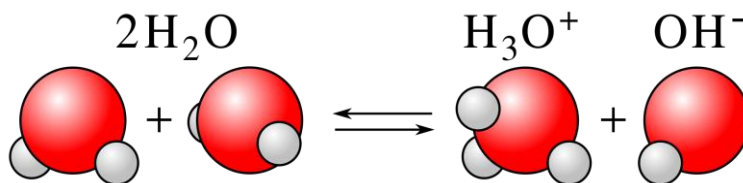


# Réaction chimique par échange de proton

## Extraits de sujets corrigés du bac S

© <http://labolycee.org>



Notions et contenus	Compétences exigibles		
Réaction entre un acide fort et une base forte : aspect thermique de la réaction. Sécurité. Le pH : définition, mesure.	<i>Mettre en évidence l'influence des quantités de matière mises en jeu sur l'élévation de température observée.</i>  <i>Mesurer le pH d'une solution aqueuse.</i>	☺	⊗
Théorie de Brønsted : acides faibles, bases faibles ; notion d'équilibre ; produit ionique de l'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconnaître un acide, une base dans la théorie de Brønsted. <a href="https://youtu.be/IE71EjdyVKs">https://youtu.be/IE71EjdyVKs</a></li> <li>Utiliser les symbolismes <math>\rightarrow</math>, <math>\leftarrow</math> et <math>\rightleftharpoons</math> dans l'écriture des réactions chimiques pour rendre compte des situations observées.</li> </ul>	☺	⊗
Réactions quasi-totales en faveur des produits : - acide fort, base forte dans l'eau ; - mélange d'un acide fort et d'une base forte dans l'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculer le pH d'une solution aqueuse d'acide fort <a href="https://youtu.be/IBou4ExxKCw">https://youtu.be/IBou4ExxKCw</a> ou de base forte <a href="https://youtu.be/tnltM-xxf74">https://youtu.be/tnltM-xxf74</a> de concentration usuelle.</li> </ul>	☺	⊗
Théorie de Brønsted : couple acide-base ; constante d'acidité Ka. Échelle des pKa dans l'eau, domaines de prédominance (cas des acides carboxyliques, des amines, des acides $\alpha$ -aminés).	Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide-base connaissant le pH du milieu et le pKa du couple. <a href="https://youtu.be/tAdUrKHB0S4">https://youtu.be/tAdUrKHB0S4</a>  <a href="https://youtu.be/ASSnAS91JBM">https://youtu.be/ASSnAS91JBM</a>  <i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour déterminer une constante d'acidité.</i>	☺	⊗
Contrôle du pH : solution tampon ; rôle en milieu biologique.	Extraire et exploiter des informations pour montrer l'importance du contrôle du pH dans un milieu biologique.	☺	⊗

Les vidéos sont réalisées par le professeur Thierry Collet du site <http://exovideo.com/>

Les corrigés sont rédigés par les professeurs de l'association Labolycée.  
Toute reproduction de ces corrigés sans l'autorisation de l'association est interdite.  
Ces corrigés sont accessibles gratuitement et sans inscription sur <http://labolycee.org>

Contacts : <https://twitter.com/Labolycee> ; <https://www.facebook.com/labolycee/> ; [labolycee@labolycee.org](mailto:labolycee@labolycee.org)

### Amérique du Nord 2013 : Aspirine

L'aspirine ou (acide acétylsalicylique) possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le  $pK_a$  du couple acide/base ainsi constitué est égal à 3,5.

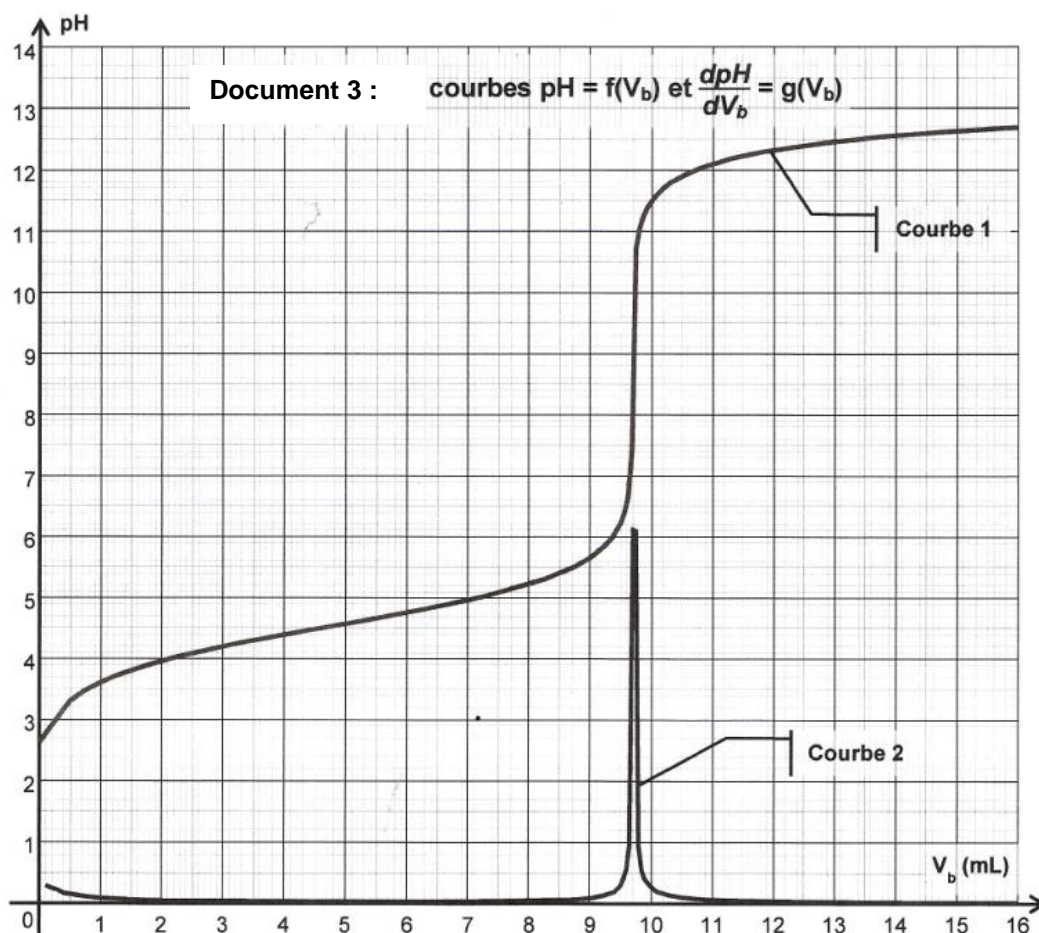
**Lors de la digestion, le pH de l'estomac est voisin de 2. Quelle est la forme prédominante du couple aspirine/ion acétylsalicylate dans l'estomac ?**

**Justifier par un diagramme de prédominance.**

[CORRECTION](#)

### Antilles 2013 septembre

### EXERCICE 2 – UN EXEMPLE DE CHIMIE VERTE : LA SYNTHÈSE DE L'IBUPROFÈNE



Le  $pK_a$  du couple auquel appartient l'ibuprofène  $R\text{COOH}$  est, à  $25^\circ\text{C}$ ,  $pK_a = 4,5$ .

**Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces du couple  $R\text{-COOH}/R\text{-COO}^-$ .**

**Écrire la réaction de dissociation de  $R\text{-COOH}$  dans l'eau.**

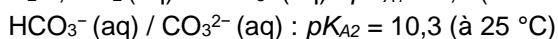
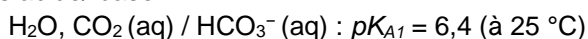
**En utilisant le document 3, déterminer quelle espèce prédomine en début de titrage.**

[CORRECTION](#)

### Antilles 2014

Pour pouvoir déverser des eaux usées dans les canalisations ou dans les eaux du domaine public, il faut que celles-ci aient un  $pH$  généralement compris entre 6,5 et 8,5.

Couples acide/ base :



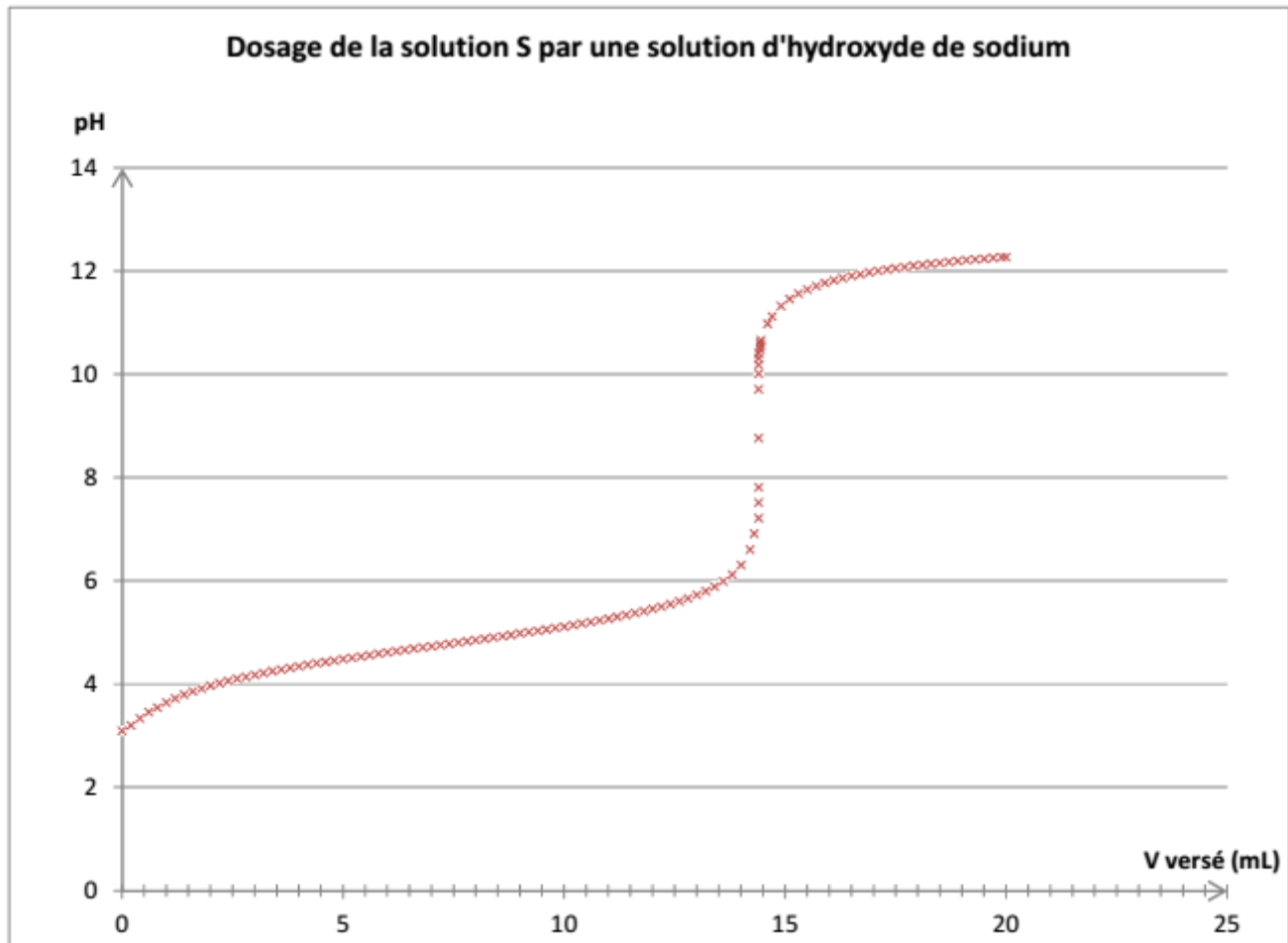
**Écrire l'équation de dissociation de  $\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2(\text{aq})$  puis de  $\text{HCO}_3^-$  dans l'eau.**

**Quelle espèce prédomine dans les eaux déversées dans les canalisations ? Justifier par un diagramme de prédominance.**

[CORRECTION](#)

### Antilles 2015

- $pK_{a1} (\text{NH}_3^+-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{NH}_3^+-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-_{(\text{aq})}) = 2,5$
- $pK_{a2} (\text{NH}_3^+-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-_{(\text{aq})} / \text{NH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-_{(\text{aq})}) = 4,9$



À l'aide des données et de vos connaissances, justifier que l'espèce chimique dosée dans la solution S est  $\text{NH}_3^+-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-_{(\text{aq})}$ .

Écrire son équation de dissociation dans l'eau.

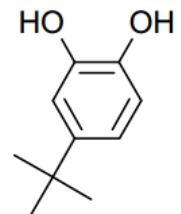
[CORRECTION](#)

### Antilles 2016

Le styrène, sensible à la lumière et aux températures élevées, peut se polymériser dans la bouteille en l'absence de précaution. Pour éviter cela, la solution de styrène est « stabilisée » par ajout d'un inhibiteur de polymérisation : le 4-tert-butylpyrocatechol de formule topologique suivante :

Justifier que l'on trouve dans les tables de données deux pKa, respectivement 9 et 13, pour le 4-tert-butylpyrocatechol.

Écrire les deux couples acide-base issus du diacide en notant  $\text{H}_2\text{A}$  le 4-tert-butylpyrocatechol. Établir un diagramme de prédominance faisant intervenir les deux couples.



[CORRECTION](#)

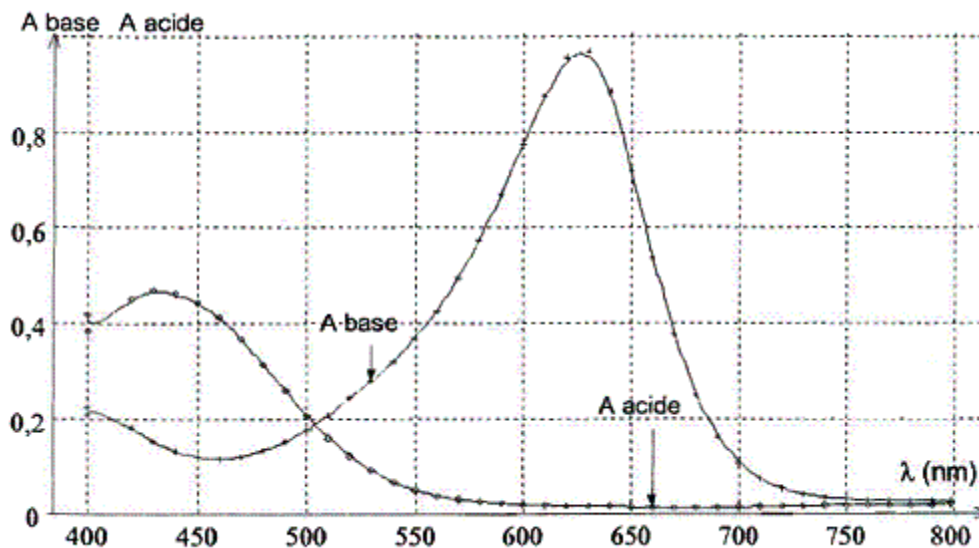
Amérique du Sud 2006 **EXERCICE I. DETERMINATION DE LA CONSTANTE D'ACIDITÉ D'UN INDICATEUR COLORÉ : LE VERT DE BROMOCRÉSOL (4 points)**

Le vert de bromocrésol est un indicateur coloré acido-basique. C'est un couple acide-base dont l'acide  $HInd$  et la base  $Ind^-$  possèdent deux couleurs différentes : la forme acide est jaune tandis que la forme basique est bleue.

Le but de cet exercice est de déterminer la valeur de la constante d'acidité du vert de bromocrésol

**2. Détermination de la constante d'acidité du vert de bromocrésol par spectrophotométrie.**

À l'aide d'un spectrophotomètre, on relève l'absorbance des formes acide et basique du vert de bromocrésol. On obtient les courbes suivantes :



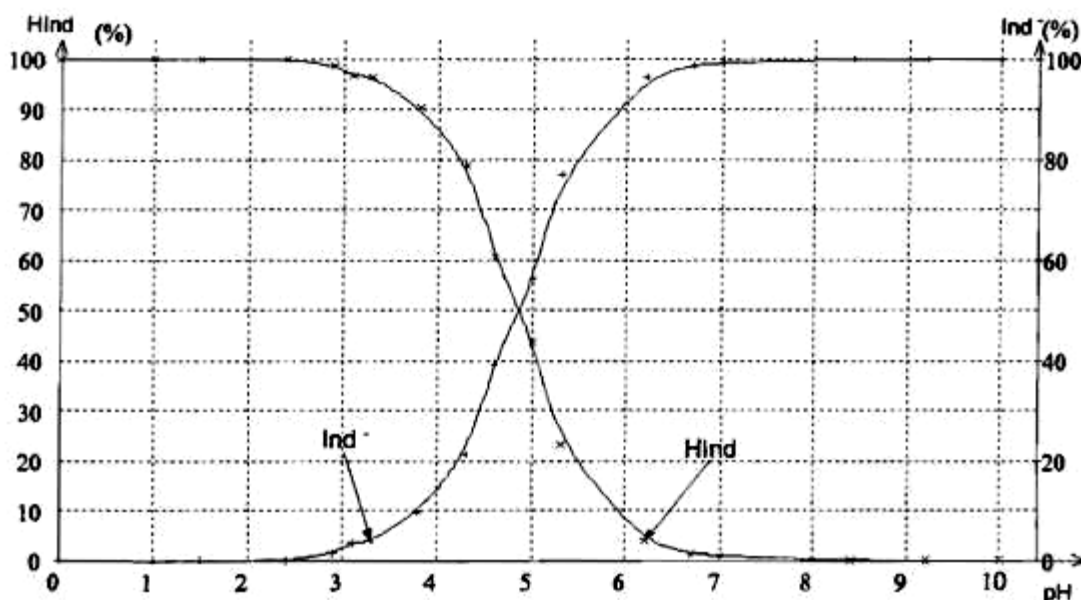
2.1. À quelle longueur d'onde  $\lambda$  faut-il régler le spectrophotomètre afin que l'absorbance de la forme acide soit quasiment nulle et celle de la forme basique du vert de bromocrésol soit maximale ?

[Voir la correction](#)

2.2. On utilise seize solutions de volumes identiques mais de pH différents dans lesquelles on ajoute le même volume de la solution commerciale S de vert de bromocrésol. Après avoir réglé le spectrophotomètre, on mesure l'absorbance de ces seize solutions (résultats voir tableau).

Solution n°	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	1,5	2,4	2,9	3,1	3,3	3,8	4,3	4,6
Absorbance	0	0	0,013	0,032	0,036	0,094	0,206	0,382
Teinte de la solution	jaune	jaune	jaune	jaune	jaune	verte	verte	verte
Solution n°	9	10	11	12	13	14	15	16
pH	5,0	5,3	6,2	6,7	7,0	8,4	9,2	10,0
Absorbance	0,546	0,746	0,790	0,886	0,962	0,970	0,970	0,970
Teinte de la solution	verte	verte	bleue	bleue	bleue	bleue	bleue	bleue

À partir des mesures du tableau précédent, il est possible de calculer les pourcentages de forme acide et de forme basique présentes dans chacune des seize solutions et ainsi de construire le diagramme de distribution des espèces du couple HInd/Ind<sup>-</sup>.



2.2. En quel point du diagramme de distribution des espèces a-t-on  $[HInd] = [Ind^-]$  ? En déduire la valeur du  $pK_A$  du vert de bromocrésol. [Accès correction 2.2.](#)

2.3. Tracer le diagramme de prédominance du couple HInd/Ind<sup>-</sup>. [Accès correction 2.3.](#)

2.4. Évaluer, à l'aide du tableau, l'intervalle des valeurs de pH pour lesquelles le vert de bromocrésol prend sa teinte sensible. Comment appelle-t-on cet intervalle ? [Accès correction 2.4.](#)

On considère que le vert de bromocrésol prend sa teinte acide lorsque  $\frac{[HInd]}{[Ind^-]} > 10$  et qu'il prend sa

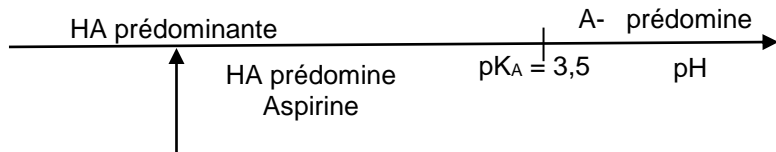
teinte basique lorsque  $\frac{[Ind^-]}{[HInd]} > 10$ .

2.5. En utilisant la relation  $pH = pK_A + \lg \frac{[base]}{[acide]}$ , déterminer par le calcul l'intervalle de pH pour lequel  $[HInd]$  et  $[Ind^-]$  sont considérées voisines. Comparer cet intervalle à celui évalué précédemment.

[Accès correction 2.5.](#)

**Amérique du Nord 2013 : Aspirine**

Établissons le diagramme de prédominance de l'aspirine :

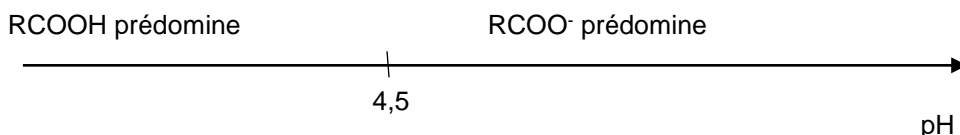


Dans l'estomac, à  $\text{pH} = 2$ , l'aspirine prédomine.

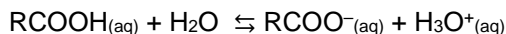
[Retour au sujet suivant](#)

**Antilles 2013 Septembre****EXERCICE 2 – UN EXEMPLE DE CHIMIE VERTE : LA SYNTHÈSE DE L'IBUPROFÈNE**

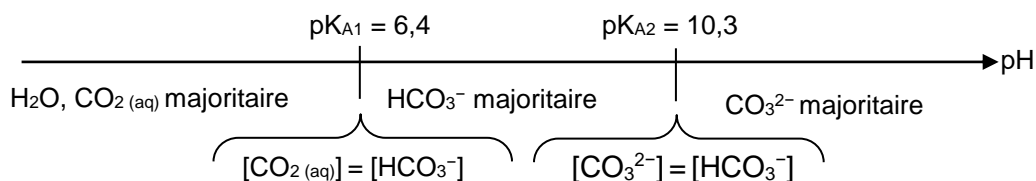
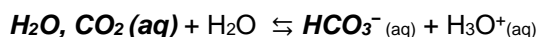
Domaine de prédominance :



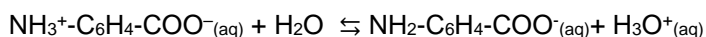
La courbe 1 montre qu'en début du titrage,  $\text{pH} < 3$  donc inférieur au  $\text{pK}_A$  donc l'acide  $\text{RCOOH}$  prédomine sur  $\text{RCOO}^-$ .



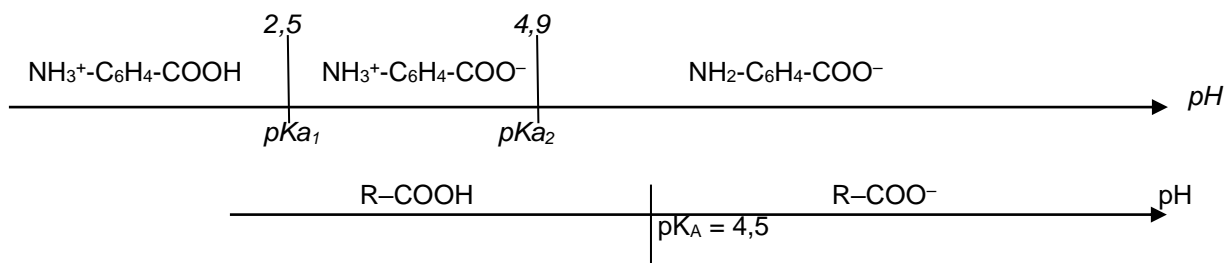
[Retour au sujet suivant](#)

**Antilles 2014**

[Retour au sujet suivant](#)

**Antilles 2015**

On souhaite déterminer la pureté de l'acide 4-aminobenzoïque  $\text{NH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  mais celui-ci peut exister sous plusieurs formes en fonctions du  $\text{pH}$  comme le montre le diagramme de prédominance suivant :



Initialement, la solution S a un  $\text{pH}$  égal à 3,8, comme  $\text{pKa}_1 < \text{pH} < \text{pKa}_2$  donc c'est bien la forme  $\text{NH}_3^+-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-_{(\text{aq})}$  qui prédomine et c'est donc sous cette forme que l'acide 4-aminobenzoïque est titré.

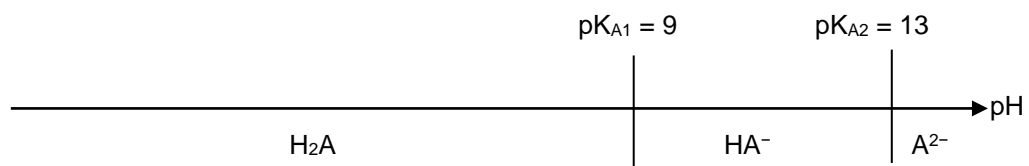
*Remarque : cette forme est un amphion (ou zwitterion) qui provient d'une autoprotonation de la molécule  $\text{NH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  qui possède un groupe acide  $\text{COOH}$  et un groupe base  $\text{NH}_2$ .*

[Retour au sujet suivant](#)

---

**Antilles 2016**

Les deux couples acide/base sont  $\text{H}_2\text{A}/\text{HA}^-$  et  $\text{HA}^-/\text{A}^{2-}$ .  
D'où le diagramme de prédominance suivant :



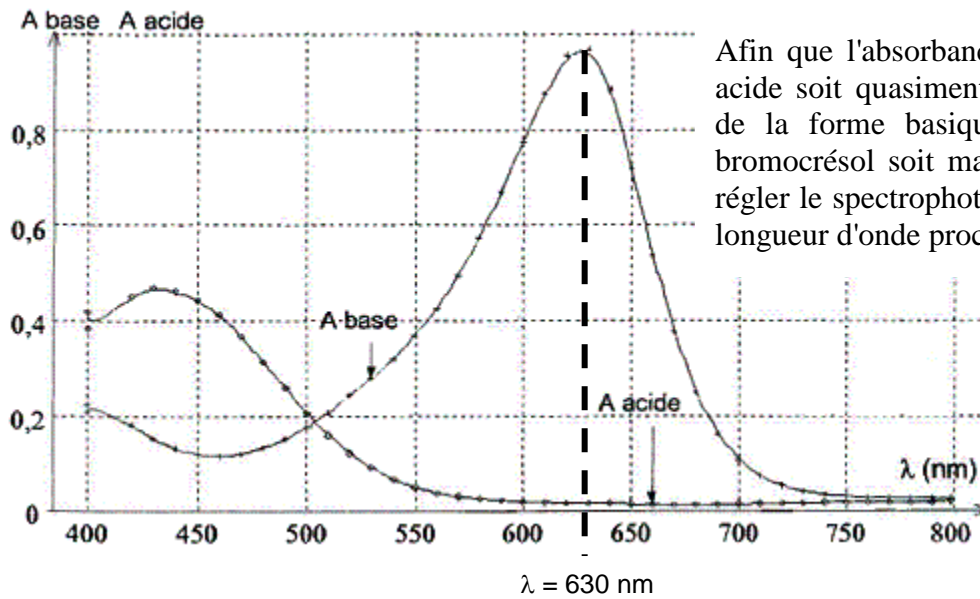
[Accès sujet suivant](#)

---

## 2. Détermination de la constante d'acidité du vert de bromocrésol par spectrophotométrie.

2.1. On réglera le spectrophotomètre sur une longueur d'onde voisine de 630 nm.

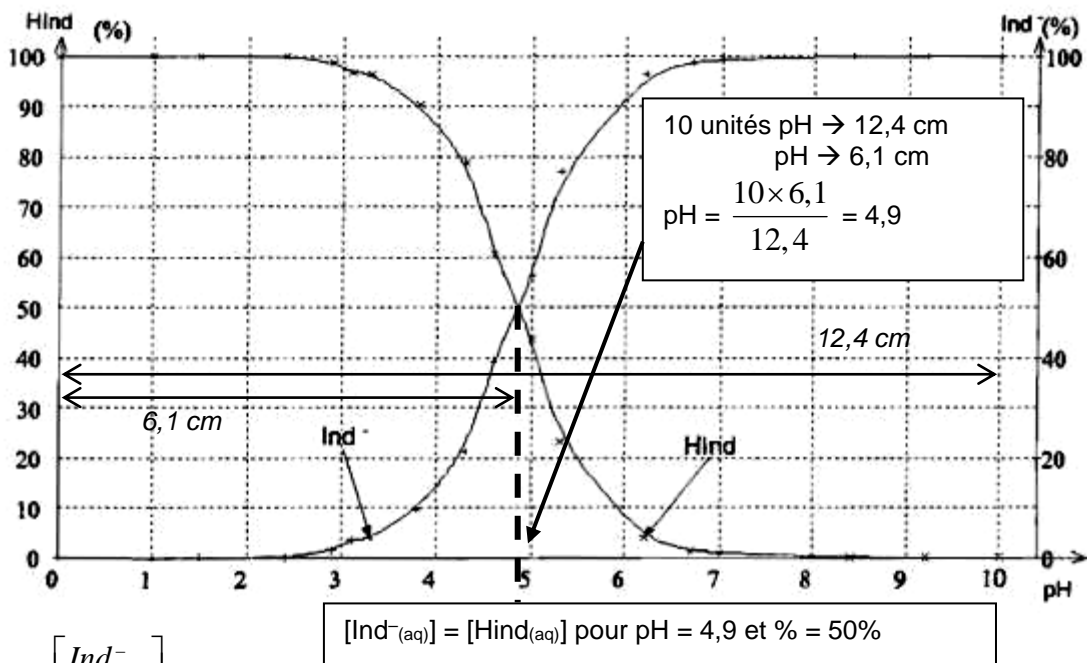
[Retour sujet](#)



Afin que l'absorbance de la forme acide soit quasiment nulle et celle de la forme basique du vert de bromocrésol soit maximale, il faut régler le spectrophotomètre sur une longueur d'onde proche de 630 nm.

2.2.

[Retour sujet](#)



$[Ind^-_{(aq)}] = [HInd_{(aq)}]$  pour  $pH = 4,9$  et  $\% = 50\%$

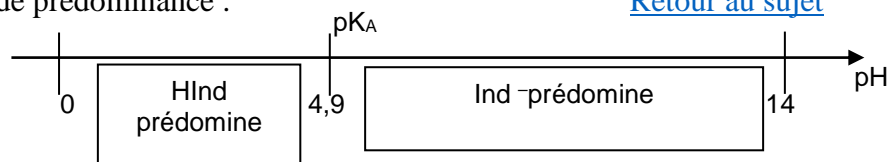
remarque :  $lg = \log$

$$pH = pK_A + \lg \frac{[Ind^-_{(aq)}]_f}{[HInd_{(aq)}]_f}$$

Lorsque  $[Ind^-_{(aq)}] = [HInd_{(aq)}]$  alors  $pH = pK_A + \lg 1 = pK_A$ , donc  $pK_A = 4,9$ . Ce résultat est cohérent avec celui du 1.5.

2.3. Diagramme de prédominance :

[Retour au sujet](#)



2.4. La teinte sensible du vert de bromocrésol est le **vert**. Il prend cette coloration dans un intervalle de pH appelé la **zone de virage**.

Le tableau nous indique que :

[Retour au sujet](#)

- le passage de la coloration acide à la teinte sensible a lieu pour  $3,3 < pH < 3,8$ .
- le passage de la teinte sensible à la coloration basique a lieu pour  $5,3 < pH < 6,2$ .

À partir des valeurs du tableau, on ne peut pas donner un intervalle précis. On peut répondre que cet intervalle est  $3,8 < pH < 5,3$ , mais on peut aussi dire  $3,3 < pH < 6,2$ . Il manque des données dans le tableau si on veut être plus précis.



2.5. La teinte acide du vert de bromocrésol est visible si  $\frac{[HInd_{(aq)}]}{[Ind_{(aq)}^-]} > 10$ , soit  $\frac{[Ind_{(aq)}^-]}{[HInd_{(aq)}]} < 10^{-1}$

alors  $\lg \frac{[Ind_{(aq)}^-]}{[HInd_{(aq)}]} < -1$ .

[Retour au sujet](#)

$pH = pK_A + \lg \frac{[Ind_{(aq)}^-]}{[HInd_{(aq)}]}$  *exemple numérique 3,8 = 4,9 - 1,1*

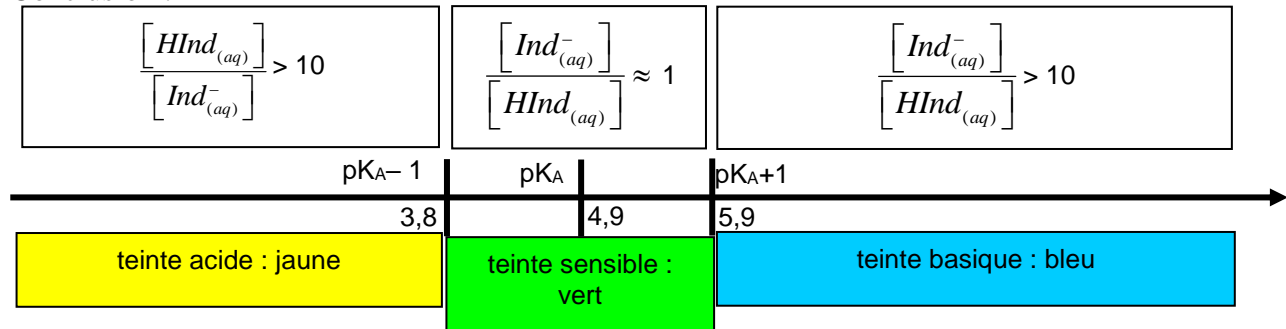
**Le vert de bromocrésol prend sa teinte acide si  $pH < pK_A - 1$ .**

Le vert de bromocrésol prend sa teinte basique si  $\frac{[Ind_{(aq)}^-]}{[HInd_{(aq)}]} > 10$ , alors  $\lg \frac{[Ind_{(aq)}^-]}{[HInd_{(aq)}]} > 1$

$pH = pK_A + \lg \frac{[Ind_{(aq)}^-]}{[HInd_{(aq)}]}$  *exemple numérique 6,0 = 4,9 + 1,1*

**Le vert de bromocrésol prend sa teinte basique si  $pH > pK_A + 1$ .**

Conclusion :



On a évalué précédemment que le vert de bromocrésol présente sa teinte sensible pour  $3,8 \leq pH \leq 5,3$  (ou  $3,3 < pH < 6,2$ ).

Mais cette évaluation est basée sur le tableau qui ne donne pas la coloration d'une solution de vert de bromocrésol dont le pH serait égal à 5,9.

L'intervalle trouvé par le calcul est cohérent avec les données dont on dispose.

[Retour au sujet](#)

[Revenir au début](#)