***Travaux dirigés de Chimie des Surfaces et Catalyse***

***(UEF Chimie 14)(Chapitre 1, 2, 3, 4) pour les étudiants de L3 Chimie Organique***

***Exercice 1***

 

1) Force = ɣ . longueur ▬► ɣ = force. longueur-1 = masse. accélération. longueur-1

▬► ɣ = M.(L. T-2).L-1 = M.T-2.

L’unité de ɣ dans le système international est donc kg.s-2 (qui s’écrit aussi N.m-1).

2) Le film de liquide est pris en sandwich par de l’air. Il y a deux lignes de contact entre le liquide et la barre : une en haut et une en bas. Chacune de ces lignes à la longueur l. La force qui agit sur chaque ligne vaut ɣ.l. Les deux forces sont dans le même sens. La force totale est donc :

F = 2 ɣ l

3) Application numérique : F = 2 x 40.10-3 X 0,1 = 0,008 *N.*

***Exercice 2***

dG = ɣL.dS

***Exercice 3***

Stratégie

À pression et température constantes, la variation de l’énergie de Gibbs est associée à la tension superficielle ɣ par la relation

 ΔG = ɣ.ΔA

oŭ ΔA =Agouttes (aire des gouttelettes de toluène) soit :

ΔA = Ngouttes agoutte

L’aire d’une goutte d’une forme sphérique est donnée par :

agoutte= 4πr2 =π d2

 Le nombre de gouttelettes est déduit du rapport entre le volume du toluène et celui d’une goutte de toluène :

Vtoluène = mtoluène /ρ

Vgouttes = (4πr3/3) = πd3/6

d’ oŭ Ngouttes = Vtoluène / Vgouttes

L’aire totale des gouttelettes de toluène est alors :

Agouttes = (Vtoluène / Vgoutte) agoutte = Vtoluène . 6 /d

En fin

 ΔG = ɣ.ΔA = ɣ. Vtoluène . 6 /d

***Solution***

 La masse de toluène dans le mélange est :

m = 10 x 0,85 = 8,5 g

Le volume du toluène devient :

 Vtoluène = 8,5g / 0,87g. cm3 = 9,77 cm3

L’aire des gouttelettes est :

Agouttes = 9,77cm3.6/10-4cm = 5,86 X 105 cm2

 et

ΔG = 3,6 x10-2 N/m . 58,6 m2 = 2,11 J

Sachant que ɣ = 36 dyne.cm-1 = 36 x 10-3 N.m-1

***Exercice 4***

1. Voir exercice 2.
2. Lorsqu’on exerce une pression Pext sur la surface du liquide L, les forces d’intéractions entre les molécules de la vapeur du liquide L augmentent ; on déduit alors que ɣL diminue.

***Exercice 5***

À Tc le liquide L et sa vapeur sont indiscernables, donc ɣL s’annule.

***Exercice 6***

C6H13OH

M = 6 x 12 + 14 X 1 + 16 = 1O2,17 g/mol

ɣ1(M/d1)2/3 - ɣ2(M/d2)2/3 = K(t2 - t1)

K1 = [ɣ1(M/d1)2/3 - ɣ2(M/d2)2/3/ t2 - t1

K1 = 21,04 (102,17/ 0,77) 2/3 – 19,41 ((102,17/ 0,75) 2/3]/105 – 85

K1 = K85 – 1OO = 1,67

K2 = 19,41 (102,17/ 0,75) 2/3 – 17,75 (102,17/ 0,74) 2/3]/125 – 1O5

K2 = K105– 125 = 1,98

K3 = 17,75 (102,17/ 0,74) 2/3 – 15,96 (102,17/ 0,72) 2/3]/145 -125

K3 = K125 -145 = 1,99

K = (K1 +K2 + K3) = (1,67 + 1,98 + 1,99)/3 = 1,88

***Observation:***

L’augmentation de la constante de la température (constante d’Eötvös) en fonction de la température due aux liaisons moléculaires entre les molécules de l’alcool.

***Exercice 7***

 P = (M/d) ɣ1/4

Sachant que P : le Parachor, d : la masse spécifique, ɣ : la tension superficielle et M : la masse moléculaire.

MC6H5CH3 = 7 x 12 + 8 = 92 g/mol

P = (92/0,86694)(28,43)1/4 = 244,98

***Exercice 8***

MClC6H4CH3 = 7 x12 + 7 x 1 + 35, 5 = 126,5 g/mol

 P = (M/d) ɣ1/4

P = (126,5/1,065)(32,24)1/4 = 283,03

***Exercice 9***

1. Le methanol : CH3OH, l’éthanol : CH3CH2OH ≡ C2H5OH

Les équivalents de Parachor de C, H, et O ont respectivement: 4,8 ; 17,1 ; 20

Calcul des parachors de différentes substances

[P]méthanol ≡ PCH3OH = (4 x PH + 1 x PC + 1 x PO) = (4 x 17,1 + 1x 4,8 + 1 x 20) = 93,2

De la même façon,

[P]éthanol ≡ PC2H5OH = (6 x PH + 2 x PC + 1 x PO) = (4 x 17,1 + 2 x 4,8 + 1 x 20) = 132,2

La deuxième méthode de calcul fait intervenir la relation P = f(ɣ) ; on trouve alors

La relation du Parachor : P = (M/d) ɣ1/4

MCH3OH = 32 g/mol MC2H5OH = 46 g/mol

[P]méthanol = (32 / 0,7914) (22)1/4 = 87,6

[P]éthanol = (46 / 0,7893) (22)1/4 = 126,2

1. Dans le cas du Méthanol le défaut est : 93,2 - 87,6 = 5,6

Dans le cas de l’éthanol le défaut est : 132,2 – 126,2 = 6

Ce qui suppose une liaison hydrogène plus importante dans le cas de l’éthanol (l’éthanol correspond au composé qui possède la proportion de liaisons hydrogènes la plus notable).

***Exercice 10***

Les structures dévloppées des trios isomères (o-tolunitrile, m-tolunitrile et p-tolunitrile) :



 o-tolunitrile p-tolunitrile m-tolunitrile

MCH3C6H4CN = 8 x 12 + 7 + 14 = 117 mol/g

 Le calcul du Parachor s’écrit :

Le parachor égal la somme des équivalents des éléments

[P]CH3C6H4CN = (8 x PC + 7 x PH + 1 x PN + 1 x Ptriple liaison + 1 x Pcycle + 1 x Pdouble laison)

[P]CH3C6H4CN = (8 x 4,8 + 7 x 17,1+ 1 x 12,5 + 1 x 46,6 + 1 x 6,1 + 3 x 23,2)

[P]CH3C6H4CN = 292,9

[P]= M ɣ1/4/(dliq - dgaz)

dgaz « dliq

[P]= M ɣ1/4/dliq ▬► ɣ1/4 = [P]dliq/M = (292,9 x 0,985/117) = 2,46 ▬► ɣ = (2,46)4

Le calcul donne ɣ = 36,62 dyne/cm = 36,62 x 10-3 N/m.

***Exercice 11***

 

ɣ = 25 x 10-3 N/m

1. Calcul de la surpression

Psurpression ≡ ΔP = Pint – Pext = 4ɣ/r = 4 x 10-3/3 x 10-2 = 3,33 Pascal

ΔP = Pint – Pext =3,33 Pa

1. Calcul du travail total

dW = ɣ dS ▬► W = ɣ.S

La surface d’une sphère = 4πr2, mais ici la paroi de la bulle est constituée de ***deux*** surfaces, donc la surface est 8πr2

W = ɣ. 8πr2 = 25 x 10-3 x 8 x 3,14 (3 x 10-2)2

W = 5,65 x 10-4J ≈ 5,7 x 10-4J

***Exercice 12***

Calcul de la tension superficielle de la bulle de savon :

d = 2cm

ΔP = Pint – Pext = 10 Pascal

ΔP = 4ɣ/r ▬► ɣ = r ΔP/4 = 1 x 10-2 x 10/4

ɣ = 2,5 x 10-2 N/m

 ***Exercice 13***

Calcul de la pression absolue à l’intérieur de la bulle :

 

P = F/S = m.g/S = ρ.V.g/S ≡ ρ.g(V/S) = ρ.g.h

Les bulles d’air : ΔP = Pint – Pext = 2ɣ/r

Pint = (2ɣ/r) + Pext et Pext = Psurface + ρ.g.h

Pint = (2ɣ/r) + Psurface + ρ.g.h

Pint = [(2 x 75 X 10-3)/1 x 10-5] + 105 + 103 x 10 x 10 = 2,15 x 105 Pa

La pression à l’intérieur de la bulle est de 2,15 x 105 Pascal

***Exercice 14***

1. Détermination la hauteur h à laquelle l’eau monte dans le tube à partir de la loi de Laplace.

ρ.g.h = 2ɣ/r ▬► h = 2ɣ/ ρ.g. r

h = 2 x 0,075/103 x 10 x 0,05 x 10-3

h = 0,3 m = 30 cm

1. On retrouve ce résultat en faisant le bilan des forces :

L’eau mouille parfaitement le verre, l’angle de contact est donc nul. Il existe donc un film d’eau très mince qui monte le long de la paroi tu tube, au dessus du ménisque. Ce film adhère à la paroi. De plus, il exerce une force Fcapillaire (vers le haut) sur le liquide du bas :

Fcapillaire = longueur x ɣ = 2πrc ɣ

Le système est soumis : P = g.ρ. πrc2h

* à la force capillaire : Fc = 2 π rcɣ

À l’équilibre, ces forces se compensent, donc :

 g.ρ. πrc2h = 2 π rcɣ ⇒ h = 2ɣ / ρ grc = 4ɣ / ρ gdc

***Exercice 15***

1. – À partir de la relation de Kelvin, on déduit :

Ln(P2/ P1)= 2 ɣL.M/RT.ρL (r1-1 – r-2-1) ; ou [(LnP’/P1) / (LnP’/P2)] = r2/r1

1. - P = 40,64 mmHg.

***Exercice 16***

 

Concave

La différence entre les hauteurs atteintes dans le tube

 ɣ = /h. ρ.g.rc/2cosθ / θ : angle de contact

On suppose θ = 0 ⇒ cosθ = 0

ɣeth/ ɣH2O = heth ρeth/hH2O ρH2O

heth/ hH2O = ρH2O ɣeth/ ρeth ɣH2O = (0,9982 x 103 x 33,24 x 10-3)/(0,9614 x 103 x 72,75 x 10-3) = 33,18/69,94

heth/ hH2O = 0,4744.

La solution s’élèvera à 47,44 % de la hauteur atteinte.

***Exercice 17***

La relation liant la tension superficielle aux forces d’adhésion capillaire :

 ɣ = /h. d.g.rc /2cosθ / θ : angle de contact

Si la substance mouille parfaitement la paroi, θ = 0 ⇒ cosθ = 1

ɣ = h. d.g.rc /2 = 4,13 x 0,9005 x 981 x 0,01294 / 2

ɣ = 23,60 dyne/cm

***Exercice 18***

L’application de l’équation donnant l’égalité des forces de tension superficielle et des forces de l’ascension capillaire

 ɣ = ρ.g.h.rc /2cosθ / θ : angle de contact

Si on suppose que l’angle de raccordement d’un liquide dans un tube de verre est nul ⇒ θ = 0 ⇒ cosθ = 1

 ɣ = ρ.g.h.rc /2 il vient h = 2ɣ / ρ g rc avec cosθ = 1 car θ = 0, mouillage parfait

En remplaçant les valeurs dans l’équation, il vient

h = 2 x 73,2/1 x 9,8 x 102 x 5 x 10-4 = 298,77 cm

***Exercice 19***

ɣH2O / ɣHg = dH2O.hH2O / dHg.hHg ⇒ ɣHg = ɣH2O.dHg.hHg/dH2O.hH2O

ɣHg = 72,75 x 13,5939 x 3,67/0,9982 x 8,37 = 434,41 dyne/cm.

Le rayon se calcul en écrivant :

 rc = 2ɣ / d.g.h = 2 x 434,41 / 13,5939 x 981 x 3,67 ⇒ rc = 0,017 cm

 d = 2rc = 2 x 0,017 = 0,034 cm

***Exercice 20***

 

Convexe

ɣ = ρ.g.h.rc /2cosθ / θ : angle de contact verre-mercure

ɣ = 13600 x 9,81 x 1,5 x 10-3 x 2,5 x 10-3 /2cos (180° – 129°) = 0,4 N/m

***References***

1. Exercices corrigés de physique

Serge Mora, Université de Montpelier, 2012

1. Chimie générale pour l’ingénieur

Presses Polytechniques et Universitaires Romandes

Freidi.W . Claude K

1. Physico-Chimie des surfaces

Les interfaces liquide-liquide et gaz-liquide dans les solutions aqueuses

2ème édition augmentée (Tome 1)

Pr Chems Eddine CHITOUR

1. Recueil d’exercices corrigés de Chimie des surfaces

Pr Abdelhamid ADDOUN, Faculté des sciences, USTHB