

LES ACIDES ET LES BASES DE BRONSTED

I) Introduction

Définition des acides et des bases selon **Arrhenius** :

Un acide est un corps composé qui s'ionise dans l'eau avec formation d'ions hydrogène H^+ .

Une base est un corps composé qui s'ionise dans l'eau avec formation d'ions hydroxyde OH^- .

◆ D'après cette définition, acide et base sont des corps composés donc des entités électriquement neutres. Or plusieurs entités tels que l'ion ammonium NH_4^+ ou l'ion carbonate CO_3^{2-} peuvent jouer le rôle d'acide ou de base.

◆ Par ailleurs la théorie d'Arrhenius suppose qu'une base comporte nécessairement dans sa formule chimique le groupement hydroxyle OH . Or certaines substances tels que l'ammoniac NH_3 , le carbonate de sodium Na_2CO_3 , etc. dont la molécule ne possédant pas ce groupement, ont des propriétés basiques.

◆ En fin la théorie d'Arrhenius se limite aux réactions en solutions aqueuses.

⇒ Suite à ces insuffisances de la théorie d'Arrhenius, le chimiste danois **Johannes Nicolaus Bronsted** proposa en 1923 une nouvelle théorie des acides et des bases indépendantes de la nature du solvant.

Svante Arrhenius

(1859-1927) est un chimiste suédois. En 1887, il proposa une théorie sur les acides et les bases. En 1903, il reçut le Prix Nobel pour sa théorie sur la dissociation ionique.



II) Définition des acides et des bases de Bronsted

A) Réaction du chlorure d'hydrogène avec l'ammoniac

1) Expérience et observation



Traiter sous la hotte une autre portion de la solution (S) par une solution d'hydroxyde de sodium $NaOH$ à chaud.

⇒ Constaté le dégagement d'un gaz incolore d'odeur caractéristique et qui irrite les yeux.

2) Interprétation

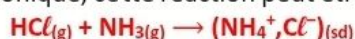
Les tests au nitrate d'argent $AgNO_3$ et à l'hydroxyde de sodium révèlent que la solution (S) contient respectivement des ions chlorure Cl^- et des ions ammonium NH_4^+ .

Le chlorure d'hydrogène réagit avec l'ammoniac pour donner du chlorure d'ammonium NH_4Cl .

L'équation chimique de la réaction observée est :

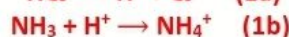
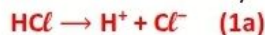


Le chlorure d'ammonium est un solide ionique, cette réaction peut être alors écrite sous la forme :



Au cours de cette réaction un ion hydrogène H^+ provenant d'une molécule de chlorure d'hydrogène HCl s'est fixé sur le doublet libre de l'azote de la molécule d'ammoniac NH_3 par une liaison covalente pour former l'ion ammonium NH_4^+ .

Le chlorure d'hydrogène HCl a joué le rôle de donneur d'ions hydrogène H^+ et l'ammoniac NH_3 a joué le rôle d'accepteur d'ions hydrogène H^+ .

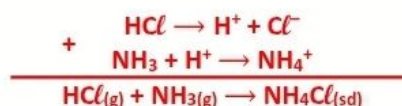


Le chlorure d'hydrogène HCl qui cède un ion hydrogène H^+ est un **acide**.

L'ammoniac NH_3 qui capte un ion hydrogène H^+ est une **base**.

La réaction correspondant à l'équation (1) est une réaction de **transfert** d'ions hydrogène H^+ du chlorure d'hydrogène HCl vers l'ammoniac NH_3 . On l'appelle une **réaction acide base**.

L'équation chimique (1) de la réaction acide-base est obtenue en combinant les deux demi-équations (1a) et (1b).



B) Réaction entre le chlorure d'ammoniac et la soude**1) Expérience et observation**

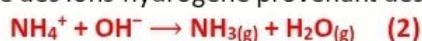
Un gaz d'odeur suffocante qui irrite les yeux se dégage et bleuit un papier pH humidifié présenté à l'extrémité du tube à essais.

2) Interprétation

Le gaz d'odeur suffocante et qui bleuit le papier pH humidifié est l'ammoniac NH_3 . L'équation chimique de la réaction est :



Si on considère que les solides NH_4Cl , NaOH et NaCl sont ioniques, tout se passe comme si les ions hydroxydes OH^- de la soude ont capté des ions hydrogène provenant des ions ammonium NH_4^+ selon :



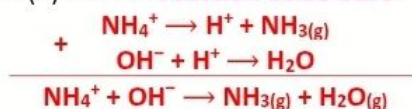
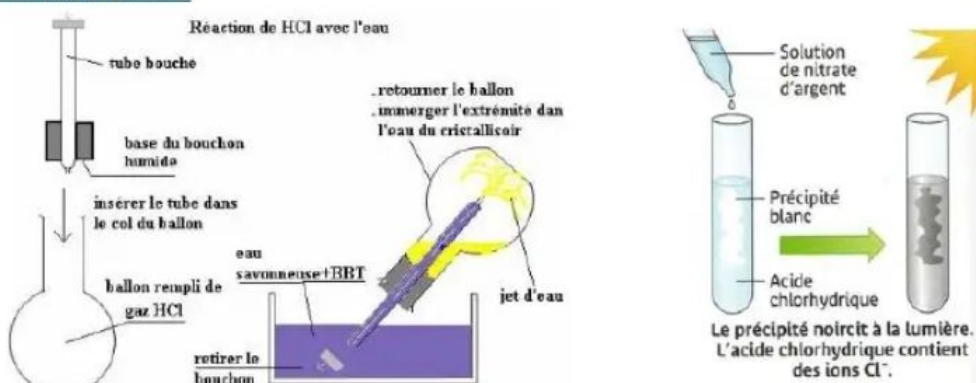
Au cours de cette réaction il y a eu transfert d'ions hydrogène H^+ des ions ammonium NH_4^+ vers les ions hydroxydes OH^- .



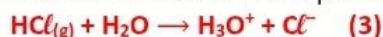
L'ion ammonium NH_4^+ qui cède un ion hydrogène H^+ est un **acide**.

L'ion hydroxyde OH^- qui capte un ion hydrogène H^+ est une **base**.

La réaction correspondant à l'équation (2) est une **réaction acide base**.

**C) Dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau****1) Expérience et observation****2) Interprétation**

L'équation chimique de la réaction d'ionisation de HCl dans l'eau peut s'écrire de la forme :



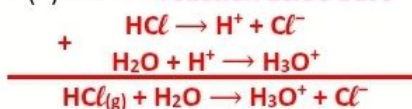
Le chlorure d'hydrogène HCl a joué le rôle de donneur d'ion hydrogène et l'eau a joué le rôle d'accepteur d'ion hydrogène.



Le chlorure d'hydrogène HCl qui cède un ion hydrogène H^+ est un **acide**.

L'eau H_2O qui capte un ion hydrogène H^+ est une **base**.

La réaction correspondant à l'équation (3) est une **réaction acide base**.



D) Généralisation**1) Définition des acides et des bases selon Bronsted**

Un **acide** est une entité chimique, électriquement chargée ou non, capable de **libérer un ion hydrogène H^+** au cours d'une réaction chimique.

Une **base** est une entité chimique, électriquement chargée ou non, capable de **capturer un ion hydrogène H^+** au cours d'une réaction chimique.

2) Exemples d'acides de Bronsted

Nom de l'acide	Formule	Demi-équation
Chlorure d'hydrogène	HCl	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
Acide nitrique	HNO_3	$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$
Acide éthanóïque	CH_3CO_2H	$CH_3CO_2H \rightarrow H^+ + CH_3CO_2^-$
Acide sulfurique	H_2SO_4	$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$
Ion hydrogénosulfate	HSO_4^-	$HSO_4^- \rightarrow H^+ + SO_4^{2-}$
Ion ammonium	NH_4^+	$NH_4^+ \rightarrow H^+ + NH_3$
Eau	H_2O	$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$

Johannes N. Bronsted (1849-1947) est un chimiste danois. Il proposa en 1923, en même temps que Lowry, une nouvelle théorie des acides et des bases.

**3) Exemples de bases de Bronsted**

Nom de la base	Formule	Demi-équation
Ammoniac	NH_3	$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$
Méthylamine	CH_3NH_2	$CH_3NH_2 + H^+ \rightarrow CH_3NH_3^+$
Ion hydroxyde	OH^-	$OH^- + H^+ \rightarrow H_2O$
Ion sulfate	SO_4^{2-}	$SO_4^{2-} + H^+ \rightarrow HSO_4^-$
Ion éthanolate	$CH_3CO_2^-$	$CH_3CO_2^- + H^+ \rightarrow CH_3CO_2H$
Eau	H_2O	$H_2O + H^+ \rightarrow H_3O^+$

III) Exemples de solutions aqueuses d'acides et de bases usuels

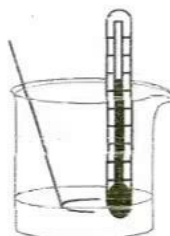
Les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique : $HCl_{(g)} + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$	L'hydroxyde de sodium : $NaOH_{(sd)} \rightarrow Na^+ + OH^-$
Les solutions aqueuses d'acide nitrique : $HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$	Les solutions aqueuses d'hydroxyde de potassium : $KOH_{(sd)} \rightarrow K^+ + OH^-$
Les solutions aqueuses d'acide éthanóïque : $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$	Les solutions aqueuses d'ammoniac : $NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

IV) Les acides et les bases dans la vie quotidienne

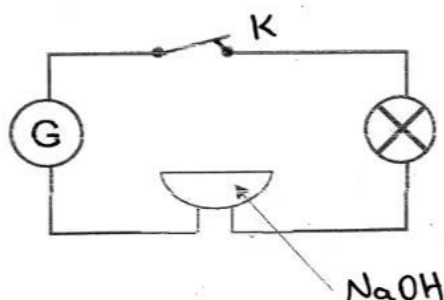
Les détartrants Ils sont utilisés pour éliminer le tartre dû à la formation du carbonate de calcium. Les détartrants sont constitués essentiellement d'acide chlorhydrique, d'acide phosphorique H_3PO_4 ou d'acide sulfamique NH_2SO_3H . 	Les déboucheurs de canalisations Ils sont constitués de solutions concentrées d'hydroxyde de sodium NaOH ou d'hydroxyde de sodium en pastille. 
Le Vinaigre Il est ajouté couramment aux aliments crus et cuits pour en relever la saveur. Il contient environ 6% en volume d'acide éthanóïque CH_3COOH . 	La levure chimique La levure chimique, utilisée en pâtisserie, est une poudre blanche constituée de carbonate de sodium Na_2CO_3 . Elle est soluble dans l'eau. 

I. Dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau :**1- Expérience et observation :**

Introduisons de l'hydroxyde de sodium solide dans un bêcher contenant de l'eau et un thermomètre.

**2- Interprétation :**

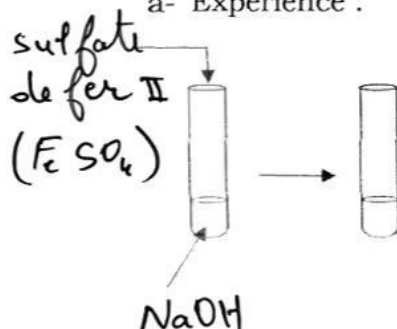
- Après Agitation la soude se dissout et la température augmente.
- L'élévation de la température montre que la dissolution de l'hydroxyde de sodium est exothermique.

II. Etude de la solution aqueuse de soude :**1- Conductibilité électrique :**

En fermant le circuit, la lampe s'allume.

2- Interprétation :

La solution aqueuse de soude conduit le courant électrique, elle contient des ions. L'hydroxyde de sodium est un électrolyte.

2- Identification des ions présents dans la solution :**a- Expérience :**

un précipité vert foncé d'hydroxyde de fer apparaît.

b- Conclusion :

d'équation chimique de la réaction :



Les ions Na^+ et OH^- sont issus de la dissociation ionique de l'hydroxyde de sodium sous l'action de l'eau :

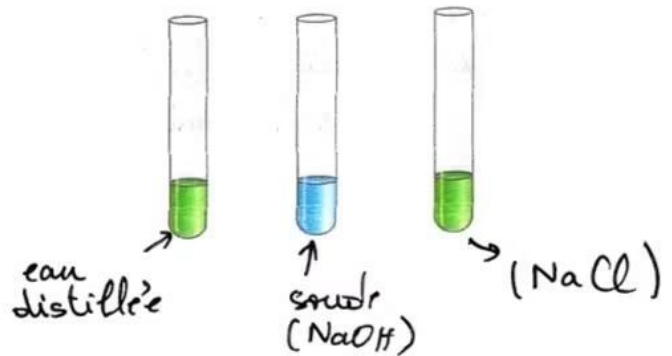


III- Propriétés des ions hydroxyde : OH^- :

1- Réaction avec le bleu de bromothymol (BBT) :

a- Expérience :

Dans trois tubes à essais contenant respectivement de l'eau distillée, une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium et une solution aqueuse de chlorure de sodium, ajoutons quelques gouttes de BBT.



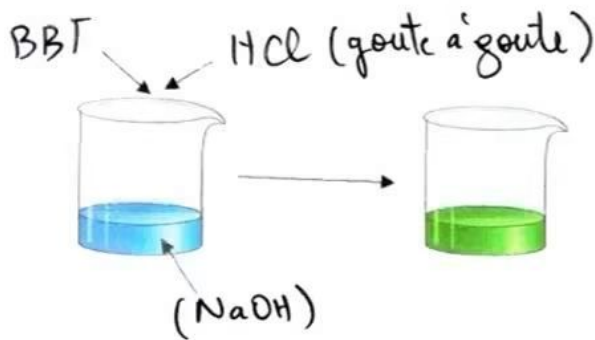
b- Interprétation :

Ce sont les ions OH^- qui provoquent le changement de couleur du BBT du vert au bleu et non les ions Na^+ car la solution de chlorure de sodium est sans effet sur la couleur du BBT.

2- Action sur les acides :

a- Expérience

Soit un bêcher contenant un thermomètre, une solution aqueuse de soude et quelques gouttes de BBT. En ajoutant goutte à goutte une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène nous constatons un virage de l'indicateur coloré du bleu au vert et une élévation de la température.



virage du BBT du bleu au vert

En chauffant la solution obtenue à la fin de la réaction

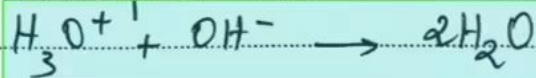


← cristaux blancs de sel.

b- Interprétation :

d'augmentation de la température indique que la réaction de l'hydroxyde de sodium avec l'acide chlorhydrique est une réaction exothermique.

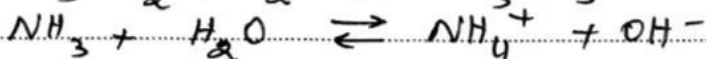
le virage du BBT prouve que les ions hydroxydes OH^- apportés par la solution de soude ont disparu en réagissant avec la solution d'acide chlorhydrique selon l'équation $\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ou plus simplement :



VI- Généralisation :

des solutions aqueuses d'hydroxyde de potassium KOH, de méthylamine CH_3NH_2 et d'ammoniac NH_3 présentent les mêmes propriétés que la solution d'hydroxyde de sodium NaOH. Ces propriétés sont dues à la

présence de l'ion OH^- en solution.



Définition d'une base :

Une base est un corps composé qui s'ionise dans l'eau avec formation d'ions hydroxyde OH^- .

V- Application :

On dissout 60 g de soude NaOH dans l'eau pour obtenir 1 L de solution (S).

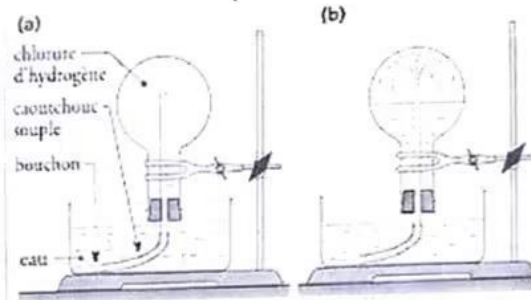
1. a. Ecrire l'équation de la dissociation ionique de NaOH dans l'eau.
b. Calculer la concentration molaire des ions dans (S).
2. Calculer la quantité de matière de Na^+ et de OH^- contenue dans 50 cm^3 de solution (S).
3. On verse dans 50 cm^3 de (S) un volume V d'une solution aqueuse de chlorure de fer (III) FeCl_3 .
 - a. Que se passe-t-il ?
 - b. Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu.
 - c. Quelle est la quantité de Fe^{3+} nécessaire pour obtenir une précipitation totale des ions OH^- et Fe^{3+} ?
 - d. Quelle est la masse du précipité obtenu ?

On donne les masses molaires atomiques :

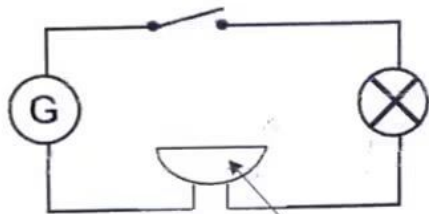
$$M_{\text{NaOH}} = 40 \text{ g.mol}^{-1} ; M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g.mol}^{-1} ; M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1} ; M_{\text{O}} = 16 \text{ g.mol}^{-1}.$$

I. Dissolution de chlorure d'hydrogène dans l'eau :**1- Expérience et observation :**

Retournons un ballon rempli de chlorure d'hydrogène (gaz) HCl et équipé d'un tube de verre effilé et terminé par un caoutchouc obturé par une pince sur un cristalliseur contenant de l'eau additionnée de quelques gouttes de bleu de bromothymol (BBT). Initialement la solution est verte. En ouvrant la pince, nous constatons que l'eau monte lentement dans le tube, puis jaillit brusquement dans le ballon et se colore en jaune.

**2- Interprétation :**

- le chlorure d'hydrogène est très soluble dans l'eau
- la solution obtenue est appelée solution d'acide chlorhydrique.

II. Etude de la solution aqueuse de chlorure d'hydrogène :**1- Conductibilité électrique :**

solution de HCl

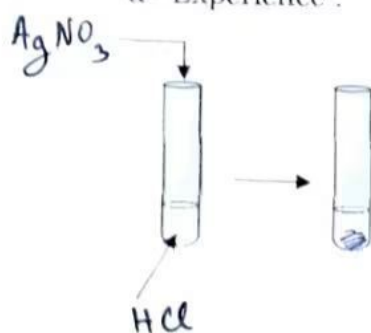
En fermant le circuit, la lampe s'allume.

2- Interprétation :

- la solution de chlorure d'hydrogène conduit le courant électrique
- Elle contient donc des ions, le chlorure d'hydrogène est donc un électrolyte

2- Identification des ions présents dans la solution :

a- Expérience :



Il se forme un précipité blanc qui noircit à la lumière

b- Conclusion :

L'équation chimique de la réaction de précipitation est :



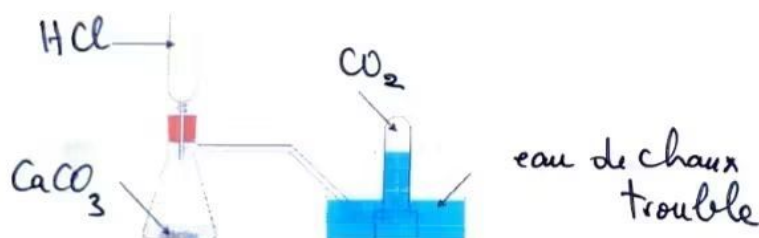
La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène contient donc des ions Cl^-

dans la dissociation de HCl , il se forme des ions H^+ en quantité égale

III- Propriétés des ions hydronium : H_3O^+ :

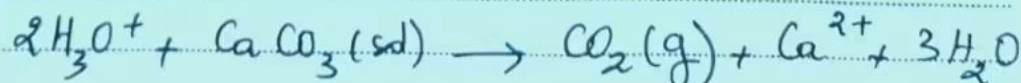
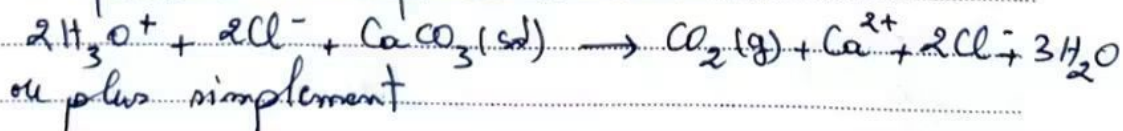
1- Action sur le carbonate de calcium :

a- Expérience :



b- Interprétation :

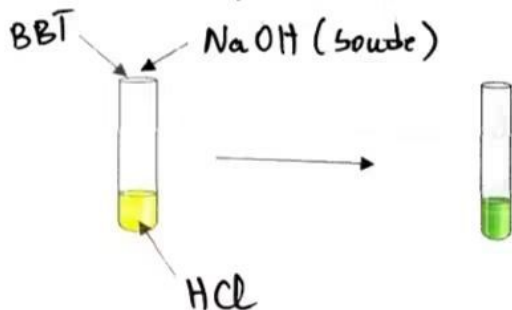
L'équation chimique de la réaction :



2- Action sur l'hydroxyde de sodium :

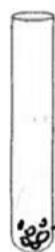
a- Expérience

Soit un bêcher contenant un thermomètre, une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène et quelques gouttes de BBT. En ajoutant goutte à goutte une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium nous constatons un virage de l'indicateur coloré du jaune au vert et une élévation de la température.



virage de l'indicateur
coloré du jaune au vert et
une élévation de la température

En chauffant la solution obtenue à la fin de la réaction



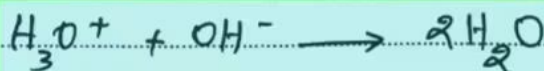
Des cristaux blancs
de sel apparaissent
après vaporisation totale de
l'eau.

b- Interprétation :

L'augmentation de la température montre que la réaction de l'acide chlorhydrique avec l'hydroxyde de sodium est une réaction exothermique. Le virage de BBT prouve que les ions H_3O^+ apportés par la solution de HCl ont disparu. On doit donc admettre qu'ils ont réagi avec la solution d'hydroxyde de sodium suivant l'équation

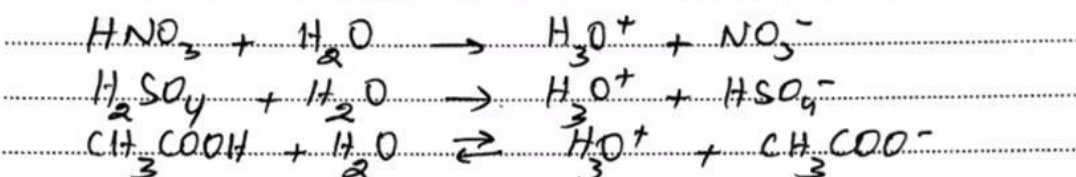
$$H_3O^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O + Na^+ + Cl^-$$

ou encore :



VI- Généralisation :

des solutions aqueuses d'acide nitrique HNO_3 , d'acide sulfurique H_2SO_4 et d'acide propanoïque CH_3COOH présentent les mêmes propriétés que la solution aqueuse de chlorure d'hydrogène HCl . Ces propriétés sont dues à la présence de l'ion H_3O^+ en solution aqueuse.



Définition d'un acide :

un acide est une ^{espèce} composé qui s'ionise dans l'eau avec formation des ions hydronium.

V- Applications :

Exercice n° 1

Pour préparer le chlorure d'hydrogène, on fait brûler 4,8 L de dihydrogène dans le dichlore gazeux.

- a. Ecrire l'équation chimique de cette réaction.
b. Quel est le volume de dichlore nécessaire pour faire disparaître tout le dihydrogène ?
- On dissout le gaz obtenu dans 1 L d'eau distillée.
a. Ecrire l'équation chimique de l'ionisation de ce gaz dans l'eau.
b. Calculer les molarités des ions dans la solution obtenue.
- Dans un volume V de la solution précédente on introduit quelques morceaux de CaCO_3 .
a. Ecrire l'équation chimique de la réaction qui a lieu.
b. Déterminer la valeur du volume V qui permet d'avoir 24 cm³ de gaz dégagé.

Dans les conditions de l'expérience, le volume molaire gazeux : $V_M = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Exercice n° 2

- Ecrire les équations de la réaction d'ionisation dans l'eau des acides suivants :

- Acide iodhydrique HI .
- Acide bromhydrique HBr .
- Acide nitrique HNO_3 .

- On mélange 100 cm³ d'une solution d'acide nitrique de concentration molaire $C_1 = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ avec 50 cm³ d'une solution d'acide bromhydrique de concentration $C_2 = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ pour avoir 150 cm³ d'une solution (S).
 - Calculer la concentration molaire en ions H_3O^+ de la solution (S) obtenue.
 - Calculer la concentration molaire en ions NO_3^- et en ions Br^- de la même solution.
 - Vérifier que la solution est électriquement neutre.