

3.A2 – Calculs littéraux et courbes pour les titrages directs

Compétence travaillée :

- Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale.
- Capacité numérique** : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.

I - Présentation

On étudie un titrage dont l'équation de la réaction support est : $aA + bB \rightarrow cC$.

Le réactif A est le réactif titrant. La solution titrante a une concentration C_A connu. Le volume $V_{A,Eq}$ de solution titrante versé à l'équivalence est également connu (déterminé expérimentalement).

Le réactif B est le réactif titré. La solution titrée a une concentration inconnue. On en utilise un volume V_B connu.

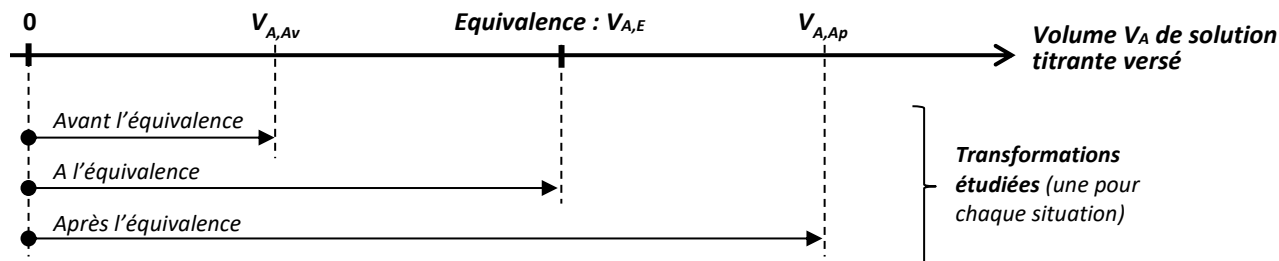
Les objectifs sont :

- d'établir les **formules littérales** permettant de calculer les quantités de matières de A, B et C pour chaque valeur du volume de solution titrante versé ;
- à partir de ces formules, de **tracer les courbes** donnant les quantités de matières de A, B et C en fonction du volume de solution titrante versé.

On utilisera les notations suivantes : $n_{A,i}$, $n_{A,f}$...

II - Principe général

- Trois situations sont à considérer : avant l'équivalence ; à l'équivalence ; après l'équivalence.
- Dans chaque cas, on prendra **le début du titrage comme état initial**.



Remarques :

B étant le réactif titré, $n_{B,i}$ a la même valeur pour les trois situations étudiées.

En revanche, A étant le réactif titrant, $n_{A,i}$ dépend de V_A versé, et dépend donc de la situation étudiée.

III - Expressions littérales des quantités de matières

1 - Questions générales

- Donner l'expression de $n_{B,i}$ en fonction de C_B et V_B .
- Donner l'expression de $n_{A,i}$ en fonction de C_A et V_A versé.
- Dresser le tableau d'avancement avec les formules littérales (ce tableau sera utilisable pour les trois situations étudiées).

2 - A l'équivalence : détermination de $V_{A,Eq}$

- Rappeler les spécificités de l'équivalence.
- En déduire l'expression de $x_{f,E}$ en fonction de C_A , $V_{A,Eq}$, a et b ainsi que la relation entre $n_{A,i,E}$ et $n_{B,i}$.
- Conclure en donnant les expressions de $n_{A,f,E}$, $n_{B,f,E}$ et de $n_{C,f,E}$ en fonction de C_A , $V_{A,Eq}$, a , b et c .

3 - Avant l'équivalence

- Quel est le réactif en défaut avant l'équivalence ?
- En déduire l'expression de $x_{f,Av}$.
- Conclure en donnant les expressions de $n_{A,f,Av}$, $n_{B,f,Av}$ et de $n_{C,f,Av}$ en fonction de C_A , $V_{A,Eq}$, a , b et c .

4 - Après l'équivalence

- 1) Quel est le réactif en défaut après l'équivalence ?
- 2) En déduire l'expression de $x_{f,Ap}$.
- 3) Conclure en donnant les expressions de $n_{A,f,Ap}$, $n_{B,f,Ap}$ et de $n_{C,f,Ap}$ en fonction de C_A , $V_{A,E}$, a , b et c .

5 - Récapitulatif

Recopier et compléter le tableau suivant :

	Avant l'équivalence	A l'équivalence	Après l'équivalence
$n_{A,f}$			
$n_{B,f}$			
$n_{C,f}$			

IV - Tracé des courbes

Une version incomplète du programme qui permet de tracer les courbes est proposée ci-contre.

1 - Compréhension du programme

- 1) Recopier et compléter les commentaires des lignes 3, 7, 10.
- 2) Recopier et compléter les instructions des lignes 44, 45, 46 et 47.

2 - Tester le programme

Télécharger, compléter et tester le programme.

```

1  import matplotlib.pyplot as plt
2
3  # === Informations sur ... ===
4  a = 1
5  b = 1
6  c = 1
7  # === Informations sur ... ===
8  CA = 0.01 # Concentration en mol/L
9  VA_Eq = 0.012 # Volume de A versé à l'équivalence en L
10 # Informations ...
11 VB = 0.1 # Volume de B en litre
12
13 # === Initialisation des listes de valeurs ===
14 vals_VA = []
15 vals_nA = []
16 vals_nB = []
17 vals_nC = []
18
19 # === Calcul et ajout des valeurs AVANT L'EQUIVALENCE ===
20 # Remarque : On fait de choix de prendre 10 valeurs de VA
21 # avant l'équivalence. Ainsi le pas est de VA_Eq/10.
22 for i in range(0,10,1):
23     VA = i*VA_Eq/10
24     nA = 0
25     nB = b / a * CA * (VA_Eq - VA)
26     nC = c / a * CA * VA
27     vals_VA.append(VA)
28     vals_nA.append(nA)
29     vals_nB.append(nB)
30     vals_nC.append(nC)
31
32 # === Calcul et ajout des valeurs A L'EQUIVALENCE ===
33 VA = VA_Eq
34 nA = 0
35 nB = 0
36 nC = c / a * CA * VA_Eq
37 vals_VA.append(VA)
38 vals_nA.append(nA)
39 vals_nB.append(nB)
40 vals_nC.append(nC)
41
42 # === Calcul et ajout des valeurs APRES L'EQUIVALENCE ===
43 for i in range(11,20,1):
44     VA = ...
45     nA = ...
46     nB = ...
47     nC = ...
48     vals_VA.append(VA)
49     vals_nA.append(nA)
50     vals_nB.append(nB)
51     vals_nC.append(nC)
52
53 # === Tracé des courbes ===
54 plt.plot(vals_VA, vals_nA, label='Quantité de matière de A')
55 plt.plot(vals_VA, vals_nB, label='Quantité de matière de B')
56 plt.plot(vals_VA, vals_nC, label='Quantité de matière de C')
57 plt.legend();
58 plt.title('Titration directe aA + bB -> cC')
59 plt.xlabel('Volume de A versé en L')
60 plt.ylabel('Quantité de matière en mol')
61 plt.grid(True)
62 plt.show()

```