

# Méthode de Gran : applications aux titrages acido-basiques

par **Ludovic LOPES**

Lycée Léonard de Vinci - 62228 Calais Cedex

[ludovic.lobes@ac-lille.fr](mailto:ludovic.lobes@ac-lille.fr)

## RÉSUMÉ

*Cet article de type « revue » se propose de dégager et de présenter les principales linéarisations de type Gran qui peuvent être conduites sur les titrages acido-basiques suivis par pH-métrie. Pour chaque type de titrage deux formes linéarisées de type Gran sont présentées.*

## INTRODUCTION

De nombreux titrages courants peuvent être suivis par potentiométrie à courant nul : acido-basique, redox ou argentimétrique. Le suivi potentiométrique obtenu est généralement un graphe de type sigmoïde, il possède dans ce cas un centre de symétrie, et la recherche du volume équivalent peut être conduite en appliquant la méthode des tangentes, des cercles ou en travaillant sur les courbes dérivées (dérivées première ou seconde).

Les suivis potentiométriques peuvent également être traités en appliquant la méthode de Gran. Cette méthode est basée sur une linéarisation du suivi potentiométrique, et une exploitation du tracé affine ainsi obtenu. Pour chaque type de titrage, une (ou plusieurs) forme(s) linéarisée(s) de type Gran existe(nt) [1-4].

Toutefois, peu de littérature en français recensant les différentes applications de la méthode de Gran est aisément accessible. Ce document de type « revue » a donc pour but de rétablir rapidement et récapituler les différentes linéarisations de type Gran usuelles, applicables aux titrages acido-basiques suivis par pH-métrie.

## 1. TITRAGE D'UN ACIDE FORT PAR UNE BASE FORTE

Soit le titrage d'un acide fort par une base forte. On note  $C_a$  la concentration de l'acide fort titré,  $V_a$  la prise d'essai engagée,  $C_b$  la concentration de la base titrante et  $V_b$  le volume de solution titrante versé. Notons  $V$  le volume de la solution titrée au départ du titrage.

## 1.1. Avant l'équivalence

Considérons un instant du titrage avant l'équivalence<sup>(1)</sup> (base introduite en défaut). Un tableau d'avancement (en quantité de matière) construit sur la réaction de titrage, réaction « totale » [5], fournit<sup>(2)</sup> :



La solution équivalente [6] est alors une solution de l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(3)</sup> selon<sup>(4)</sup> :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{V + V_b}\right)$$

soit 
$$\boxed{(V + V_b) \times 10^{-\text{pH}} = C_a V_a - C_b V_b} \quad (1)$$

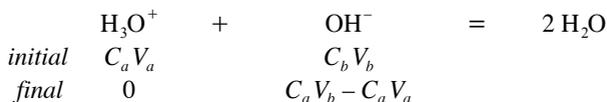
L'équation (1) montre que le tracé de la fonction  $(V + V_b) \times 10^{-\text{pH}}$  en fonction de  $V_b$  doit fournir avant l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_b$  tel que :

$$C_a V_a - C_b V_b = 0$$

soit pour le volume équivalent : 
$$V_b = \frac{C_a V_a}{C_b}$$

## 1.2. Après l'équivalence

Considérons désormais un instant du titrage après l'équivalence (base introduite en excès). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, réaction « totale », fournit :



- 
- (1) Définie comme le moment où il y a changement du réactif limitant.
  - (2) Ce document traitant des solutions aqueuses, afin d'alléger les écritures, les indices précisant les états de référence thermodynamique « (aq) » et « (liq) » ne sont pas mentionnés.
  - (3) Si l'autoprotolyse de l'eau ne modifie pas notablement la solution équivalente [6].
  - (4) Dans ce document, nous développerons les activités des solutés dans l'échelle des concentrations, en supposant les coefficients d'activité ( $\gamma$ ) proches de l'unité. De plus, afin d'alléger les écritures nous emploierons la notation usuelle simplifiée  $a_i = C_i$  qui présuppose que toutes les concentrations sont implicitement exprimées en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . D'où l'absence de terme  $C^\circ$  dans les écritures.

La solution équivalente est donc une solution de l'ion  $\text{OH}^-$  et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(5)</sup> selon :

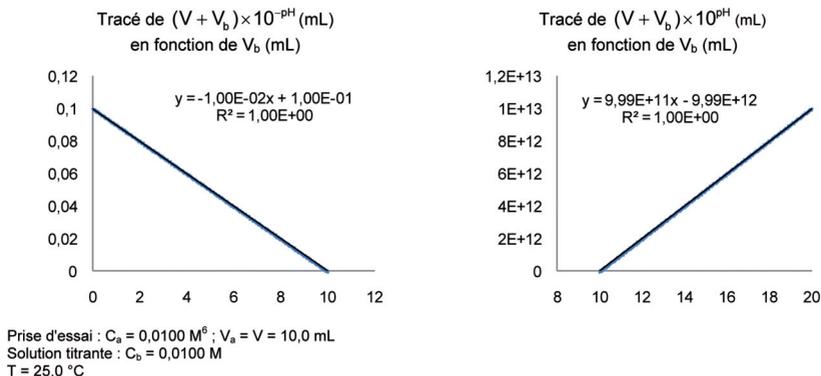
$$\text{pH} = -\log\left(\frac{K_e(V + V_b)}{C_b V_b - C_a V_a}\right)$$

soit :

$$(V + V_b) \times 10^{\text{pH}} = \frac{C_b V_b - C_a V_a}{K_e} \quad (2)$$

L'équation (2) montre que le tracé de la fonction  $(V + V_b) \times 10^{\text{pH}}$  en fonction de  $V_b$  doit fournir après l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_b$  égal au volume équivalent.

Dans ce type de titrage, au moins deux formes linéarisées de type Gran (1) et (2) peuvent être proposées afin de traiter le suivi pH-métrique du titrage. La figure 1 présente un exemple de titrage simulé par le logiciel *Dozzaqueux* [7] version 2.5, linéarisé à l'aide des relations (1) et (2).



**Figure 1 :** Titrage d'une solution d'acide fort par une solution de base forte.

## 2. TITRAGE D'UNE BASE FORTE PAR UN ACIDE FORT

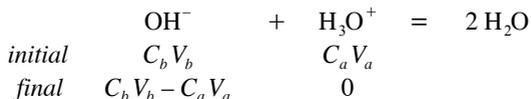
Soit le titrage d'une base forte par un acide fort. On note,  $C_b$  la concentration de la base forte titrée,  $V_b$  la prise d'essai engagée,  $C_a$  la concentration de l'acide titrant et  $V_a$  le volume de solution titrante. Notons  $V$  le volume de la solution titrée au départ du titrage.

(5) Si l'autoprotolyse de l'eau ne modifie pas notablement la solution équivalente [6].

(6) On utilise l'abréviation M :  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

## 2.1. Avant l'équivalence

Considérons un instant du titrage avant l'équivalence (acide introduit en défaut). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, réaction « totale », fournit :



La solution équivalente est donc une solution de l'ion  $\text{OH}^-$  et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(7)</sup> selon :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{K_e (V + V_b)}{C_b V_b - C_a V_a}\right)$$

soit :

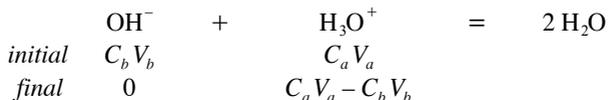
$$\boxed{(V + V_a) \times 10^{\text{pH}} = \frac{C_b V_b - C_a V_a}{K_e}} \quad (3)$$

L'équation (3) montre que le tracé de la fonction  $(V + V_a) \times 10^{\text{pH}}$  en fonction de  $V_a$  doit fournir avant l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des ordonnées se produise pour  $V_a$  tel que :  $C_b V_b - C_a V_a$  soit pour le volume équivalent :

$$V_a = \frac{C_b V_b}{C_a}.$$

## 2.2. Après l'équivalence

Considérons désormais un instant du titrage après l'équivalence (acide introduit en excès). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, réaction « totale », fournit :



La solution équivalente est donc une solution de l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ , et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions (cf. note 7) selon :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{V + V_a}\right)$$

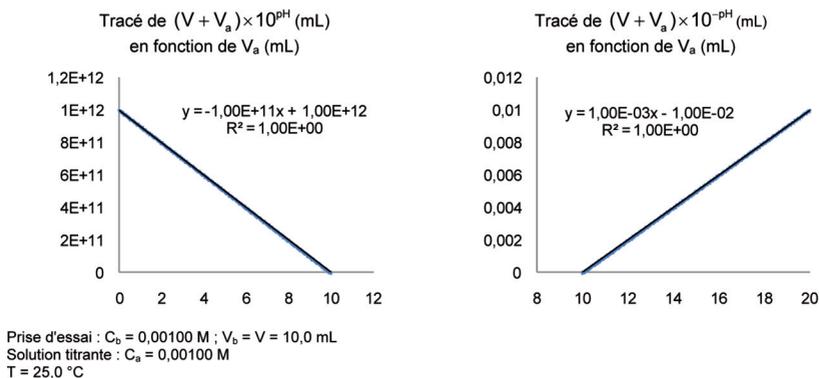
soit :

$$\boxed{(V + V_a) \times 10^{-\text{pH}} = C_a V_a - C_b V_b} \quad (4)$$

(7) Si l'autoprotolyse de l'eau ne modifie pas notablement la solution équivalente [6].

L'équation (4) montre que le tracé de la fonction  $(V + V_a) \times 10^{-\text{pH}}$  en fonction de  $V_a$  doit fournir après l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_a$  égal au volume équivalent.

Dans ce type de titrage, au moins deux formes linéarisées de type Gran (3) et (4) peuvent être proposées afin de traiter le suivi pH-métrique du titrage. La figure 2 présente un exemple de titrage simulé linéarisé à l'aide des relations (3) et (4).



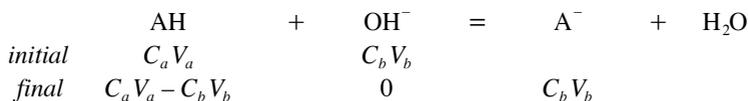
**Figure 2 :** Titrage d'une solution de base forte par une solution d'acide fort.

### 3. TITRAGE D'UN ACIDE FAIBLE PAR UNE BASE FORTE

Soit le titrage d'un acide faible (noté AH), associé à la constante d'acidité  $K_a$ , par une base forte. On note,  $C_a$  la concentration de l'acide faible titré,  $V_a$  la prise d'essai engagée,  $C_b$  la concentration de la base titrante et  $V_b$  le volume de solution titrante versé. Notons  $V$  le volume de la solution titrée au départ du titrage.

#### 3.1. Avant l'équivalence

Considérons un instant du titrage avant l'équivalence (base introduite en défaut). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution d'un couple acide faible/base conjuguée, et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(8)</sup> selon :

$$\text{pH} = -\text{pK}_a + \log\left(\frac{C_b V_b}{C_a V_a - C_b V_b}\right)$$

soit :

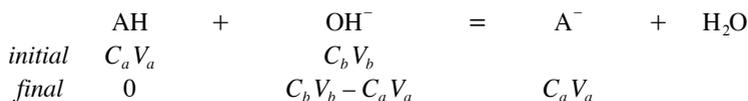
$$\boxed{10^{-\text{pH}} V_b = K_a \times \left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{C_b}\right)} \quad (5)$$

L'équation (5) montre que le tracé de la fonction  $V_b \times 10^{-\text{pH}}$  en fonction de  $V_b$  doit fournir avant l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des ordonnées se produise pour  $V_b$  tel que :  $C_a V_a - C_b V_b = 0$  soit pour le volume équivalent :

$$V_b = \frac{C_a V_a}{C_b}.$$

### 3.2. Après l'équivalence

Considérons désormais un instant du titrage après l'équivalence (base introduite en excès). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution contenant l'ion OH<sup>-</sup> et une base faible, le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions [6] (situations où l'ion hydroxyde l'emporte sur la base faible) selon :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{K_e (V + V_b)}{C_b V_b - C_a V_a}\right)$$

soit :

$$\boxed{(V + V_b) \times 10^{\text{pH}} = \frac{C_b V_b - C_a V_a}{K_e}} \quad (2)$$

On retrouve la forme linéarisée (2) qui fournit après l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_b$  égal au volume équivalent.

Dans ce type de titrage, au moins deux formes linéarisées de type Gran (5) et (2)

(8) Si la (ou les) réaction(s) prépondérante(s) (notée(s) RP) ne modifie(nt) pas notablement la solution équivalente [6].

peuvent être proposées afin de traiter le suivi pH-métrique du titrage. La figure 3 présente un exemple de titrage simulé linéarisé à l'aide des relations (5) et (2).

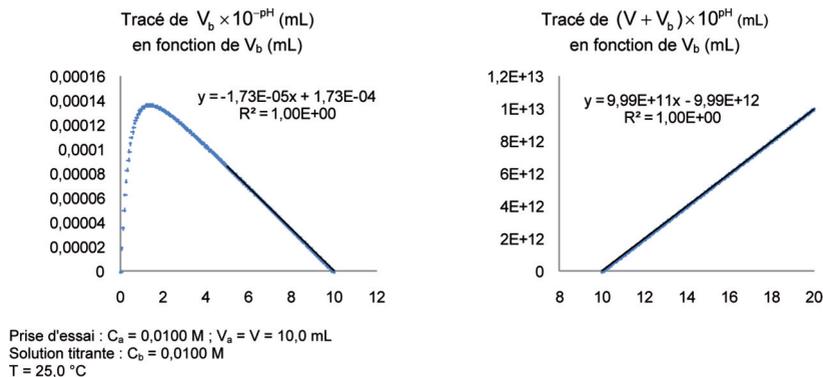


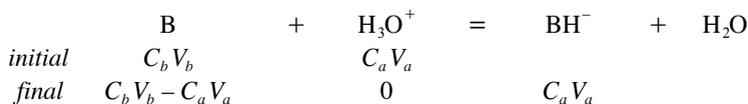
Figure 3 : Titrage d'une solution d'acide éthanóique (acide faible) par une solution de base forte.

#### 4. TITRAGE D'UNE BASE FAIBLE PAR UN ACIDE FORT

Soit le titrage d'une base faible (notée B), associée à la constante d'acidité  $K_a$ , par un acide fort. On note,  $C_b$  la concentration de la base faible titrée,  $V_b$  la prise d'essai engagée,  $C_a$  la concentration de l'acide titrant et  $V_a$  le volume de solution titrante versé. Notons V le volume de la solution titrée au départ du titrage.

##### 4.1. Avant l'équivalence

Considérons un instant du titrage avant l'équivalence (acide introduit en défaut). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution d'un couple acide faible/base conjuguée  $\text{BH}^+/\text{B}$ , et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(9)</sup> selon :

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log\left(\frac{C_b V_b - C_a V_a}{C_a V_a}\right)$$

(9) Si la (ou les) RP ne modifie(nt) pas notablement la solution équivalente [6].

soit :

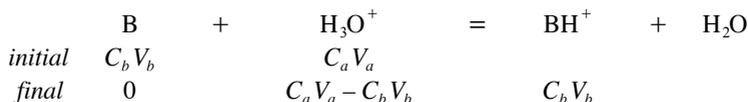
$$\boxed{10^{\text{pH}} V_a = \frac{1}{K_a} \times \left( \frac{C_b V_b - C_a V_a}{C_a} \right)} \quad (6)$$

L'équation (6) montre que le tracé de la fonction  $V_a \times 10^{\text{pH}}$  en fonction de  $V_a$  doit fournir avant l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des ordonnées se produise pour  $V_a$  tel que :  $C_b V_b - C_a V_a = 0$  soit pour le volume équivalent :

$$V_a = \frac{C_b V_b}{C_a}.$$

## 4.2. Après l'équivalence

Considérons désormais un instant du titrage après l'équivalence (acide introduit en excès). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution de l'ion oxonium et d'acide faible, et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions [6] (ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  l'emportant sur l'acide faible) selon :

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log\left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{V + V_a}\right)$$

soit :

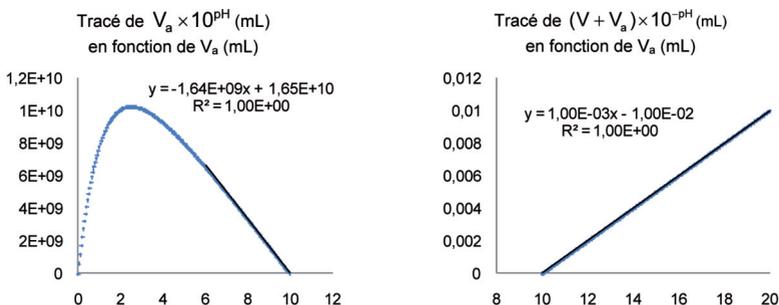
$$\boxed{(V + V_a) \times 10^{-\text{pH}} = C_a V_a - C_b V_b} \quad (4)$$

On retrouve la forme linéarisée (4) qui fournit après l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des ordonnées se produise pour  $V_a$  égal au volume équivalent.

Dans ce type de titrage, au moins deux formes linéarisées de type Gran (6) et (4) peuvent être proposées afin de traiter le suivi pH-métrique du titrage. La figure 4 (cf. page ci-contre) présente un exemple de titrage simulé linéarisé à l'aide des relations (6) et (4).

## 5. TITRAGE D'UN ACIDE FAIBLE PAR UNE BASE FAIBLE

Soit le titrage (moins courant) d'un acide faible (noté  $\text{A}_1\text{H}$ ), associé à la constante d'acidité  $K_{a1}$ , par une base faible (notée  $\text{B}_2$ ), associée à la constante d'acidité  $K_{a2}$ . On note,  $C_a$  la concentration de l'acide faible titré,  $V_a$  la prise d'essai engagée,  $C_b$  la



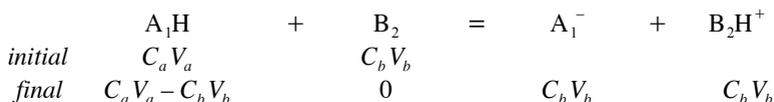
Prise d'essai :  $C_b = 0,00100 \text{ M}$  ;  $V_b = V = 10,0 \text{ mL}$   
 Solution titrante :  $C_a = 0,00100 \text{ M}$   
 $T = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

**Figure 4 :** Titrage d'une solution d'ammoniac (base faible) par une solution d'acide fort.

concentration de la base titrante et  $V_b$  le volume de solution titrante versé. Notons  $V$  le volume de la solution titrée au départ du titrage.

### 5.1. Avant l'équivalence

Considérons un instant du titrage avant l'équivalence (base introduite en défaut). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution d'un couple acide faible/base conjuguée  $A_1H/A_1^-$ , et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(10)</sup> selon :

$$\text{pH} = \text{p}K_{a1} + \log\left(\frac{C_b V_b}{C_a V_a - C_b V_b}\right)$$

soit

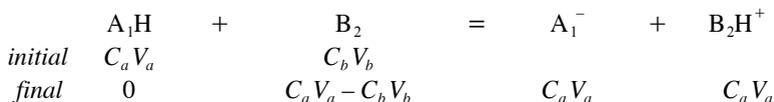
$$\boxed{10^{-\text{pH}} V_b = K_{a1} \times \left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{C_b}\right)} \quad (7)$$

L'équation (7), similaire à l'équation (5) montre que le tracé de la fonction  $V_b \times 10^{-\text{pH}}$  en fonction de  $V_b$  doit fournir avant l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_b$  égal au volume équivalent.

(10) Si la (ou les) RP ne modifie(nt) pas notablement la solution équivalente [6].

## 5.2. Après l'équivalence

Considérons désormais un instant du titrage après l'équivalence (base introduite en excès). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution d'un couple acide faible/base conjuguée  $\text{B}_2\text{H}^+/\text{B}_2$ , et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(11)</sup> selon :

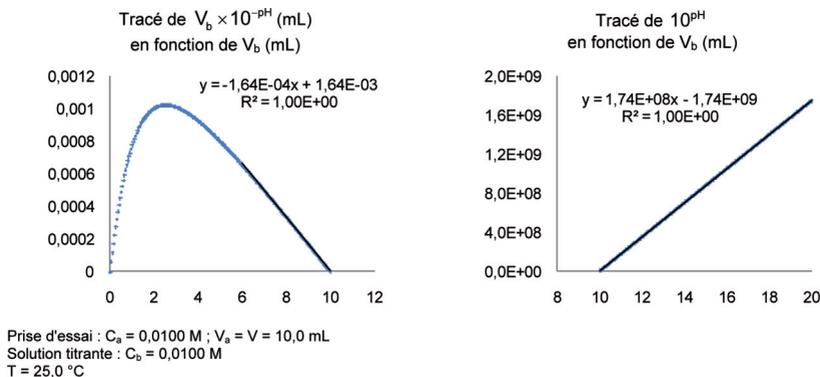
$$\text{pH} = \text{pK}_{a2} + \log\left(\frac{C_b V_b - C_a V_a}{C_a V_a}\right)$$

soit

$$10^{\text{pH}} = \frac{1}{K_{a2}} \times \left(\frac{C_b V_b - C_a V_a}{C_a V_a}\right) \quad (8)$$

L'équation (8) montre que le tracé de la fonction  $10^{\text{pH}}$  en fonction de  $V_b$  doit fournir après l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_b$  égal au volume équivalent.

Dans ce type de titrage, au moins deux formes linéarisées de type Gran (5) et (8) peuvent être proposées afin de traiter le suivi pH-métrique du titrage. La figure 5 présente un exemple de titrage simulé linéarisé à l'aide des relations (5) et (8).



**Figure 5 :** Titrage d'une solution d'acide méthanoïque (acide faible) par une solution d'ammoniac (base faible).

(11) Si la (ou les) RP ne modifie(nt) pas notablement la solution équivalente [6].

## 6. TITRAGE D'UNE BASE FAIBLE PAR UN ACIDE FAIBLE

Soit le titrage (moins courant) d'une base faible (noté  $B_2$ ), associée à la constante d'acidité  $K_{a2}$ , par un acide faible (notée  $A_1H$ ), associé à la constante d'acidité  $K_{a1}$ . On note,  $C_b$  la concentration de la base faible titrée,  $V_b$  la prise d'essai engagée,  $C_a$  la concentration de l'acide titrant et  $V_a$  le volume de solution titrante versé. Notons  $V$  le volume de la solution titrée au départ du titrage.

### 6.1. Avant l'équivalence

Considérons un instant du titrage avant l'équivalence (acide introduit en défaut). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



Alors, la solution équivalente est une solution d'un couple acide faible/base conjuguée  $B_2H^+/B_2$ , et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(12)</sup> selon :

$$pH = pK_{a2} + \log\left(\frac{C_b V_b - C_a V_a}{C_a V_a}\right)$$

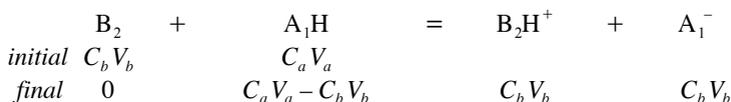
soit :

$$10^{pH} V_a = \frac{1}{K_{a2}} \times \left(\frac{C_b V_b - C_a V_a}{C_a}\right) \quad (9)$$

L'équation (9), similaire à l'équation (6) montre que le tracé de la fonction  $V_a \times 10^{pH}$  en fonction de  $V_a$  doit fournir avant l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des abscisses se produise pour  $V_a$  égal au volume équivalent.

### 6.2. Après l'équivalence

Considérons désormais un instant du titrage après l'équivalence (acide introduit en excès). Un tableau d'avancement construit sur la réaction de titrage, traitée comme une réaction totale, fournit :



(12) Si la (ou les) RP ne modifie(nt) pas notablement la solution équivalente [6].

Alors, la solution équivalente est une solution d'un couple acide faible/base conjuguée  $A_1H/A_1^-$ , et le pH de la solution peut être évalué pour la plupart des solutions<sup>(13)</sup> selon :

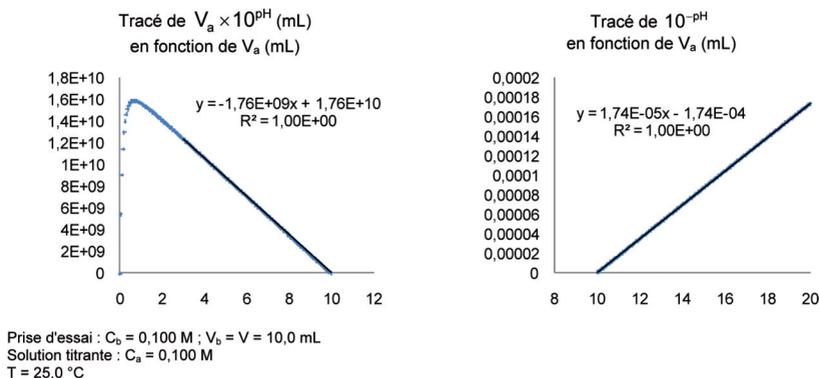
$$pH = pK_{a1} + \log\left(\frac{C_b V_b}{C_a V_a - C_b V_b}\right)$$

soit :

$$10^{-pH} = K_{a1} \times \left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{C_b V_b}\right) \quad (10)$$

L'équation (10) montre que le tracé de la fonction  $10^{-pH}$  en fonction de  $V_a$  doit fournir après l'équivalence une droite telle que son intersection avec l'axe des ordonnées se produise pour  $V_a$  égal au volume équivalent.

Dans ce type de titrage, au moins deux formes linéarisées de type Gran (6) et (10) peuvent être proposées afin de traiter le suivi pH-métrique du titrage. La figure 6 présente un exemple de titrage simulé linéarisé à l'aide des relations (6) et (10).



**Figure 6 :** Titrage d'une solution d'ammoniac (base faible) par une solution d'acide méthanoïque (acide faible).

## CONCLUSION

Le tableau donné en annexe rappelle pour chaque type de suivi pH-métrique, les formes linéarisées de type Gran obtenues. À chaque type de titrage correspondent deux linéarisations de type Gran spécifiques. Il est important de noter que si la linéarisation concernant la partie « avant équivalence » peut être mise en œuvre dès le début du titrage, elle n'est pas nécessairement celle qui conduit au traitement linéaire le plus aisé et donc le plus précis.

(13) Si la (ou les) RP ne modifie(nt) pas notablement la solution équivalente [6].

On rappelle que toute forme linéarisée fournit une droite telle que son intersection avec l'axe des ordonnées se produise pour une abscisse égale au volume équivalent.

## REMERCIEMENTS

J'exprime mes sincères remerciements à Xavier BATAILLE pour son actif rôle de réviseur durant l'élaboration de ce document.

## BIBLIOGRAPHIE ET NETOGRAPHIE

- [1] Graphe de Gran :  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Méthode\\_de\\_Gran](http://fr.wikipedia.org/wiki/Méthode_de_Gran)
- [2] GRAN G. « Détermination of the equivalence point in potentiometric titrations ». *Acta Chemica Scandinavica*, 1950, vol. 4, p. 559-577. Cité par [1].
- [3] LOPES L. Linéarisations de type Gran :  
[http://www.educnet.education.fr/rnchimie/chi\\_gen/dossiers/lopes/methode\\_gran.pdf](http://www.educnet.education.fr/rnchimie/chi_gen/dossiers/lopes/methode_gran.pdf)
- [4] VERGNES M. et GILLES A. « Dosages pH-métriques : Méthode graphique de détermination du point d'équivalence : méthode de GRAN ». *Bull. Un. Phys.*, mai 1988, vol. 82, n° 704, p. 577-584.
- [5] LOPES L. « Réactions "totales" en solution aqueuse ». *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, mars 2005, vol. 99, n° 872 (1), p. 385-396.
- [6] LOPES L. « Méthode de la réaction prépondérante : proposition d'une approche quantitative systématisée ». *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, mai 2008, vol. 102, n° 904, p. 707-726.
- [7] BIAN SAN J.-M. Logiciel Dozzaqueux (version 2.5) :  
<http://jeanmarie.biansan.free.fr/dozzaqueux.html>



**Ludovic LOPES**

Docteur en chimie  
 Agrégé de sciences physiques (chimie)  
 Ancien élève de l'ENS de Lyon  
 Professeur en BTS chimie  
 Lycée Léonard de Vinci  
 Calais (Pas-de-Calais)

## Annexe

### Méthodes de Gran

Titrages acido-basiques					
Type de titrage	Équation bilan de la forme	Forme linéarisée avant l'équivalence	Forme linéarisée après l'équivalence	Remarques	
Acide fort par base forte	$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$	$(V + V_b) \times 10^{-\text{pH}}$	$(V + V_b) \times 10^{\text{pH}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <math>V</math> : volume de la solution titrée au départ du titrage</li> <li>◆ <math>V_b</math> : volume de solution titrante coulé</li> </ul>	
Base forte par acide fort	$\text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ = 2 \text{H}_2\text{O}$	$(V + V_a) \times 10^{\text{pH}}$	$(V + V_a) \times 10^{-\text{pH}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <math>V</math> : volume de la solution titrée au départ du titrage</li> <li>◆ <math>V_a</math> : volume de solution titrante coulé</li> </ul>	
Acide faible par base forte	$\text{AH} + \text{OH}^- = \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$	$V_b \times 10^{-\text{pH}}$	$(V + V_b) \times 10^{\text{pH}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <math>V</math> : volume de la solution titrée au départ du titrage</li> <li>◆ <math>V_b</math> : volume de solution titrante coulé</li> </ul>	
Base faible par acide fort	$\text{B} + \text{H}_3\text{O}^+ = \text{BH}^+ + \text{H}_2\text{O}$	$V_a \times 10^{\text{pH}}$	$(V + V_a) \times 10^{-\text{pH}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <math>V</math> : volume de la solution titrée au départ du titrage</li> <li>◆ <math>V_a</math> : volume de solution titrante coulé</li> </ul>	
Acide faible par base faible	$\text{AH} + \text{B} = \text{A}^- + \text{BH}^+$	$V_b \times 10^{-\text{pH}}$	$10^{\text{pH}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <math>V_b</math> : volume de solution titrante coulé</li> </ul>	
Base faible par acide faible	$\text{B} + \text{AH} = \text{BH}^+ + \text{A}^-$	$V_a \times 10^{\text{pH}}$	$10^{-\text{pH}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <math>V_a</math> : volume de solution titrante coulé</li> </ul>	