



HAL
open science

COEFFICIENT DE NON LINEARITE ACOUSTIQUE DANS LES MELANGES EAU-METHANOL ET EAU-ETHANOL

J. Emery, S. Gasse, C. Dugué

► **To cite this version:**

J. Emery, S. Gasse, C. Dugué. COEFFICIENT DE NON LINEARITE ACOUSTIQUE DANS LES MELANGES EAU-METHANOL ET EAU-ETHANOL. *Journal de Physique Colloques*, 1979, 40 (C8), pp.C8-231-C8-234. 10.1051/jphyscol:1979839 . jpa-00219544

HAL Id: jpa-00219544

<https://hal.science/jpa-00219544>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

COEFFICIENT DE NON LINEARITE ACOUSTIQUE DANS LES MELANGES EAU-METHANOL ET EAU-ETHANOL

J. Emery, S. Gasse, C. Dugué

Laboratoire de Physique de l'Etat Condensé (ERA 682), Faculté des Sciences - Université du Mans
72017 LE MANS CEDEX

Résumé : Le coefficient de non linéarité $\frac{B}{A}$ a été déterminé dans des mélanges eau-méthanol et eau-éthanol en fonction de la température (de 0 à 50° C) et de la concentration.

Les variations de la vitesse du son en fonction de la pression présentent des minima quand on change la concentration.

Ces résultats sont reliés aux valeurs calculées pour la pression interne.

Abstract : The nonlinear parameter $\frac{B}{A}$ has been determined in water-methanol and water-ethanol mixtures as a function of temperature (from 0 to 50° C) and of concentration.

The pressure dependence of the velocity of sound shows deep minima in the two mixtures when the concentration is varied.

The previous results are connected to the values of the internal pressure.

I - INTRODUCTION.- Le coefficient $\frac{B}{A}$ de non linéarité acoustique est défini à partir de l'équation d'état d'un liquide reliant la pression p à la masse volumique ρ où les valeurs portant les indices 0 sont les valeurs au repos :

$$p = p_0 + A \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) + \frac{B}{2} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 + \dots \quad (1)$$

avec :

$$A = \rho_0 \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_S = \rho_0 c_0^2$$

et :

$$B = \rho_0^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial \rho^2} \right)_S = 2 \rho_0^2 c_0^3 \left(\frac{\partial c}{\partial p} \right)_S$$

soit :

$$\frac{B}{A} = 2 \rho_0 c_0 \left(\frac{\partial c}{\partial p} \right)_S = 2 \rho_0 c_0 \left(\frac{\partial c}{\partial p} \right)_T + \frac{2c_0 T \beta}{C_p} \left(\frac{\partial c}{\partial T} \right)_P \quad (2)$$

Expressions dans lesquelles c représente la vitesse de l'onde ultrasonore, T la température, β le coefficient de dilatation du liquide et C_p la chaleur spécifique à pression constante.

La détermination de $\frac{B}{A}$ s'effectue le plus souvent [2 à 4] à partir de la mesure de la vitesse de propagation ultrasonore en fonction de la température à pression constante $\left(\frac{\Delta c}{\Delta T} \right)_p$.

II - TECHNIQUES EXPERIMENTALES. - Pour accéder à la détermination de $\frac{B}{A}$ avec une précision relative de l'ordre de 1 % [6,7], nous avons utilisé un interféromètre à deux voies décrit par ailleurs [5] qui permet la mesure directe de la variation de vitesse en fonction de la pression à entropie constante $\left(\frac{\Delta c}{\Delta p} \right)_S$; les pressions expérimentales sont inférieures à 1 atmosphère.

La valeur absolue de la vitesse c de propagation est déterminée au moyen d'un interféromètre optique avec une précision relative inférieure à 10^{-4} [8].

III - RESULTATS EXPERIMENTAUX.- Les mesures de la valeur absolue de la vitesse de propagation ultrasonore ainsi que du coefficient $\left(\frac{\Delta c}{\Delta p} \right)_S$ ont été effectuées dans les mélanges aqueux de méthanol et d'éthanol en fonction de la concentration et de 10°C en 10° C de 0 à 50° C. La vitesse de propagation passe par un maximum pour une concentration en poids d'alcool qui diminue lorsque la température augmente (35 % à 0° C à 15 % à 50° pour le méthanol et 27 % à 0° C à 19 % à 50° C pour l'éthanol). Par contre le coefficient $\left(\frac{\Delta c}{\Delta p} \right)_S$ montre un minimum très important pour une concentration en poids d'alcool qui varie peu avec la température (environ 20 % pour le méthanol et 10 % pour l'éthanol) (figures 1 et 2).

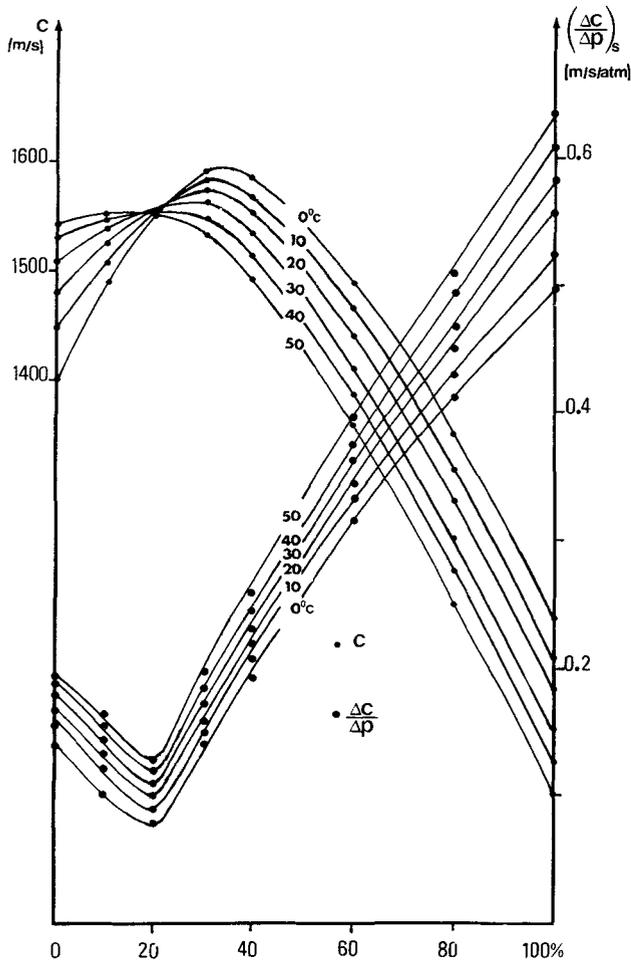


Fig. 1 : mélanges eau-méthanol
variation de la vitesse de propagation
et du coefficient $(\frac{\Delta C}{\Delta p})_s$ en fonction de
la concentration entre 0 et 50° C.

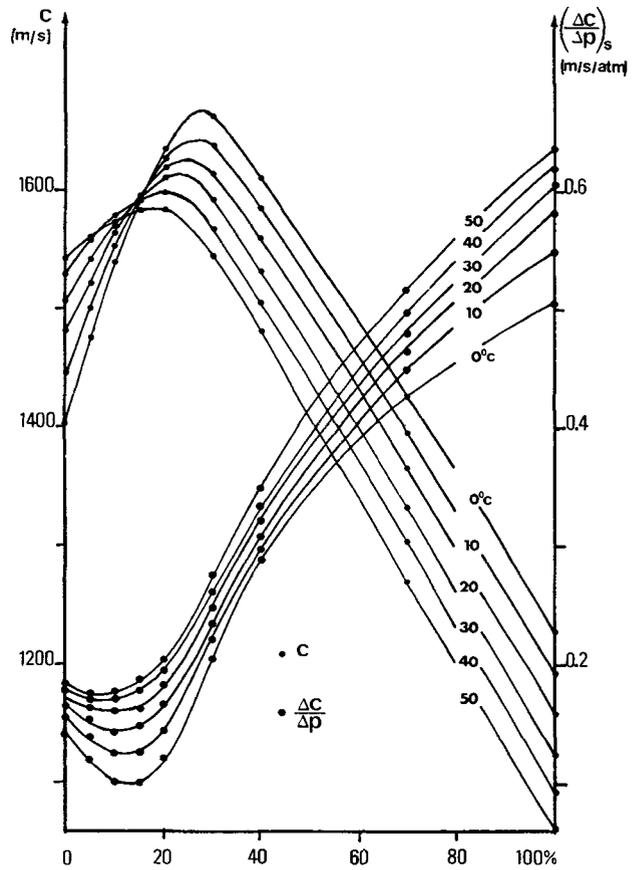


Fig. 2 : mélanges eau-éthanol
variation de la vitesse de propagation et
du coefficient $(\frac{\Delta C}{\Delta p})_s$ en fonction de la
concentration entre 0 et 50° C

Le coefficient de non linéarité acoustique $\frac{B}{A}$ montre un minimum très prononcé pour des concentrations de 15 à 20 % pour le méthanol et de 10 à 15 % pour l'éthanol (figures 3 et 4)

IV-INTERPRETATION - PRESSION INTERNE DES MELANGES

AQUEUX D'ALCOOLS. - L'équation d'état d'un liquide est souvent représentée par la relation de Tait :

$$p - p_0 = p_i \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^n - 1 \right] \quad (3)$$

dans laquelle p_i est la pression interne du liquide et n une constante déterminée expérimentalement /9/. Le coefficient de compressibilité adiabatique vaut alors :

$$\chi_s^{-1} = \rho \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s = n (p - p_0) + n p_i \quad (4)$$

d'où pour $p = p_0$:

$$p_i = \frac{\rho_0 c_0^2}{n} \quad (5)$$

D'autre part, on montre à partir de (1) et (3) que :

$$n = \frac{B}{A} + 1 \quad (6)$$

et

$$p_i = \frac{\rho_0 c_0^2}{1 + \frac{B}{A}} \quad (7)$$

Les valeurs des pressions internes des mélanges étudiés ont ainsi été calculées et leur variations en fonction de la fréquence et de la température sont représentées figures 3 et 4.

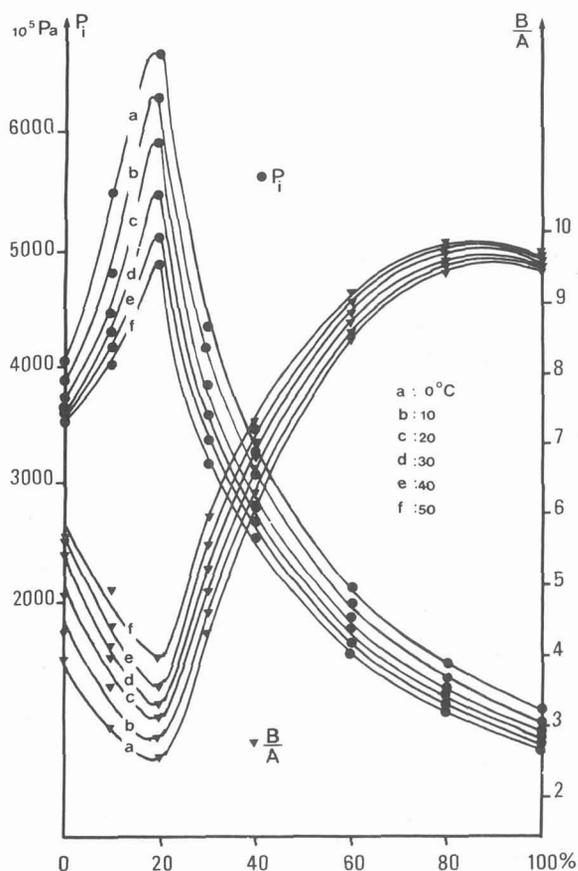


Fig. 3 : Mélanges eau-méthanol
 variation du coefficient de non linéarité B/A et de la pression interne P_i en fonction de la concentration

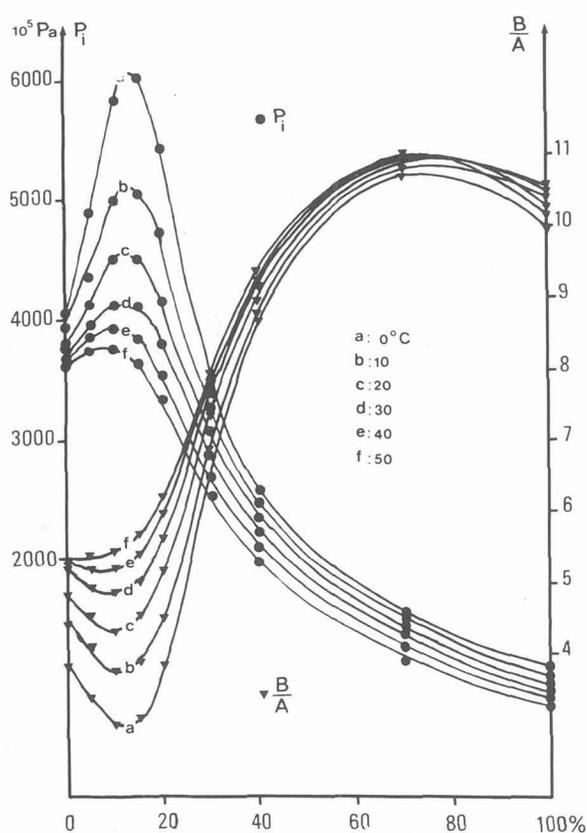


Fig. 4 : Mélanges eau-éthanol
 variation du coefficient de non linéarité B/A et de la pression interne P_i en fonction de la concentration

D'autre part l'ordre de grandeur de la distance intermoléculaire moyenne peut être déduit de la valeur de la pression interne P_i selon la relation :

$$r = 2\sigma/P_i$$

où σ est la tension superficielle du liquide /9/.

Dans le tableau ci-joint nous avons porté les valeurs de r ainsi calculées pour les composants purs ; les valeurs de r' sont les valeurs calculées n supposant les molécules sphériques de rayon r à partir du volume molaire.

Le maximum de pression interne que présentent ces mélanges pour une concentration déterminée traduit une augmentation très importante de la cohésion interne dans ces liquides. Toutefois ces maximums ne correspondent ni au maximum de vitesse de propagation ni au maximum d'absorption ultrasonore. Ces variations très importantes de vitesse et d'absorption que nous avons étudiées par ailleurs /8/ ont été attribuées à la formation de groupes de molécules dans lesquels une molécule d'alcool est associée par liaison hydrogène à plusieurs molécules d'eau. Une investigation expérimentale supplémentaire utilisant d'autres méthodes expérimentales est nécessaire pour progresser.

Tableau des valeurs de B/A, de la pression interne P_i
et des distances intermoléculaires moyennes r pour les composants purs

EAU

θ	B/A	P_i (10^5 Pa)	σ (10^3 Nm ⁻¹)	r (10^{10} m)	r' (10^{10} m)
0	3,86	4047	75,6	3,74	3,85
10	4,32	3936	75,0	3,67	"
20	4,84	3766	74,1	3,77	"
30	5,23	3640	72,6	3,87	"
40	5,35	3650	71,0	3,90	3,86
50	5,57	3600	69,4	3,80	"

METHANOL

θ	B/A	P_i (10^5 Pa)	σ 10^3 Nm ⁻¹	r 10^{10} m	r' 10^{10} m
0	9,46	1092	24,3	4,45	5,00
10	9,58	1006	23,4	4,57	5,02
20	9,70	926	22,6	4,87	5,05
30	9,71	860	21,7	5,04	5,07
40	9,76	796	20,8	5,24	5,09
50	9,70	743	20,0	5,38	5,11

ETHANOL

θ	B/A	P_i 10^5 Pa	σ 10^3 Nm ⁻¹	r 10^{10} m	r' 10^{10} m
0	9,94	1116	24,0	4,30	5,66
10	10,40	1000	23,2	4,63	5,68
20	10,53	922	22,3	4,84	5,70
30	10,50	861	21,5	4,99	5,72
40	10,29	817	20,6	5,05	5,74
50	10,17	768	19,8	5,16	5,76

R E F E R E N C E S

- /1/ R.T. Beyer, S.V. Letcher, Physical Ultrasonics Academic Press (1969)
- /2/ A.B. Coppens et Coll. J. Acoust. Soc. Amer. 38 (1965) 797.
- /3/ M.P. Hagelberg, G. Holton et S. Kao, J. Acoust. Soc. Amer. 41 (1967) 564
- /4/ S.K. Kor et S.K. Pandey, Acustica 32 (1975) 207
- /5/ C. Kammoun, J. Emery et P. Alais, C.R. Acad. Sc. B 281 (1975) 465
- /6/ J. Emery, C. Kammoun, C.R. Acad. Sc. B. 283 (1976) 131.
- /7/ C. Kammoun, J. Emery et P. Alais 7th ISNA (1976) 146
- /8/ J. Emery, S. Gasse, Acustica, à paraître (1978)
- /9/ V.V. Shklovskaya, Kordi, Sov. Phys. Acoust. 9 (1963) 82.