectres Raman ont été enregistrés à l'université de Saint-Jacques-de-Compostelle

(Espagne) à l'aide d'un spectrophotomètre Dilors Omars 89. Les spectres Mössbauer ont été enregistrés dans un cryostat à azote liquide à la température de 80 K à l'université de Padoue (Italie). La source $\text{Ca}^{119}\text{SnO}_3$ est maintenue à la température ambiante et à une accélération constante. Un logiciel adéquat a été utilisé pour affiner les spectres. Les analyses élémentaires ont été effectuées au Service central d'analyses du CNRS (Vernaison, France) et à l'École de chimie de l'université de Bath (Royaume-Uni).

Tous les produits chimiques utilisés sont d'origine Merck. Les complexes $(\text{Et}_4\text{N})_2\text{SnCl}_4(\text{SCN})_2$ **A**, $(\text{Et}_4\text{N})_2\text{SnCl}_5(\text{SCN})$ **B**, $(\text{Me}_4\text{N})_2\text{SnCl}_5(\text{SCN})$ **C**, $(\text{Ph}_4\text{P})_2\text{SnCl}_5\text{Br}$ **D**, $(\text{Ph}_4\text{P})\text{SnCl}_5\text{OAsPh}_3$ **E** et $(\text{Me}_4\text{N})_2\text{SnCl}_5\text{Br}$ **F** sont obtenus en faisant réagir SnCl_4 dissous dans le benzène avec Ph_3PO , Ph_3AsO et R_4ZX ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}, \text{Ph}$; $\text{Z} = \text{N}, \text{P}$; $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{SCN}$) (dissous dans l'éthanol). Si on note L et L' ces bases, les équations des réactions pourront s'écrire :



Le mélange (L + L') est agité pendant plusieurs heures ; on y ajoute ensuite la solution de SnCl_4 . Il se forme un précipité qui est filtré, lavé à l'éthanol et séché à l'étuve (60°C). Le complexe $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$ (**G**) a été obtenu en faisant réagir des solutions éthanoliques de $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}$ avec SnCl_2 . Des monocristaux sont obtenus quelques jours après par évaporation lente.

(Et₄N)₂SnCl₄(SCN)₂ (A) [Et_4NSCN (4,99 mmol) + SnCl_4 (2,49 mmol)]. Analyses élémentaires : C = 33,90 (33,64) H = 6,27(6,25) N = 8,79(8,76) S = 10,04 (10,09) Cl = 22,29(22,69) Sn = 18,63(18,71). **(Et₄N)₂SnCl₅(SCN) (B)** : [Et_4NCl (1,60 mmol) + Et_4NSCN (1,60 mmol)] + SnCl_4 (1,60 mmol). Analyses élémentaires C = 33,13(33,47) H = 6,50(6,32) N = 6,83(6,82) Cl = 28,88(28,78) Sn = 19,31(19,44). **(Me₄N)₂SnCl₅(SCN) (C)** : Me_4NSCN (1,08 mmol) + SnCl_4 (0,54 mmol). Analyses élémentaires : C = 21,53(21,31) H = 4,78(4,85) N = 5,58(5,65) S = 6,38(6,25) Cl = 35,39 (35,44) Sn = 23,66(23,54). **(Ph₄P)₂SnCl₅Br (D)** : [Ph_4PBr (1,89 mmol) + Ph_4PCl (1,89 mmol)] + SnCl_4 (1,89 mmol). Analyses élémentaires : C = 54,64(54,75) H = 3,79(3,80) Cl = 16,84(16,98) Br = 7,59(7,46) Sn = 11,27(11,27). **(Ph₄P)SnCl₅OAsPh₃ (E)** : [Ph_4PCl (3,16 mmol) + OAsPh_3 (3,16 mmol)] + SnCl_4 (3,16 mmol).

Tableau 1
Données cristallographiques et méthode d'affinement

Formule empirique	C ₁₆ H ₂₀ Cl ₆ N ₂ O ₂ Sn
Poids moléculaire	603,73
Taille du cristal (mm)	0,30 × 0,30 × 0,25
Longueur d'onde (Å)	0,71073
Système cristallin	triclinique
Groupe d'espace	$P\bar{1}$
<i>a</i> (Å)	7,3780(1)
<i>b</i> (Å)	7,4480(1)
<i>c</i> (Å)	11,5170(2)
α	97,624(1)
β (°)	91,481(1)
γ	117,389(1)
<i>V</i> (Å ³)	554,243(14)
<i>Z</i>	1
Intervalle de θ (°)	3,85 à 24,97
Réflexions collectées/uniques	8539/1909
	[<i>R</i> (int) = 0,0270]
Facteur de confiance final [<i>I</i> > 2 σ (<i>I</i>)]	<i>R</i> ₁ = 0,0154,
	<i>wR</i> ₂ = 0,0388
Facteur de confiance <i>R</i> indices (toutes les données)	<i>R</i> ₁ = 0,0156,
	<i>wR</i> ₂ = 0,0390
Densité électronique restante (e Å ⁻³)	0,285 et -0,702
Numéro de déposition cristallographique	600587

Analyses élémentaires : C = 51,84(51,58) H = 3,60(3,63) Cl = 18,25(18,33) Sn = 12,20(12,26). (**(Me₄N)₂SnCl₅Br (F)**) : [Me₄NCl (5,77 mmol) + Me₄NBr (5,77 mmol)] + SnCl₄ (5,77 mmol). *Analyses élémentaires* : C = 18,32(18,83) H = 4,46(4,46) N = 5,54(5,45) Cl = 33,87(33,76) Br = 15,26(15,19) Sn = 22,65(22,77). [**C₆H₅COCH₂NH₃]₂[SnCl₆] (G)**] : [5 mmol de C₆H₅COCH₂NH₂·HC + 5 mmol de SnCl₂]. *Analyses élémentaires* : C = (31,92)31,80 H = (3,31) 3,31 N = (4,62) 4,63.

2.2. Diffraction des rayons X

2.2.1. Collecte des données cristallographiques

Les données cristallographiques sont reportées sur le Tableau 1. La collecte des intensités a été effectuée à la température de 150(2) K. Les intensités de diffraction

ont été mesurées sur un diffractomètre Nonius Kappa CCD, équipé d'un système de refroidissement *Oxford Cryostream*, en utilisant la radiation K α du molybdène. Les intensités ont été corrigées des facteurs de Lorentz, de polarisation et d'absorption. La structure a été résolue en utilisant la méthode directe (SHELXS-90) [19] et affinée par la méthode des moindres carrées basée sur *F*², en utilisant le programme SHELXL-97 [20].

3. Résultats et discussion

3.1. Étude par spectroscopie infrarouge et Raman

Les attributions des principales bandes des spectres infrarouge et Raman des complexes **A–F** sont reportées dans le Tableau 2.

Dans le cas des complexes **A**, **B** et **C**, le problème est de déterminer l'atome liant du ligand SCN⁻. Mitchell et al. [21] ont montré que, dans les complexes du thiocyanate, ν_{CN} apparaît, généralement, vers 2050 cm⁻¹ lorsque le ligand est N-donneur et au-dessus de 2100 cm⁻¹ lorsqu'il est S-donneur. D'autres auteurs [22–24] ont aussi considéré la fréquence de la vibration ν_{CS} dans ces complexes pour déterminer l'atome liant du thiocyanate : 860–780 cm⁻¹ (N-donneur) et 720–690 cm⁻¹ (S-donneur) ; cependant, la bande correspondante est souvent faible ou recouverte par d'autres. La valeur de δ_{NCS} peut aussi être utilisée pour voir si le thiocyanate est N- ou S-donneur ; la bande correspondante apparaît vers 408 cm⁻¹ (N-donneur) et vers 420 cm⁻¹ (S-donneur) [23,24]. Il existe aussi d'autres travaux sur cette question [25–28], mais il est clair qu'une combinaison des différentes propositions permet d'aboutir à des conclusions plus fiables. Dans le cas des complexes que nous étudions, les valeurs de ν_{CN} (2050 cm⁻¹ (**A**), 2056 cm⁻¹ (**B**) et 2058 cm⁻¹ (**C**)), de ν_{CS} (787 cm⁻¹ (**A**) et 788 cm⁻¹ (**B**)) et δ_{CN} (478 cm⁻¹ (**A**), 476 cm⁻¹ (**B**) et 480 cm⁻¹ (**C**))

Tableau 2
Principales bandes des spectres infrarouge et Raman des complexes **A–F**, en cm⁻¹

Attributions		A	B	C	D	E	F
ν_{CN}	IR	2050 tF	2056 tF	2058tF			
	Raman	2044 m	2045 m	2058 m			
ν_{CS}	IR	787 m	788 m	–			
	Raman	785 f	786	753 m			
δ_{CN}	IR	478 f	476 f	480 f			
ν_{SnCl_n} ^a	IR	320 tF	320 tF	309 tF	283 tF	321 F	299 tF
	Raman	315 tF	309 tF	307 tF	298 tF	283 tF	277 m
					298 tF	313 tF	303 tF

^a *n* = 4 dans **A** et 5 dans les complexes **B–F**. Abréviation : tF = très forte, m = moyenne et f = faible.

Tableau 3
Principaux paramètres Mössbauer des complexes A–G, en mm^{-1}

Composés	IS	QS	Γ	A%
A	0,27	–	0,86	100
B	0,35	–	0,87	100
C	0,36	–	0,85	100
D	0,63	–	0,92	100
E	0,41	–	0,82	100
F	0,57	–	0,92	100
G	0,49	–	0,88	100

montrent que le thiocyanate est N-donneur si on s'appuie sur les travaux cités ci-dessus.

Dans le cas du complexe $(\text{Et}_4\text{N})_2\text{SnCl}_4(\text{SCN})_2$ (**A**), l'apparition d'une bande forte à 315 cm^{-1} sur le spectre Raman de **A**, due à la vibration de valence d'espèce A_{1g} de SnCl_4 , montre que ce groupement est cis-coordiné (dans le cas d'une trans-coordination, les deux vibrations d'espèce A_{1g} et B_{1g} sont toutes actives en Raman) [6]. Dans les complexes **B–F** $\nu_{\text{SnCl}_5^-}$ apparaît sous la forme d'une ou de plusieurs bandes, le groupe ponctuel de symétrie du groupement SnCl_5^- est C_{4v} , tandis que l'environnement autour de l'étain dans ces complexes est octaédrique.

3.2. Étude par spectroscopie Mössbauer

Les spectres Mössbauer de tous les complexes présentent un singulet. Les principaux paramètres Mössbauer des composés **A–G** sont reportés sur le Tableau 3. Dans ces complexes, comme dans beaucoup de complexes de SnX_4 , on note une absence d'éclatement quadripolaire [29,30]. Dans le cas du complexe **A**, l'absence d'éclatement quadripolaire permet de

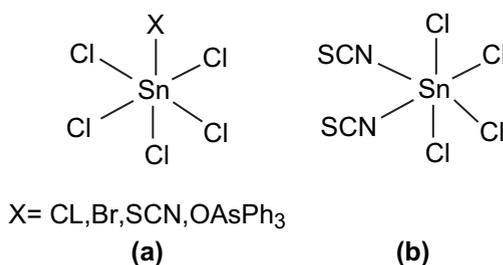


Fig. 1. Structures des complexes A–F.

conclure à une cis-coordination des groupements SnX_4 (si on se réfère aux travaux de Tudela [31]), ce qui est conforme aux résultats des spectroscopies infrarouge et Raman.

Les valeurs du déplacement isomérique de l'anion $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ (stabilisé par différents cations) varient entre $0,48$ et $0,52 \text{ mm s}^{-1}$ [29]. Les valeurs du déplacement isomérique dans les complexes **A**, **B** et **C** ($0,27$, $0,35$ et $0,36 \text{ mm s}^{-1}$, respectivement) sont en accord avec celles proposées par Tudela et col. [11] dans le cas des complexes de SnCl_4 avec des ligands N-donneur. La diminution du déplacement isomérique dans **A**, **B** et **C** par rapport à ceux des complexes de $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ s'explique par le fait qu'un atome de chlore de $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ est substitué par un ligand SCN^- électroattracteur, ce qui entraîne nécessairement une diminution du déplacement isomérique.

Dans le cas du complexe **E**, pour des raisons similaires, on note une diminution du déplacement isomérique. En revanche, l'augmentation du déplacement isomérique dans les complexes **D** et **F** s'explique par une substitution d'un chlore de $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ par un atome de brome moins électronégatif. Les structures que nous

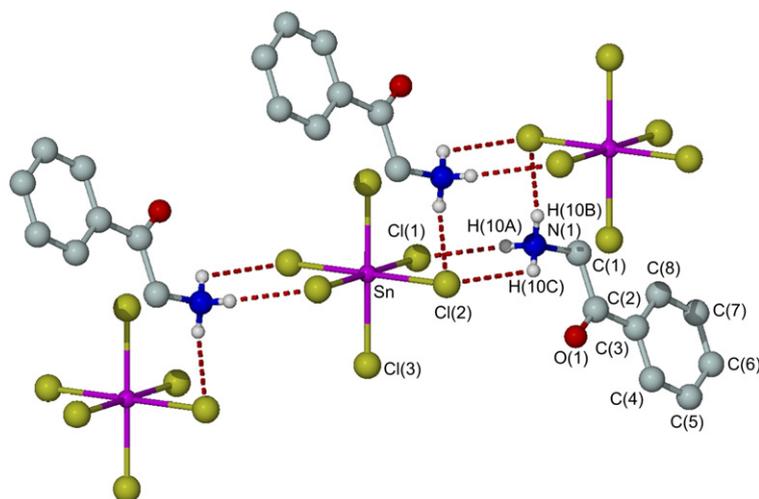


Fig. 2. Structure de $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{NH}_3]_2[\text{SnCl}_6]$, montrant le schéma de numérotation utilisé dans le texte et les tables.

proposons pour ces complexes et qui rendent compte des données infrarouge, Raman et Mössbauer sont représentées sur les Fig. 1

3.3. Étude cristallographique du complexe $[C_6H_5COCH_2NH_3]_2[SnCl_6]$ (G).

La structure de $[C_6H_5COCH_2NH_3]_2[SnCl_6]$ et le schéma de numérotation cristallographique utilisé dans le texte et les tables sont représentés sur la Fig. 2. Les principaux angles et distances interatomiques sont reportés sur le Tableau 4. L'unité asymétrique contient deux cations $[C_6H_5COCH_2NH_3]^+$ et un anion $[SnCl_6]^{2-}$. Cette structure est constituée d'ions hexachlorostannate connectés par le biais de liaisons hydrogène. Les liaisons Sn–Cl sont deux à deux identiques [Sn–Cl(1) = Sn–Cl(1)#1 = 2,4386(4) Å; Sn–Cl(2) = Sn–Cl(2)#1 = 2,4467(4) Å; Sn–Cl(3) = Sn–Cl(3)#1 = 2,4107(4) Å]. Les angles de liaison sont de l'ordre de 180° entre les liaisons axiales : [Cl(1)#1–Sn–Cl(1) 180,00(3)°; Cl(2)#1–Sn–Cl(2) 180,000(19)°; Cl(3)#1–Sn–Cl(3) 180,000(11)°] et 90° entre les liaisons équatoriales successives, et aussi entre une liaison équatoriale et une liaison axiale – parmi de tels angles, on peut citer : Cl(1)–Sn–Cl(2) 91,071(12); Cl(1)–Sn–Cl(3) 89,722(13); Cl(2)–Sn–Cl(3) 89,970(13).

Les quatre atomes de chlore coplanaires de l'ion $[SnCl_6]^{2-}$, à savoir Cl(1), Cl(1)#1, Cl(2) et Cl(2)#1, sont liés par de très fortes liaisons hydrogène, et les

valeurs des distances Cl···H sont : [Cl(1)–H(10A) = Cl(1)#1–H(10A) = 2,486 Å et Cl(2)–H(10B) = Cl(2)#1–H(10B) = 2,486 Å]. L'atome d'oxygène de l'ion $[C_6H_5COCH_2NH_3]^+$ n'est pas coordonné à l'atome d'étain; cependant, on peut considérer qu'il est lié par liaison hydrogène à H(10C) [O(1)–H(10C) = 2,093 Å]. Les différents motifs constitués de molécules de $[C_6H_5COCH_2NH_3]_2[SnCl_6]$ sont liés par un pont hydrogène de type N–H(10C)···Cl(2), la distance entre H(10C) et Cl(2) étant de 2,730 Å, ce qui permet de dire que la structure globale de la molécule est constituée de molécules de $[C_6H_5COCH_2NH_3]_2[SnCl_6]$ connectées entre elles par des ponts hydrogène.

4. Conclusion

Cette étude a permis de synthétiser de nouveaux complexes de $SnCl_4$, $SnCl_5^-$ et de $SnCl_6^{2-}$ avec des bases de Lewis ambidentates ayant deux sites donneurs (azote et soufre) et, sur la base des spectroscopies infrarouge, Raman et Mössbauer, nous avons pu montrer que l'atome donneur de la base de Lewis SCN^- est l'azote. Nous avons, en outre, déterminé par diffraction des rayons X la structure de $[C_6H_5COCH_2NH_3]_2[SnCl_6]$ et avons montré qu'elle est une bande infinie contenant des anions $SnCl_6^{2-}$ octaédriques liés entre eux par des liaisons hydrogène entre le chlore et l'hydrogène de l'ion ammonium stabilisateur.

Remerciements

Nous remercions le Pr. M. Vidali (université de Padoue, Italie) pour avoir enregistré pour nous les spectres infrarouge.

Matériel supplémentaire

Les fichiers CIF ont été déposés au Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) sous le numéro de dépôt 600587; ils peuvent être obtenus gratuitement, sur demande auprès du CCDC : www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif.

Les feuilles de calcul sont données en tant que matériel supplémentaire à cet article. Suivre le lien : 10.1016/j.crci.2006.09.020.

Références

- [1] D. Cunningham, M.J. Frazer, J.D. Donaldson, J. Chem. Soc. A (1971) 2049.
- [2] A.J. Carty, T. Hinsperger, L. Mihichuk, H.D. Sharma, Inorg. Chem. 9 (1970) 2573.

Tableau 4
Longueur de liaison et angles dans $[C_6H_5COCH_2NH_3]_2[SnCl_6]$

Longueur de liaison (Å)	Angles (°)
Sn–Cl(3)#1 2,4107(4)	Cl(3)#1–Sn–Cl(3) 180,000(11)
Sn–Cl(3) 2,4107(4)	Cl(3)#1–Sn–Cl(1)#1 89,722(13)
Sn–Cl(1)#1 2,4386(4)	Cl(3)–Sn–Cl(1)#1 90,278(13)
Sn–Cl(1) 2,4386(4)	Cl(3)#1–Sn–Cl(1) 90,278(13)
Sn–Cl(2) 2,4467(4)	Cl(3)–Sn–Cl(1) 89,722(13)
Sn–Cl(2)#1 2,4467(4)	Cl(1)#1–Sn–Cl(1) 180,00(3)
O(1)–C(2) 1,215(2)	Cl(3)#1–Sn–Cl(2) 90,030(13)
N(1)–C(1) 1,483(2)	Cl(3)–Sn–Cl(2) 89,970(13)
N(1)–H(10A) 0,83(3)	Cl(1)#1–Sn–Cl(2) 88,929(13)
N(1)–H(10B) 0,86(3)	Cl(1)–Sn–Cl(2) 91,071(12)
N(1)–H(10C) 0,87(3)	Cl(3)#1–Sn–Cl(2)#1 89,970(13)
C(1)–C(2) 1,524(2)	Cl(3)–Sn–Cl(2)#1 90,030(13)
C(2)–C(3) 1,478(2)	Cl(1)#1–Sn–Cl(2)#1 91,071(13)
C(3)–C(8) 1,394(2)	Cl(1)–Sn–Cl(2)#1 88,929(13)
C(3)–C(4) 1,399(2)	Cl(2)–Sn–Cl(2)#1 180,000(19)
C(4)–C(5) 1,381(2)	
C(5)–C(6) 1,386(2)	
C(6)–C(7) 1,388(2)	
C(7)–C(8) 1,386(2)	

Opération de symétrie utilisée pour générer les atomes équivalents : #1 –x + 1, –y, –z.

- [3] P.A. Yeats, J.R. Sams, F. Aubke, *Inorg. Chem.* 9 (1970) 740.
- [4] D. Tudela, A.J. Maria, D. Cunningham, B. Timmins, *Inorg. Chim. Acta* 232 (1995) 195.
- [5] D. Tudela, M.A. Khan, J.J. Zuckerman, *Struct. Chem.* 2 (31) (1990) 239.
- [6] M. Sidibé, S. Bassène, L. Diop, B. Mahieu, *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* 16 (2003) 97.
- [7] A. Diassé-Sarr, C.A.K. Diop, D. De Barros, L. Diop, B. Mahieu, *J. Soc. Afr. Chim.* 14 (2002) 149.
- [8] O. Gueye, H. Qamar, L. Diop, C.A. Diop, U. Russo, *Polyhedron* 12 (1993) 1245.
- [9] M. Sidibé, H. Allouch, L. Diop, *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* 005–006 (1998) 131.
- [10] M. Sidibé, L. Diop, *J. Soc. Ouest-Afr. Chim* 007 (1999) 33.
- [11] D. Tudela, L.M. Rodriguez-Lorenzo, N. Mendez, J.D. Tornero, *Inorg. Chim. Acta* 206 (1993) 83.
- [12] G. Griffiths, D.A. Thornton, *J. Mol. Struct.* 52 (1979) 39.
- [13] B.R. James, R.H. Morris, *Spectrochim. Acta* 34A (1978) 577.
- [14] I.B. Koutselas, L. Ducasse, G.C. Papavassiliou, *J. Phys. Condens. Matter* 8 (1996) 1217.
- [15] B.D. Mitzi, K. Liang, S. Wang, *Inorg. Chem.* 37 (1998) 321.
- [16] C.P. Raptopoulou, A. Terzis, G.A. Mousdis, G.C. Papavassiliou, *Z. Naturforsch. Teil B* 57 (2002) 645.
- [17] M. Ben Ghozlen, A. Daoud, I. Pabst, *J. Solid State Chem.* 93 (1991) 77.
- [18] M. Rademeyer, *Acta Crystallogr. C*60 (2004) m55.
- [19] G.M. Sheldrick, SHELXS 90, Program for Crystal Structure Determination, University of Göttingen, Germany, 1990.
- [20] G.M. Sheldrick, SHELXL 97, Program for Crystal Structure Refinement, University of Göttingen, Germany, 1997.
- [21] M. Tranquille, M.T. Forel, *Spectrochim. Acta* 28A (1972) 1305.
- [22] P.W.N.M. Van Leeuwen, W.L. Groeneveld, *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas* 86 (1967) 201.
- [23] S.K. Madan, C.M. Hull, L.J. Herman, *Inorg. Chem.* 7 (1968) 491.
- [24] K.A. Jensen, K. Krishnan, *Scand. Chim. Acta* 21 (1967) 1988.
- [25] A.G. Sharp, *The Chemistry of Cyano Complex of the Transition Metals*, Academic Press, New York, 1976.
- [26] L.H. Jones, B.I. Swanson, *Acc. Chem. Res.* 9 (1976) 128.
- [27] H. Stammreich, B.M. Chadwick, S.G. Frankiss, *J. Mol. Struct.* 1 (1968) 191.
- [28] B.M. Chadwick, S.G. Frankiss, *J. Mol. Struct.* 31 (1976) 1.
- [29] P.A. Cusack, B.N. Patel, *Inorg. Chim. Acta* 86 (1984) 1.
- [30] G.M. Brancroft, R.H. Platt, in : H.J. Emeleus, A.G. Sharpe (Eds.), *Mössbauer Spectra in Inorganic Compounds: Structure and Bonding*, *Advanced Inorganic Chemistry and Radiochemistry*, vol. 15, Academic Press, New York, 1972, p. 110.
- [31] D. Tudela, E.G. Puebla, A. Monge, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* (1992) 1069.