

Mémoire / Full paper

Synthèse et étude par spectroscopie Mössbauer, infrarouge et RMN de nouveaux complexes carboxylato organostanniques

Assane Touré^a, Cheikh Abdoul Khadir Diop^{a,*}, Libasse Diop^a, Bernard Mahieu^b

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

^b *Laboratoire de chimie inorganique et nucléaire, département de chimie, place Louis-Pasteur, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique*

Reçu le 12 août 2005 ; accepté après révision le 18 juin 2006

Available online 12 March 2007

Résumé

Six composés benzoato organostanniques, de formule générale $[R_4A][PhCO_2 \cdot nSnPh_3X]$ ($R = Me, Ph$; $A = N, P$; $X = Cl, Br, SCN$ et $n = 1, 2$) et $[Me_4N][C_6H_5CO_2SnBu_2Cl_2]$ ont été synthétisés et étudiés par spectroscopies Mössbauer, infrarouge et RMN. Les complexes ont été obtenus en faisant réagir le dérivé $[PhCO_2SnPh_3]$ avec une quantité appropriée de sel de type $[R_4AX]$ ($R = Me, Ph$; $A = N, P$ et $X = Cl, Br, SCN$), et $[Me_4N][C_6H_5CO_2]$ avec Bu_2SnCl_2 . Les valeurs de l'éclatement quadripolaire en spectroscopie Mössbauer et les données infrarouge $[\Delta\nu = \nu_{asCOO^-} - \nu_{sCOO^-}]$ ont été utilisées pour déterminer le mode de coordination entre les squelettes SnC_3 ou SnC_2 et le benzoate. La spectroscopie RMN, de l'étain et du carbone 13, a été aussi utilisée pour montrer que les complexes $[Me_4N][PhCO_2 \cdot 2SnPh_3Cl]$ et $[Ph_4P][PhCO_2SnPh_3Br]$ sont monomériques en solution et que l'environnement autour de l'étain est bipyramidal trigonal. Tous les complexes ont des structures discrètes ; l'environnement autour de l'étain est bipyramidal trigonal dans tous les cas. **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, Mössbauer, infrared, and NMR spectroscopic studies of new carboxylato organostannic adducts. Six benzoato organostannic adducts of general formula $[R_4A][PhCO_2 \cdot nSnPh_3X]$ ($R = Me, Ph$; $A = N, P$; $X = Cl, Br, SCN$ and $n = 1, 2$) and $[Me_4N][PhCO_2SnBu_2Cl_2]$ have been synthesized and studied by Mössbauer, infrared and NMR spectroscopies. The complexes have been obtained by reacting the derivative $[PhCO_2SnPh_3]$ with the appropriate amount of $[R_4AX]$ salts ($R = Me, Ph$; $A = N, P$ and $X = Cl, Br, SCN$), and $[Me_4N][PhCO_2]$ with Bu_2SnCl_2 . The values of the quadrupole splitting (from the Mössbauer spectra) and the infrared data $[\Delta\nu = \nu_{asCOO^-} - \nu_{sCOO^-}]$ have been used to determine the mode of coordination between the SnC_3 or SnC_2 moieties and the benzoate in the different adducts. ^{13}C and ^{119}Sn NMR spectra have also been used to show the presence of monomeric species in $[Me_4N][PhCO_2 \cdot 2SnPh_3Cl]$ and $[Ph_4P][PhCO_2SnPh_3Br]$ with a trigonal bipyramidal environment around the tin centres. All the complexes have discrete structures, and the environment around the tin atom is in all cases trigonal bipyramidal. **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. Khadir Diop).

Mots-clés : Triphényltétain ; Benzoate ; Spectroscopies ; Mössbauer ; Infrarouge ; RMN

Keywords: Triphenyltin residues; Benzoate; Spectroscopy; Mössbauer; Infrared; NMR

1. Introduction

Les dérivés organostanniques contenant le résidu SnPh_3 ont été beaucoup étudiés à cause de leurs multiples applications dans des domaines très variés, comme ceux des fongicides et des pesticides, mais aussi à cause de leur potentielle activité antitumorale [1–6]. Ford et al. [7] et Poller et al. [8] ont étudié des composés du type $\text{RCO}_2\text{SnPh}_3$ et conclu à l'existence de chaînes infinies, avec des groupements SnC_3 plans reliés par l'anion. De tels composés peuvent cependant avoir des structures discrètes contenant des atomes d'étain à environnement tétraédrique ou cis-bipyramidal trigonal. Ces deux dernières structures sont surtout obtenues dans le cas où les radicaux R sont volumineux ou contiennent des groupements électro-attracteurs, mais aussi dans le cas où les groupements carboxyliques sont chélatants. Il a été démontré que l'électronégativité des radicaux R joue un rôle essentiel dans le mode de coordination des carboxylates [9–11]. L'étude par diffraction des rayons X a permis de montrer que le dérivé $\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3$ a une structure en chaîne infinie à l'état solide [12]. Nous décrivons dans le présent article une méthode simple permettant d'obtenir des complexes d'addition entre Ph_3SnX et Bu_2SnCl_2 ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{SCN}$) avec l'ion benzoate, stabilisés par des ions tels que l'ion tétraméthylammonium ou l'ion tétraphénylphosphonium, et que nous étudierons par spectroscopies infrarouge, Mössbauer et RMN.

2. Partie expérimentale

Tous les produits utilisés sont d'origine Merck et n'ont subi aucune autre forme de purification. Les analyses élémentaires ont été effectuées au Service central d'analyses (CNRS), Vernaison (France). Les spectres infrarouge ont été enregistrés à partir de poudres en suspension dans le nujol, au moyen d'un spectromètre PerkinElmer 580 dans la région $4000\text{--}200\text{ cm}^{-1}$ et d'un spectromètre FTIR-Nicolet ($650\text{--}50\text{ cm}^{-1}$). Les spectres Mössbauer ont été enregistrés dans un cryostat à azote liquide à la température de 80 K à l'université catholique de Louvain-la-Neuve (Belgique). 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 spectres RMN ont

été enregistrés au moyen d'un spectromètre Bruker 300 MHz dans le chloroforme au Centre régional des mesures physiques de l'Ouest (université de Rennes, France). Les données spectroscopiques infrarouge, Mössbauer et RMN sont exprimées en cm^{-1} , mm^{-1} et ppm, respectivement. Les déplacements chimiques sont déterminés par rapport au TMS (^1H et ^{13}C) et au SnMe_4 (^{119}Sn). Les paramètres Mössbauer QS, IS et Γ représentent : l'éclatement quadripolaire, le déplacement isomérique et la largeur de la raie à mi-hauteur, respectivement. Les complexes $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{Cl}]$ (**A**), $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2\cdot 2\text{SnPh}_3\text{Cl}]$ (**B**) et $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2\text{SnBu}_2\text{Cl}_2]$ (**F**) ont été obtenus en faisant réagir Ph_3SnCl et Bu_2SnCl_2 avec le sel $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2]$. L'addition de bases de Lewis telles que Ph_4PCl , Ph_4PBr et $[\text{Me}_4\text{N}][\text{NCS}]$ sur $\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3$ a conduit aux complexes d'addition de type $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{Cl}]$ (**C**), $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{Br}]$ (**D**) et $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{NCS}]$ (**E**). Nous reportons ci-dessous la méthode de synthèse et de purification des complexes (**A–F**) ainsi que les résultats d'analyses élémentaires.

2.1. $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2\cdot\text{SnPh}_3\text{Cl}]$ (**A**) et $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2\cdot 2\text{SnPh}_3\text{Cl}]$ (**B**)

Le mélange de deux solutions éthanoliques contenant Ph_3SnCl et $[\text{Me}_4\text{N}][\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2]$ dans les stœchiométries (1:1) et (1:2) donne un précipité blanc, dans les deux cas. La solution résultante est agitée pendant plus de 2 h, puis le précipité est récupéré par filtration, lavé à l'éthanol à chaud et recristallisé dans le chloroforme. Les produits obtenus sont identifiés comme étant (**A**) et (**B**).

(**A**) : Rendement 78%, résultats d'analyse élémentaire : trouvés (calculés) %C 60,01 (59,98) ; %H 5,66 (5,52) ; %N 2,55 (2,40). (**B**) : Rendement 85% ; résultats d'analyses élémentaires : trouvés (calculés) %C 58,56 (58,61) ; %H 4,32 (4,48) ; %N 1,33 (1,45).

2.2. $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{Cl}]$ (**C**) ; $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{Br}]$ (**D**) ; et $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{PhCO}_2\text{SnPh}_3\text{SCN}]$ (**E**)

Le mélange de deux solutions éthanoliques contenant $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{SnPh}_3$, d'une part, et Ph_4PCl , Ph_4PBr et Me_4NSCN , d'autre part, dans les stœchiométries (1:1)

Tableau 1
Principaux paramètres Mössbauer (mm s^{-1})

Complexes	I.S.	Q.S.	Γ	A (%)
A	1,36	3,02	0,86	100
B	1,32	3,08	0,90	100
C	1,22	2,99	0,90	100
D	1,30	3,01	0,88	100
E	1,21	2,95	0,95	100
F	1,26	2,93	0,89	100

donne par évaporation lente des cristaux blancs filtrés et séchés à l'étuve à 60 °C. Les produits seront identifiés comme étant : (**C**), (**D**) et (**E**). (**C**): Rendement 73%; résultats d'analyses élémentaires: trouvées (calculées) %C 70,32 (69,57) % H 4,54 (4,73). (**D**): Rendement 83%; résultats d'analyses élémentaires: trouvés (calculés) %C 66,14 (66,14) %H 4,51 (4,49). (**E**): Rendement 77%; résultats d'analyses élémentaires: trouvés (calculés) %C 59,47 (59,73); %H 5,53 (5,31); %N 4,71 (4,65).

2.3. $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2 \cdot \text{SnBu}_2\text{Cl}_2]$ (**F**)

Deux solutions éthanoliques contenant 3,00 mmol de Bu_2SnCl_2 et 3,00 mmol $[\text{Me}_4\text{N}][\text{PhCO}_2]$ mélangées et agitées pendant 1 h donnent par évaporation lente des cristaux blancs qui sont filtrés, lavés et séchés à l'étuve à 60 °C. Ces cristaux sont identifiés comme étant (**F**). Rendement 78%; résultats d'analyses élémentaires: trouvés (calculés) %C 45,44 (45,73); %H 6,97 (7,02); %N 2,68 (2,72).

3. Résultats et discussion

3.1. Étude par spectroscopie Mössbauer

Les principaux paramètres Mössbauer des complexes **A–F** sont reportés sur le Tableau 1. Les spectres

Mössbauer de ces complexes présentent un doublet symétrique avec des valeurs de déplacement isomérique (I.S.) comprises entre 1,21 et 1,50 mm s^{-1} ; ces valeurs sont en accord avec la présence d'un site d'étain (IV) organométallique [13,14]. Les valeurs de l'éclatement quadripolaire QS (comprises entre 2,95 et 3,51 mm s^{-1}) des composés **A–E**, supérieures à 2,55 et 2,48 mm s^{-1} (valeurs obtenues pour Ph_3SnCl et Ph_3SnBr) montrent une augmentation du nombre de coordination de l'étain. Ces valeurs sont en adéquation avec l'existence d'atomes d'étain à environnement bipyramidal trigonal [13,14]. Les largeurs des raies à mi-hauteur sur les différents spectres sont suffisamment étroites (0,8 – 0,9 mm s^{-1}) pour qu'on puisse considérer la présence d'un seul type d'étain. La valeur de QS de **F**, plus faible que celle mesurée dans le cas de Bu_2SnCl_2 seul (3,40 mm s^{-1}), dans lequel l'environnement de l'étain est trans-octaédrique [15], permet de conclure à un environnement bipyramidal trigonal autour de l'étain. On rappelle que, dans les composés $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{O}_2\text{CPh})_2$, $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{O}_2\text{CCl})_2$ et $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{O}_2\text{CCHCl}_2)_2$, pour lesquels un environnement trans-octaédrique a été trouvé pour l'étain, les valeurs de QS sont 3,50, 3,93 et 3,67 mm s^{-1} , respectivement [16]. Il faut aussi signaler que la valeur de QS dans **F** est plus grande que celle des composés cis-octaédriques de Bu_2SnCl_2 , dans lesquels le QS est de l'ordre de 2 mm s^{-1} [14].

3.2. Étude par spectroscopie infrarouge

Les attributions des principales bandes des spectres infrarouge des complexes (**A–F**) sont reportées sur le Tableau 2. Les structures des esters organostanniques sont très étudiées, surtout par diffraction des rayons X [17–20]. Les données infrarouge de ces composés corroborent la théorie proposée par Alcock [21], qui permet de déterminer le mode de coordination des anions RCO_2^- en fonction de la valeur de

Tableau 2
Attributions des principales bandes des spectres des complexes contenant le groupement triphénylétain (**A–F**), en cm^{-1}

Attr.	ν_{asCOO^-}	ν_{sCOO^-}	$\Delta\nu$	$\nu_{\text{asSnC}_n^a}$	ν_{SnX}	$\nu_{\text{sSnC}_n^a}$	ν_{SnO}
A	1626 F	1342 F	284	271 F	225 f	215 f	192 F
B	1570 F	1420 F	150	266 F	200 m	215 f	181 F
C	1630 F	1350 F	280	287 F	252	214 f	175 f
	1580 F						
D	1630 F	1350 F	280	287 F	252 f	214 f	175 m
	1580 F						
E	1630 F	1340 F	290	275 F	—	208 f	171 f
	1580 F	1300 f	280				
F	1700 F	1360 F	340	690 F	284 F	605 f	192 F
	1610						

^a $n = 3$ (dans **A–E**) et $n = 2$ dans **F**.

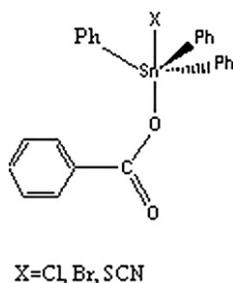


Fig. 1. Structure monodentate.

$[\Delta\nu = \nu_{\text{asCOO}^-} - \nu_{\text{sCOO}^-}]$. Cette théorie, très utilisée [22–28], peut se résumer comme suit : pour les groupements RCOO^- monodentates, $\Delta\nu$ est généralement élevée (toujours supérieure à la valeur obtenue dans le cas de l'anion libre). Cette valeur est souvent supérieure à 260 cm^{-1} . Pour les groupements RCOO^- bi-unidentate (pontant), les valeurs de $\Delta\nu$ sont plus faibles que dans le cas où ils sont monodentates. On a trouvé des valeurs de l'ordre de 142 cm^{-1} . Les groupements RCOO^- chélatants donnent des valeurs de $\Delta\nu$ encore plus petites, à savoir 94 et 65 cm^{-1} dans $\text{Zn}(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ et $\text{NaUO}_2(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2$, respectivement [21].

Les bandes dues à ν_{asCOO^-} et à ν_{sCOO^-} apparaissent dans les intervalles $1630\text{--}1570$ et $1420\text{--}1300 \text{ cm}^{-1}$. Les calculs des $\Delta\nu$ permettent de conclure que le ligande PhCO_2^- est monodentate dans les composés **A**, **C**, **D** et **E** ($\Delta\nu$ varie entre 280 et 290 cm^{-1}) et pontant dans le cas du complexe **B** ($\Delta\nu = 150 \text{ cm}^{-1}$). Dans le cas du complexe du dichlorure de dibutylétain (**F**), la valeur élevée de $\Delta\nu$ (340 cm^{-1}) permet aussi de dire que le benzoate est monodentate. L'apparition de ν_{sSnC_3} sur les spectres des complexes **A–E** sous forme de bandes faibles montre que les groupements SnC_3 ne sont pas rigoureusement plans (puisque, dans le cas d'un squelette SnC_3 plan, la symétrie est D_{3h} et ν_{sSnC_3} n'apparaît pas en infrarouge). Nous pouvons,

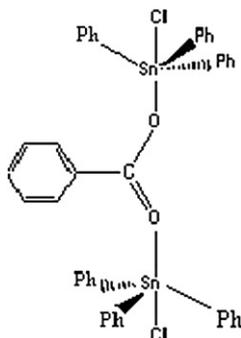


Fig. 2. Structure bidentate.

sur la base des spectroscopies infrarouge et Mössbauer, dire que les structures des complexes **A–E** sont discrètes, avec un environnement bipyramidal trigonal autour de l'étain, l'ion benzoate étant monodentate dans les complexes **A**, **C**, **D** et **E** et bi-unidentate dans le complexe **B** (Figs. 1,2). L'apparition, sur le spectre infrarouge de **F**, d'une bande due à la vibration ν_{sSnC_2} à 605 cm^{-1} est caractéristique d'un groupe SnC_2 coudé. Ces résultats de la spectroscopie infrarouge dans le cas de ce complexe (apparition de ν_{sSnC_2} et la valeur de $\Delta\nu$) et ceux de la spectroscopie Mössbauer (faible valeur de l'éclatement quadripolaire dans **F** en comparaison de celles des composés du même type, dans lesquels l'étain se trouve situé dans un environnement trans-octaédrique, et grande par rapport aux éclatements quadripolaires trouvés dans les composés cis-octaédriques) permettent de conclure que l'environnement autour de l'étain est bipyramidal trigonal dans **F** et que l'ion benzoate est monodentate. La structure proposée pour ce complexe est une structure discrète (Fig. 3).

3.3. Étude par spectroscopie RMN des complexes **B** et **D**

3.3.1. RMN ^1H

Sur les spectres RMN ^1H de ces complexes, on observe un multiplet complexe dû aux protons phéniliques. Le singulet à $3,1$ ppm sur le spectre RMN ^1H de **B** est dû aux protons méthyliques.

3.3.2. RMN ^{13}C et ^{119}Sn

Les attributions des principaux signaux des spectres du carbone 13 et de l'étain sont reportées dans le Tableau 3.

Les spectres RMN de l'étain des complexes **B** et **D** montrent l'existence d'un seul type d'étain, de déplacement chimique -145 et -134 ppm, en accord avec une coordination des molécules tétraédriques de Ph_3SnCl et Ph_3SnBr qui ont des déplacements chimiques $\delta(^{119}\text{Sn})$ de $-44,7$ et 59 ppm, respectivement [14]. (L'augmentation du déplacement chimique de l'étain permet de

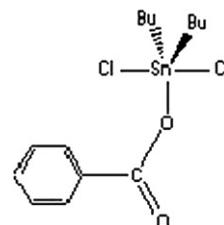


Fig. 3. Structure discrète.

Tableau 3
Attribution des principaux signaux des spectres RMN ^{13}C et ^{119}Sn (ppm)

Complexes	$\delta(^{119}\text{Sn})$	Ci	Co	Cp	Cm
B	-145	140,5	136,5	129,5	128,4
D	-134	139,3	137,2	129,3	128,1

Ci, Co, Cp et Cm sont les carbones ipso, ortho para et méta des phényles du groupe Ph_3Sn .

conclure à une coordination des molécules de Ph_3SnX ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) en solution, ce qui permet de dire que l'environnement autour de l'étain est bipyramidal trigonal en solution comme à l'état solide.) Un résultat similaire a été trouvé pour les complexes de type $[(\text{R}_4\text{N})_2\text{AO}_4][\text{Ph}_3\text{SnX}]_m$ ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$; $\text{A} = \text{Mo}, \text{Cr}, \text{S}, \text{C}_2$; $m = 2, 3$ et $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) [29] et dans les composés de type $\{(\text{Ph}_4\text{P})_2[\text{SeO}_4(\text{Ph}_3\text{Sn})(\text{Ph}_3\text{SnX})]\}_n$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$), qui ont une structure en chaîne infinie [30].

4. Conclusion

Ce travail a permis de synthétiser de nouveaux complexes d'halogénures de triphénylétain contenant l'ion benzoate. L'utilisation des spectroscopies infrarouge, Mössbauer et RMN a permis de montrer que ces composés ont des structures discrètes, l'ion benzoate étant monodentate ou pontant.

Appendix. Matériel supplémentaire

La version en ligne de cet article contient du matériel supplémentaire additionnel. Suivre le lien : [doi:10.1016/j.crci.2006.06.014](https://doi.org/10.1016/j.crci.2006.06.014).

Références

- [1] C.J. Evans, S. Karpel, Organotin Compounds in Modern Technology, in : Journal of Organometallic Chemistry Library, vol. 16, Elsevier, Amsterdam, 1985.
- [2] M. Gielen, Tin as a Vital Nutrient : Implications in Cancer Prophylaxis and Other Physiological Processes, in : N.F. Cardarelli (Ed.), Antitumor Active Organotin Compounds, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1986 Chapter 13.
- [3] M. Gielen, F. Kayser, O.B. Zhidkova, V.Ts. Kampel, V.I. Bregadze, D. de Vos, M. Biesemans, B. Mahieu, R. Willem, Met.-Based Drugs 2 (1995) 37.
- [4] M. Gielen, A. Bouhdid, E.R.T. Tiekink, D. de Vos, R. Willem, Met.-Based Drugs 3 (1996) 75.
- [5] S.K. Kamruddin, T.K. Chattopadhyaya, A. Roy, E.R.T. Tiekink, Appl. Organomet. Chem. 10 (1996) 513.
- [6] M. Gielen, Coord. Chem. Rev. 151 (1996) 41.
- [7] B.F.E. Ford, B.V. Liengme, J.R. Sams, J. Organomet. Chem. 19 (1969) 53.
- [8] R.C. Poller, J. Organomet. Chem. 3 (1965) 321.
- [9] R. Willem, I. Verbruggen, M. Gielen, M. Biesemans, M. Mahieu, T.S. Basu Baul, E.R.T. Tiekink, Appl. Organomet. Chem. 5 (1991) 1.
- [10] J.F. Vollano, R.O. Day, D.N. Rau, V. Chandrasekhar, R.R. Holmes, Inorg. Chem. 23 (1984) 3153.
- [11] K.C. Molloy, S.J. Blunden, R. Hill, J. Chem. Soc., Dalton Trans. (1988) 1259.
- [12] R. Willem, A. Bouhdid, B. Mahieu, L. Ghys, M. Biesemans, E.R.T. Tiekink, D. de Vos, M. Gielen, J. Organomet. Chem. 531 (1997) 151.
- [13] P.A. Flinn, in : K.G. Shenoy, F.E. Wagner (Eds.), Mössbauer Isomer Shift, North-Holland, Amsterdam, 1978, p. 593 (Chapter 9a).
- [14] A.G. Davies, P.J. Smith, in : F.G.A. Stone, E.W. Abel, G. Wilkinson (Eds.), Comprehensive Organometallic Chemistry, Pergamon Press, Oxford, UK, 1982, p. 525 (Chapter 11).
- [15] A.G. Davies, H.J. Milledge, D.C. Puxley, P.J. Smith, J. Chem. Soc. A (1970) 2862.
- [16] R.H. Herber, Application of the Mössbauer Effect in Chemistry and Solid-State Physics, Int. At. Energy, Tech. Dept., No. 50, Vienna, 1965, p. 130.
- [17] T.S. Basu Baul, K.S. Singh, M. Holcapek, R. Jirasko, E. Rivarola, A. Linden, J. Organomet. Chem. 690 (2005) 4232.
- [18] H.D. Yin, Q.B. Wang, S.C. Xue, J. Organomet. Chem. 690 (2005) 3111.
- [19] X. Shang, Q. Li, J. Wu, J. Organomet. Chem. 690 (2005) 3997.
- [20] Y. Zhou, T. Jiang, S. Ren, J. Yu, Z. Xia, J. Organomet. Chem. 690 (2005) 2186.
- [21] N.W. Alcock, V.M. Tracy, T.C. Waddington, J. Chem. Soc., Dalton Trans. (1976) 2243.
- [22] G.K. Sandhu, G. Kaur, J. Organomet. Chem. 388 (1990) 63.
- [23] V. Dokorou, Z. Ciunik, U. Russo, D. Kovala-Demertzi, J. Organomet. Chem. 630 (2001) 205.
- [24] S. Rehman, K. Shahid, S. Ali, M.H. Bhatti, M. Parvez, J. Organomet. Chem. 690 (2005) 1396.
- [25] D.K. Demertzi, N. Kourkoumelis, A. Koutsodimou, A. Moukarika, E. Horn, E.R.T. Tiekink, J. Organomet. Chem. 620 (2001) 194.
- [26] T.S. Basu Baul, S. Dutta, E. Rivarola, R. Butcher, F.E. Smith, J. Organomet. Chem. 654 (2002) 100.
- [27] H.D. Yin, Q.B. Wang, S.C. Xue, J. Organomet. Chem. 690 (2005) 831.
- [28] S.V. Rénamy, S. Bassène, C.A.K. Diop, M. Sidibé, L. Diop, M.F. Mahon, K.C. Molloy, Appl. Organomet. Chem. 18 (2004) 455.
- [29] C.A.K. Diop, H. Qamar, I. Cissé, L. Diop, U. Russo, Main Group Met. Chem. 22 (1–2) (1999) 41.
- [30] C.A.K. Diop, L. Diop, U. Russo, A. Sanchez-Diaz, A. Castineiras, Z. Naturforsch. 56b (2001) 233.