

CORRIGE du TP n°3 – Module 2 : Les transformations chimiques – Comment sauver une partition musicale ?

Document n°1 : Comment écrivait-on il y a quelques centaines d'années ?

Si on connaît certaines choses de nos ancêtres, sur leurs coutumes, leurs techniques, leur connaissances, c'est d'abord par l'archéologie et la découverte d'objets multiples (poteries, outils métallique, en bois), dont les **manuscrits**.

Un problème : ils s'abîment avec le temps car les **encres** utilisées sont modifiées par l'air et l'humidité ambiante, mais aussi, elles abîment elles mêmes les papiers sur lesquels elles sont apposées, car elles étaient et restent trop **acides**.

Il a été un temps question de traiter ces manuscrits en l'imbibant d'une solution de bicarbonate de sodium, censé neutraliser l'acidité de ces encres séculaires.



Noix de galle

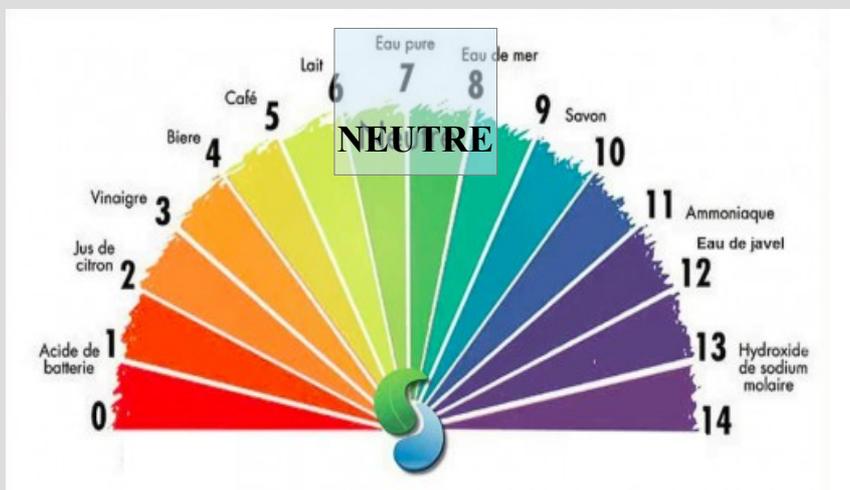
On a longtemps utilisé des **encres** dites "**ferro-galliques**" car tirées de la **noix de galle**, une excroissance présente sous les feuilles de chêne lorsque ceux-ci sont parasités par certains insectes. On peut aussi utiliser la peau de **grenade**, riche en **acide gallique**.



Grenade

Document n°2 : L'acidité, le pH

L'**acidité**, en chimie, est une notion très importante car elle traduit la présence d'**ions H^+** dans une solution aqueuse (mélange liquide contenant de l'eau en grande quantité, du latin : aqua) et est responsable de nombreuses réactions chimiques, notamment chez les êtres vivants. La notion d'**acidité** est **complémentaire** de la notion de **basicité**, qui, elle, traduit la présence d'ions **HO^-** .



valeurs de pH et exemples

Il existe une grandeur appelée **pH (sans unité)** qui mesure justement la présence de ces ions :

- 1) Plus il y a d'ions **H^+** , plus le pH est bas.
- 2) Plus il y a d'ions **HO^-** , plus le pH est haut.
- 3) Ces 2 ions ne peuvent pas se trouver ensemble en solution !

Document n°3 : le papier pH

Le **papier pH** est l'outil le plus simple qui permette l'évaluation approximative du pH, en général **à une unité près**, qui se présente sous forme d'une bandelette étroite qu'il faut donc humecter avec une goutte de la solution dont on veut connaître le pH.

Le papier pH contient, sèches, des espèces chimiques qui peuvent prendre des couleurs différentes en fonction du pH et il y a donc un "**code couleur**" donné ci-contre, qui permet de trouver ce pH en fonction de la couleur perçue ...



1. Entourer sur le diagramme du Doc.2 montrant l'intervalle des valeurs de pH, la valeur du pH qui correspond selon vous à la "neutralité" du pH.

La neutralité d'une solution aqueuse, c'est pour $\text{pH} = 7$, au milieu de l'intervalle $[0; 14]$.

2. Pour quel intervalle de pH y a-t-il en solution des ions Hydrogène H^+ ? Des ions Hydroxyde HO^- ?

Une solution acide l'est quand elle contient des ions Hydrogène, donc $\text{pH} < 7$ et une solution est basique lorsqu'elle contient des ions Hydroxyde, donc $\text{pH} > 7$. Et si la solution ne contient ni l'un ni l'autre, alors elle est neutre : $\text{pH} = 7$.

Document n°4 : Matériel à disposition

Paillasse Professeur :

- Solution aqueuse de "grenade" (fruit) infusée
- Sulfate de Fer II (contient des ions Fer II : Fe^{2+} et sulfate : SO_4^{2-})
- Bicarbonate de sodium (contient des ions Sodium : Na^+ et hydrogénocarbonate : HCO_3^-)

Paillasses Elèves :

- Spatule
- 1 Pot (ou bécher de 50 ou 100 mL, selon disponibilité)
- Coupelle en porcelaine
- Papier pH
- Tige de verre
- Plume de pie (si disponible ...)

I) Préparation de l'encre ferro-gallique

1) Préparation de l'encre-ferrogallique et écriture

• Protocole :

- **Prendre** un pot (ou un bécher) et la spatule, **aller** à la paillasse professeur et **se servir** l'équivalent de **25 mL** de solution de grenade et l'observer.

3. En regardant la solution de "grenade", quelle est la preuve que des espèces chimiques sont extraites de la peau de grenade ?

L'eau, initialement incolore, prend une coloration jaune-orangée, preuve que des espèces chimiques sont extraites de la peau de grenade et qu'elles sont alors présentes dans l'eau.

- A l'aide de la spatule, **introduire** une pointe de spatule de **sulfate de Fer II** dans ce même pot (ou bécher) contenant la solution de "grenade".
- **Retourner** à la paillasse-élèves et à l'aide de la tige en verre, **agiter** pour **dissoudre** le sulfate de Fer II.

4. Qu'observe t'on ?

La solution devient très foncée, presque noire et relativement opaque, en montrant un dépôt solide au fond, c'est donc une solution hétérogène (du solide dans un liquide, deux phases distinctes).

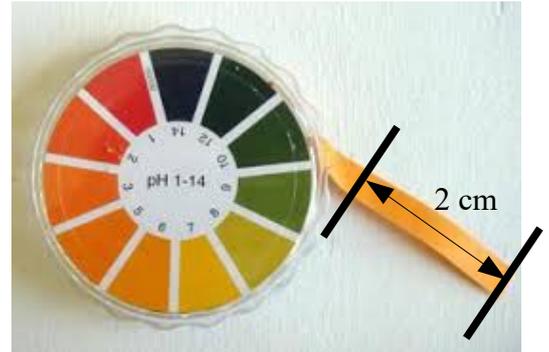
2) **Mesure du pH de l'encre ferro-gallique**

• **Protocole :**

- **Prendre** un bout de **papier pH** (environ 2 cm) et le **poser** sur la coupelle de porcelaine.

ATTENTION, **ne pas mettre les doigts sur le papier**, donc le prendre par ses bords !

- A l'aide de la tige de verre, **déposer** une goutte sur l'extrémité de la bandelette de papier pH.



5. Quelle est la valeur estimée de pH de l'encre ferro-gallique ?

Selon la quantité de peau de grenade utilisée, le pH est toujours aux alentours de 5, mais on peut trouver un peu moins ou un peu plus, donc l'encre est acide. En général, la couleur du papier étant une nuance d'orange, on peut l'estimer **entre 3 et 5**.

6. En quoi cela confirme t'il la dégradation des vieux manuscrits ?

Oui, le papier est rongé par l'acidité et cela s'accroît encore avec le temps, car c'est une réaction de dégradation lente, certes, mais au bout de 300–400 ans, les dégâts sont observables !

II) **Comment peut on sauver une partition, un manuscrit, un parchemin ?**

• **Protocole :**

- **Ajouter** 2 spatules de **bicarbonate de sodium** à l'encre ferro-gallique préparée par vos soins et à l'aide de la tige de verre, **agiter**.
- **Refaire** une mesure de pH à l'aide de papier pH.

7. Qu'observe t'on ?

Le **pH** a augmenté (et selon la quantité de bicarbonate ajoutée, on peut même mesurer des **pH > 8** ou **9**, donc l'encre est devenue basique sans pour autant perdre ses qualités de couleur presque noire).

8. Conclure sur l'efficacité de cette méthode de conservation des vieux manuscrits.

Cette méthode est donc très simple et efficace car on peut "corriger" le pH en simplement tamponnant l'encre sur le manuscrit avec, par exemple, un coton-tige imbibé d'une solution de bicarbonate de sodium. Cette opération est par contre lente et

fastidieuse, cela revient presque à "réécrire" le manuscrit en repassant sur l'écriture avec ce coton-tige ... !!!

III) Exploitation des observations ... Un peu de réflexion ...

9. Pourquoi, selon vous, ne doit on pas mettre les doigts sur le papier pH ?

Sinon, on peut déposer sur le papier les graisses naturellement présentes à la surface de la peau, qui est en particulier un peu acide, donc on faussera la mesure avec ce papier "sale" et puis la graisse des doigts empêche la solution testée de bien être en contact avec le papier car l'eau et les graisses ne se mélangent vraiment pas bien.

10. Pourquoi peut on dire qu'il y a eu réaction chimique après ajout de bicarbonate de sodium à l'encre ferro-gallique ? [utiliser les termes réactif/produit]

Si le pH augmente, c'est qu'il y a disparition d'ions H^+ , mais ceci a lieu avec présence de bicarbonate de sodium, donc le bicarbonate de sodium et les ions H^+ jouent le rôle de **réactifs** dans cette réaction chimique ...

11. Sachant que l'acide gallique, les ions Fe^{2+} , les ions sulfate SO_4^{2-} , les ions Sodium Na^+ et l'eau sont des espèces chimiques spectatrices, quelles sont finalement celles qui ont réagi lors de cette réaction chimique ?

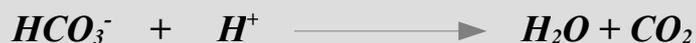
Seuls les **ions Hydrogénocarbonate HCO_3^-** et les **ions Hydrogène H^+** sont alors finalement réactifs (on les trouve par élimination de ceux qui sont présents dès le départ et après ajout de bicarbonate de sodium).

12. Compléter alors l'équation-bilan de cette réaction chimique (en quelque sorte la "recette" de cette réaction chimique).



Remarque 1 : le nombre d'atomes se conserve, mais on remarque aussi que la charge se conserve aussi ! Car $-1 + 1$ (côté réactifs) = $0 = 0$ (côté produits aussi !) : il y a **conservation de la matière** (atomes et charges électriques).

Remarque 2 : comme on voit des **bulles** (donc du **gaz** produit lors de cette réaction) lorsqu'on mélange le bicarbonate avec notre encre, alors on peut interpréter une autre solution pour l'équation-bilan :



ce qui correspond en effet à la **réalité** : les **ions H^+ disparaissent** (donc l'**encre** sera **moins acide**) pour se transformer en **eau**, ce qui justifie que le pH augmente.

IV) Résumé du TP et notions importantes

En résumé :

En faisant **infuser** de la peau de grenade dans de l'eau chaude qu'on **filtre** par la suite pour obtenir un **filtrat**, auquel on ajoute un peu de **sulfate de Fer II**, on obtient de l'encre ferro-gallique, dont le pH est **acide**.

Cette acidité est responsable de la dégradation du support de papier sur lequel l'encre est apposée et pour lutter contre cette dégradation on peut **modifier** cette encre avec une solution de **bicarbonate de sodium**, qui a pour effet de faire **augmenter** le pH de l'**encre**.

A retenir !

pH : c'est une grandeur qui mesure l'**acidité**, la **neutralité** ou la **basicité** d'une solution aqueuse (liquide contenant entre autres substances, de l'eau en grande quantité). **Le pH n'a pas d'unité**.

