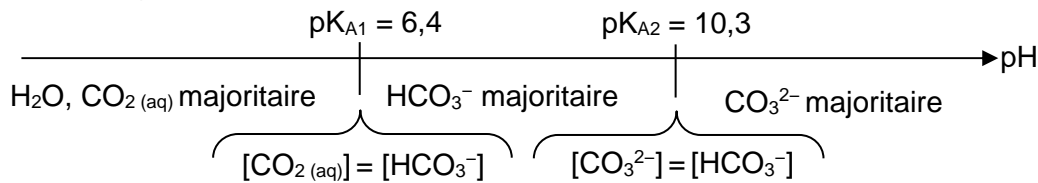


**EXERCICE III. LE DIOXYDE DE CARBONE : LE RÉDUIRE DANS L'ATMOSPHÈRE ET LE VALORISER (5 points)**

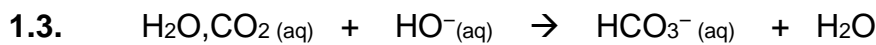


1.2. À l'équivalence du titrage par le dioxyde de carbone, la méthode des tangentes (<http://www.labolycee.org/animations/methode-tangente.swf>) permet de déterminer le pH du milieu réactionnel. Ce pH est égal à 8,5.

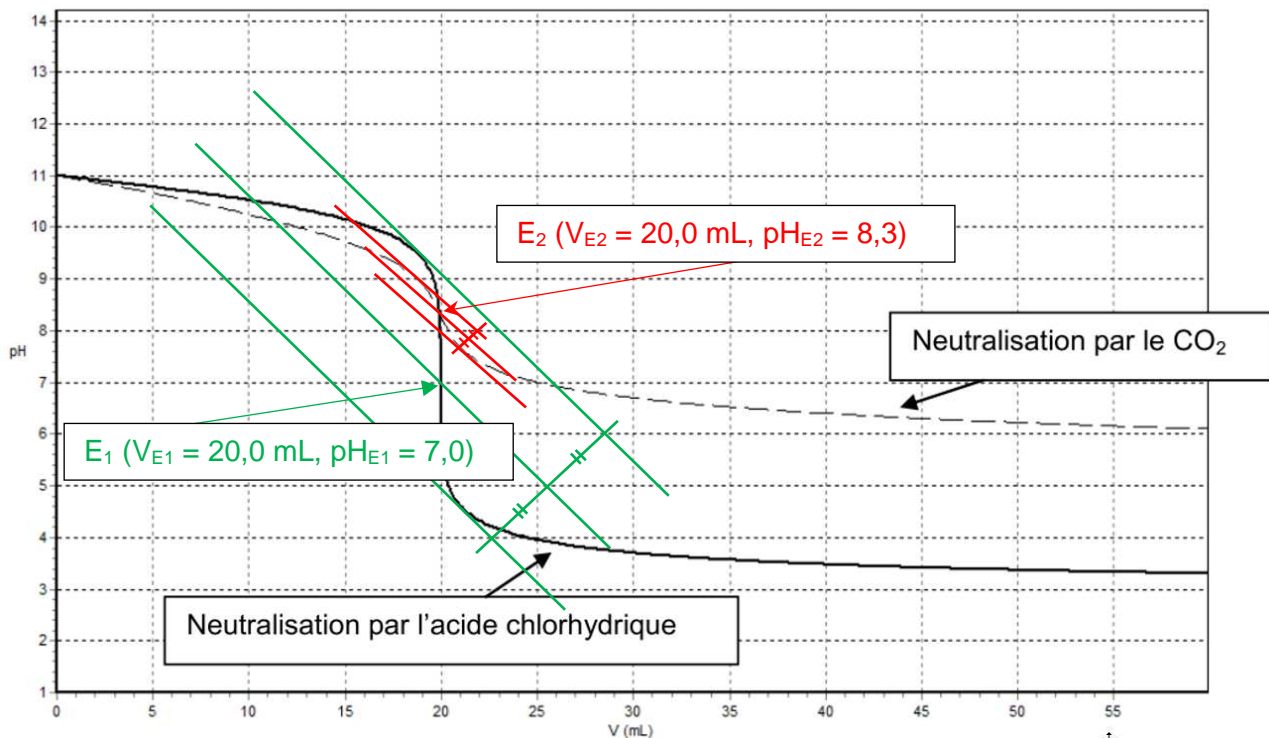
On construit un diagramme de prédominance :



On en déduit que  $\text{HCO}_3^-$  est l'espèce carbonatée qui prédomine à l'équivalence.



1.4. Recherche des points d'équivalence par la méthode des tangentes :



- Titrage des  $\text{HO}^-$  par les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  :  $\text{pH}_{E1} = 7,0$  et  $V_{E1} = 20,0 \text{ mL}$ .
- Titrage des  $\text{HO}^-$  par le  $\text{CO}_2$  :  $\text{pH}_{E2} = 8,3$  et  $V_{E2} = 20,0 \text{ mL}$ .

Dans les deux cas, le volume équivalent est de 20,0 mL.

Concernant le pH à l'équivalence, les deux neutralisations permettent de respecter le critère évoqué dans le document 1, à savoir un pH des eaux usées compris entre 6,5 et 8,5.

1.5. Supposons que deux gouttes correspondent à un volume de solution titrante ajoutée égal à 0,1 mL. Sur le document 2, on constate qu'avec l'acide chlorhydrique  $5,5 < \text{pH}_1 < 8,6$  et avec le dioxyde de carbone  $8,2 < \text{pH}_2 < 8,4$ .

Effectuer la "neutralisation" avec la solution d'acide chlorhydrique expose à renvoyer dans le milieu naturel une eau usée de pH inférieur à 6,5 tandis que le pH varie très peu autour de l'équivalence dans le cas de l'utilisation du dioxyde de carbone.

Il est donc préférable de réaliser l'opération à l'aide de dioxyde de carbone.

## 2. Comment réduire le dioxyde de carbone dans l'atmosphère et le valoriser ?

*Il est important de coller à la problématique : il est hors sujet de développer l'effet de serre.*

L'accélération du développement industriel et les besoins croissants en énergie vont dans le sens d'une augmentation de la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Pour contenir cette progression sans hypothéquer le développement industriel, différentes voies sont possibles comme celles présentées dans les documents 3 à 7 :

- Limiter la quantité de CO<sub>2</sub> produite ;
- Stocker le CO<sub>2</sub> ;
- Valoriser le CO<sub>2</sub> pour en faire une matière première.

1. Le stockage en grande profondeur est une voie intéressante là où la production de CO<sub>2</sub> est concentrée (sur des installations industrielles, par exemple). Sous forte pression, le dioxyde de carbone est porté à l'état liquide et si on parvient à l'injecter sous des couches géologiques imperméables (argiles, par exemple) il peut être conservé soit définitivement soit en vue d'une utilisation ultérieure.

2. Dans le cas d'une production diffuse de CO<sub>2</sub> (transport ou chauffage par combustibles fossiles, par exemple), il n'est pas simple de traiter le CO<sub>2</sub> produit. Il faut plutôt éviter de le produire :

- À court terme, par des solutions technologiques d'optimisation des dispositifs consommant des énergies fossiles. Il est également possible (comme le montre le document 6) de produire des biocarburants grâce à des biocatalyseurs : c'est une alternative à la consommation de combustibles fossiles mais qui n'empêche pas le retour du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère lors de la combustion.
- À plus long terme, en ayant recours à des technologies qui utilisent des vecteurs d'énergie (comme le dihydrogène) qui ne consomment pas de combustibles fossiles.

3. La valorisation du CO<sub>2</sub> comme une matière première est une option très intéressante :

- Le document 4 montre comment le dioxyde de carbone peut intervenir comme réactif en synthèse organique. La synthèse de l'urée, proposée dans le document, permet de former des corps organiques à partir de corps minéraux (dont le CO<sub>2</sub>) et peut se révéler une bonne alternative en remplacement du pétrole dont les ressources seront nécessairement limitées dans le futur. Les résines urée-formol sont des plastiques très utilisés.
- Le document 7 indique une autre voie, plus "douce", ayant recours à la biocatalyse. Là encore, ce sont des développements vers la chimie organique qui sont possibles.

4. La valorisation du CO<sub>2</sub> en remplacement des solvants organiques

- Le CO<sub>2</sub> peut s'avérer un auxiliaire efficace en génie chimique. Le document 5 montre comment ce gaz peut devenir un substitut des solvants organiques consommés en grande quantités par l'industrie chimique. Remplacer ces solvants qu'il faut produire (à partir du pétrole), collecter après leur utilisation et retraiter pour limiter la pollution inscrit le recyclage du CO<sub>2</sub> dans une démarche environnementale constructive.