

LOGICIEL MONOACIDES ET MONOBASES

André SAUTOU

Prévu essentiellement comme aide à la conception et à la résolution de problèmes relatifs au pH des solutions aqueuses, ce logiciel devrait aussi être utilisable avec des élèves pour des travaux dirigés. Voici quelques applications possibles :

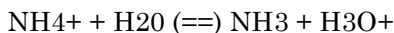
- résolution de problèmes (niveau terminale)
- degré d'ionisation en fonction de la dilution ou du pKa
- Étude approfondie du point d'équivalence, du point de demi-équivalence, et de leur voisinage
- Rapport (B)/(A) en fonction du pH
- Dilution d'une solution tampon : pH ne reste égal à pKa que si (A) et (B) restent nettement supérieurs à (H_3O^+) et (OH^-)
- volume de solution de base forte versée au moment du virage de tel ou tel indicateur
- Évolution de la courbe $\text{pH} = f(\text{V}_b)$ lorsque le pKa de l'acide faible diminue (acide de plus en plus fort)
- Prévision sans calcul de l'ordre de grandeur du pH d'une solution donnée, suivi du verdict de l'ordinateur. (calculer le pH en fonction des autres données est exclu des programmes de Terminale ; mais prévoir l'ordre de grandeur d'une solution donnée est relativement simple et constitue un exercice de réflexion intéressant).

Cette liste n'est pas exhaustive.

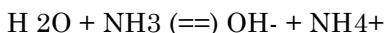
Dès que les élèves maîtrisent suffisamment la question, ils peuvent alors faire le tour des principaux cas de résultats quantitatifs obtenus avec l'ensemble limité des types de solutions aqueuses proposés en terminale.

Les modules PH1, PH2, PH5 sont déjà fonctionnels et expérimentés sur les M05 du lycée de LIMOUX. L'ensemble du logiciel sera développé sur le nanoréseau dès son implantation dans l'établissement. Sa diffusion éventuelle par le canal du CNDP, serait alors envisageable.

Les pages qui suivent présentent quelques extraits des affichages obtenus à l'écran au cours de l'utilisation des modules PH5 et PH6. Les réactions acido-basiques sont présentées sous la forme : Acide 1 + Base 2 (\rightleftharpoons) Base 1 + Acide 2 en ne mentionnant que les espèces ayant une action prépondérante. L'eau agit, comme base 2 lorsqu'on introduit une substance contenant essentiellement l'acide 1 et comme acide 1 lorsqu'on introduit une substance contenant essentiellement la base 2. Ainsi, pour une solution de chlorure d'ammonium, on écrira :



Pour une solution d'ammoniac



UTILISATION PÉDAGOGIQUE

Ce logiciel est avant tout un outil puissant spécialisé dans les problèmes concernant les monoacides et les monobases. La démarche normale du professeur est d'apprendre à s'en servir pour lui-même, puis d'en user à sa guise avec les élèves. Je ne puis apporter que des suggestions, incomplètes car le logiciel n'est pas terminé.

1°) Avec l'ensemble des modules

Faire résoudre par le logiciel quelques problèmes figurant parmi les devoirs précédemment donnés aux élèves. Il faut analyser l'énoncé, déterminer correctement les données et choisir dans les menus l'option correspondant à la connaissance de ces données.

2°) Avec le module PH1

Étude du degré de réaction d'un acide ou d'une base avec l'eau (= degré d'ionisation dans le cas d'un acide ou d'une base moléculaire)

- a) en fonction de la dilution,
- b) en fonction de pKa pour une concentration donnée.

3°) Avec le module PH5

a) prévision sans calcul du pH de quelques solutions puis verdict de l'ordinateur.

exemple : mélange de 0.1 l d'acide benzoïque M/10 ($pK_A=4.2$) et d'un volume V_b de solution NaOH M/10

b) volume V_b de solution de base forte versé dans un volume V_a d'acide au moment du virage de tel ou tel indicateur coloré. Pour chaque indicateur, on indique aux élèves le pH du début, du milieu et de la fin de la zone de virage. On détermine les valeurs V_b correspondantes. On conclut sur le choix de l'indicateur pour un dosage.

c) solution tampon : on peut faire tester, en fonction de pK_A et des concentrations, la validité de l'affirmation suivante :

"le pH d'une solution tampon, égal au pK_A de l'acide faible, est insensible à la dilution". A titre d'exemple, voici le tableau de valeurs obtenues pour un mélange de n_a moles d'acide fluorhydrique ($pK_A=3.2$) et de $n_b = n_a/2$ moles de soude dans 1 litre de solution

n_a (mol)	0.1	1E-2	1E-3	1E-4
n_b (mol)	0.05	0.5E-2	0.5E-3	0.5E-4
pH	3.21	3.29	3.64	4.36

Le logiciel fournit en plus les valeurs de (H_3O^+), (OH^-), (HF) et (F^-). Il apparaît clairement que pH n'est plus égal à pK_A si (H_3O^+) et (OH^-) ne sont plus négligeables par rapport à (HF) et (F^-)

4°) Avec le module pH6

Dosage d'un acide par une base forte, V_b ml de solution de soude (concentration C_b) versés dans V_a ml de solution acide (concentration C_a)

Après avoir demandé C_a , C_b , V_a et pK_a , le logiciel fournit un tableau de 41 paires de valeurs (V_b , pH) ainsi que la courbe correspondante $pH = f(V_b)$.

On fait observer l'évolution du tableau et de la courbe lorsque l'acide est de plus en plus faible. (exemple de valeurs successives données à pK_A : 0.5 - 0.7 - 1 - 1.3 - 2 - 2.9 - 3.2 - 3.8 - 4.2 - 4.74 - 6 - 7 - 8 - 9.2

Dans chaque cas, on attire l'attention de l'élève sur les points suivants :

- Valeur du pH initial ($V_b=0$)
- Demi-équivalence

- valeur du pH

- $\text{pH} = \text{pKa}$?

On observe un point d'inflexion

- Équivalence

- valeur du pH

- on observe un saut abrupt de pH.

- si oui, hauteur du saut en unités de pH.

On note tous ces résultats dans un tableau et on fait la synthèse.

André SAUTOU
Lycée de l'Esplanade (LIMOUX)

```
AIDE À LA CONCEPTION ET À LA RESOLUTION
DE PROBLEMES DE SCIENCES PHYSIQUES
```

```
Série 1 : Monosacides et monobases
          Terminales C D E
```

```
PH1 : Une substance en solution
```

```
PH2 PH4 PH5 : Mélanges :
          Acide + base conjuguée
          Acide + base forte
          Base + acide forte
```

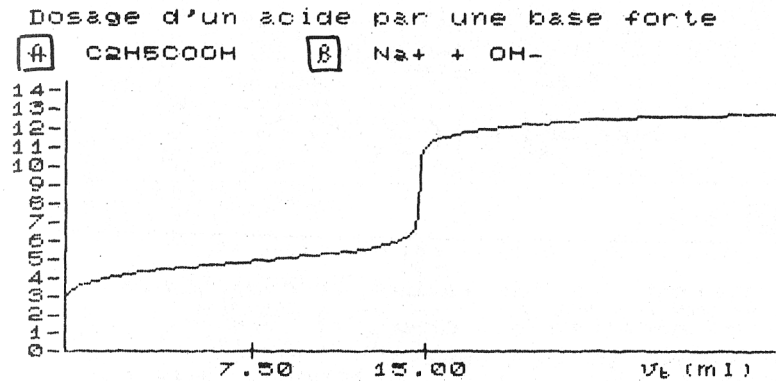
```
PH6 : Dosage d'un acide
```

```
PH7 : Dosage d'une base
          (Courbe, tableau)
```

```
Auteur : André SAUTOU
          lycée de l'Esplanade
          11300 LIMOUX
```

```
BASIC compatible M05 T07-70 T09
N2n0r3s3s3u
```

Exemple de résultats obtenu avec PH6



V_a = 1.00E-01 C_a = 2.00E-01 mol/l
 z = 30.00 ml PKA = 4.9

Dosage d'un acide par une base forte

A C₂H₅COOH **B** Na⁺ + OH⁻

V _b (ml)	pH	V _b (ml)	pH	V _b (ml)	pH
0.00	4.44	14.00	11.00	0.00	4.44
0.20	4.44	14.20	11.00	0.20	4.44
0.40	4.44	14.40	11.00	0.40	4.44
0.60	4.44	14.60	11.00	0.60	4.44
0.80	4.44	14.80	11.00	0.80	4.44
1.00	4.44	15.00	11.00	1.00	4.44
1.20	4.44	15.20	11.00	1.20	4.44
1.40	4.44	15.40	11.00	1.40	4.44
1.60	4.44	15.60	11.00	1.60	4.44
1.80	4.44	15.80	11.00	1.80	4.44
2.00	4.44	16.00	11.00	2.00	4.44
2.20	4.44	16.20	11.00	2.20	4.44
2.40	4.44	16.40	11.00	2.40	4.44
2.60	4.44	16.60	11.00	2.60	4.44
2.80	4.44	16.80	11.00	2.80	4.44
3.00	4.44	17.00	11.00	3.00	4.44
3.20	4.44	17.20	11.00	3.20	4.44
3.40	4.44	17.40	11.00	3.40	4.44
3.60	4.44	17.60	11.00	3.60	4.44
3.80	4.44	17.80	11.00	3.80	4.44
4.00	4.44	18.00	11.00	4.00	4.44
4.20	4.44	18.20	11.00	4.20	4.44
4.40	4.44	18.40	11.00	4.40	4.44
4.60	4.44	18.60	11.00	4.60	4.44
4.80	4.44	18.80	11.00	4.80	4.44
5.00	4.44	19.00	11.00	5.00	4.44
5.20	4.44	19.20	11.00	5.20	4.44
5.40	4.44	19.40	11.00	5.40	4.44
5.60	4.44	19.60	11.00	5.60	4.44
5.80	4.44	19.80	11.00	5.80	4.44
6.00	4.44	20.00	11.00	6.00	4.44
6.20	4.44	20.20	11.00	6.20	4.44
6.40	4.44	20.40	11.00	6.40	4.44
6.60	4.44	20.60	11.00	6.60	4.44
6.80	4.44	20.80	11.00	6.80	4.44
7.00	4.44	21.00	11.00	7.00	4.44
7.20	4.44	21.20	11.00	7.20	4.44
7.40	4.44	21.40	11.00	7.40	4.44
7.60	4.44	21.60	11.00	7.60	4.44
7.80	4.44	21.80	11.00	7.80	4.44
8.00	4.44	22.00	11.00	8.00	4.44
8.20	4.44	22.20	11.00	8.20	4.44
8.40	4.44	22.40	11.00	8.40	4.44
8.60	4.44	22.60	11.00	8.60	4.44
8.80	4.44	22.80	11.00	8.80	4.44
9.00	4.44	23.00	11.00	9.00	4.44
9.20	4.44	23.20	11.00	9.20	4.44
9.40	4.44	23.40	11.00	9.40	4.44
9.60	4.44	23.60	11.00	9.60	4.44
9.80	4.44	23.80	11.00	9.80	4.44
10.00	4.44	24.00	11.00	10.00	4.44
10.20	4.44	24.20	11.00	10.20	4.44
10.40	4.44	24.40	11.00	10.40	4.44
10.60	4.44	24.60	11.00	10.60	4.44
10.80	4.44	24.80	11.00	10.80	4.44
11.00	4.44	25.00	11.00	11.00	4.44
11.20	4.44	25.20	11.00	11.20	4.44
11.40	4.44	25.40	11.00	11.40	4.44
11.60	4.44	25.60	11.00	11.60	4.44
11.80	4.44	25.80	11.00	11.80	4.44
12.00	4.44	26.00	11.00	12.00	4.44
12.20	4.44	26.20	11.00	12.20	4.44
12.40	4.44	26.40	11.00	12.40	4.44
12.60	4.44	26.60	11.00	12.60	4.44
12.80	4.44	26.80	11.00	12.80	4.44
13.00	4.44	27.00	11.00	13.00	4.44
13.20	4.44	27.20	11.00	13.20	4.44
13.40	4.44	27.40	11.00	13.40	4.44
13.60	4.44	27.60	11.00	13.60	4.44
13.80	4.44	27.80	11.00	13.80	4.44
14.00	4.44	28.00	11.00	14.00	4.44
14.20	4.44	28.20	11.00	14.20	4.44
14.40	4.44	28.40	11.00	14.40	4.44
14.60	4.44	28.60	11.00	14.60	4.44
14.80	4.44	28.80	11.00	14.80	4.44
15.00	4.44	29.00	11.00	15.00	4.44

V_a = 1.00E-01 C_a = 2.00E-01 mol/l
 z = 30.00 ml PKA = 4.9

II Module PH5

II 1°/a/

Mélange : acide faible et base forte

- 1 # = acide molécule.
 β = Ion spectateur + OH-
 Ex : # = CH₃COOH β = Na⁺ + OH-

- 2 # = acide ion + ion spectateur
 β = Ion spectateur + OH-
 Ex : # = NH₄⁺ + Cl⁻ β = Na⁺ + OH-

Votre choix ? 1

Terminer

II 1°/b/

Mélange : acide faible et base forte
 (acide molécule)
 (ion spectateur + OH-)

Exemples de formules :
 Espèce acide : A, CH₃COOH, NH₄⁺ etc
 Espèce base : B, CH₃COO⁻, NH₃ etc
 Ion spectateur : Cl⁻, Na⁺ etc

Quelle est la formule

de l'espèce acide ? CH₃COOH

de sa base conjuguée ? CH₃COO⁻

de l'ion spectateur
 associé à OH- ? Na⁺

II 1°/c/

Solution Acide faible + Base forte

- A CH₃COOH B Na⁺ + OH-

Vous connaissez :

- 1 n_a, n_b, V et PH 3 PH et PKA
 2 n_a, n_b, V et PKA 0 Abandon

Votre choix ? 2

Définition des notations
 n_a = quantité de # introduite (mol)
 n_b = quantité de β introduite (mol)
 V = volume du mélange obtenu (l)
 éventuellement :
 C_a = concentration initiale de #
 V_a = volume de # introduit (l)
 C_b = concentration initiale de β
 V_b = volume de β introduit (l)
 n_a = C_a * V_a n_b = C_b * V_b V = V_a + V_b

II 1°/d/ Le programme demande n_a, n_b et V

Module PH5

II 1° e/ Solution Acide faible + Base forte



$$N_A = .1 \quad N_B = .1 \text{ mol} \quad V = 2 \text{ l}$$

$$0.5 < \text{PKA} < 13.5$$

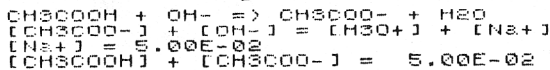
C Abandon

couple CH₃COOH/CH₃COO⁻ PKA = 4.74

Définition des notations
 N_A = quantité de A introduite (mol)
 N_B = quantité de B introduite (mol)
 V = volume du mélange obtenu (l)
 Eventuellement :
 C_A = concentration initiale de A
 V_A = volume de A introduit (l)
 C_B = concentration initiale de B
 V_B = volume de B introduit (l)
 $N_A = C_A * V_A$ $N_B = C_B * V_B$ $V = V_A + V_B$

II 1° f/ Résultats.

Solution Acide faible + Base forte



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.91\text{E}-09 \quad [\text{OH}^-] = 5.24\text{E}-06$$

$$\text{PH} = 8.72 \quad \text{PKA} = 4.74$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 5.24\text{E}-06 \text{ mol/l}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 5.00\text{E}-02 \text{ mol/l}$$

$$N_A = 1.00\text{E}-01 \text{ mol} \quad V = 2.00\text{E}+00 \text{ l}$$

$$N_B = 1.00\text{E}-01 \text{ mol}$$

II 2° Menu proposé lorsque

PH et PKA sont connus
 (choix n° 3 du menu II 1° e/)

Solution Acide faible + Base forte



$$\text{PKA} = 4.74 \quad \text{C Abandon}$$

Vous connaissez PH et :

- 1 V et N_A 3 C_A , C_B et V_A
 2 V et N_B 4 C_A , C_B et V_B

votre choix ? 1

Définition des notations
 N_A = quantité de A introduite (mol)
 N_B = quantité de B introduite (mol)
 V = volume du mélange obtenu (l)
 Eventuellement :
 C_A = concentration initiale de A
 V_A = volume de A introduit (l)
 C_B = concentration initiale de B
 V_B = volume de B introduit (l)
 $N_A = C_A * V_A$ $N_B = C_B * V_B$ $V = V_A + V_B$