

## Point méthode – Équation de Nernst

L'exercice-type de l'équation de Nernst est à faire étape par étape :

Généralement, 2 exercices complets sont dédiés à l'équation de Nernst, avec un même énoncé commun. Nous avons deux milieux aqueux séparés par une membrane biologique imperméable (en effet si celle-ci était perméable, les ions s'équilibreraient dans les deux compartiments et l'exercice n'aurait que peu d'intérêt).

Dans chacun des compartiments nous avons plusieurs ions avec des quantités différentes. La première chose à faire est donc de vérifier que la membrane est imperméable. Ensuite il faut schématiser la situation en dessinant vos deux compartiments et en répartissant vos ions dans chaque compartiment en question, de la façon suivante :

Compartiment A	Compartiment B
10 C <sup>+</sup>	100 C <sup>+</sup>
100 A <sup>-</sup>	10 000 A <sup>-</sup>
66 N <sup>-</sup>	66 N <sup>-</sup>
2000 P <sup>2+</sup>	20 P <sup>2+</sup>

**NDLR** – Les valeurs sont ici données à titre d'exemple pour faciliter la compréhension et la résolution des différentes questions types.

Après avoir schématisé la situation, il peut être intéressant de rapidement calculer la charge totale dans chaque compartiment, en comptant le nombre de charges positives, puis le nombre de charges négatives, et en déduire la différence pour savoir si nous avons un excès de charges négatives ou positives. En effet, il y a souvent des questions concernant l'électroneutralité des compartiments, nécessitant de connaître la charge totale des compartiments. Si on reprend notre exemple cela nous donne :

Compartiment A	Compartiment B
10 C <sup>+</sup>	100 C <sup>+</sup>
100 A <sup>-</sup>	10 000 A <sup>-</sup>
66 N <sup>-</sup>	66 N <sup>-</sup>
2 000 P <sup>2+</sup>	20 P <sup>2+</sup>
<u>Charges positives</u> : $10 + (2\ 000 \times 2) = 4010^+$	<u>Charges positives</u> : $100 + (20 \times 2) = 140^+$
<u>Charges négatives</u> : $100 + 66 = 166^-$	<u>Charges négatives</u> : $10\ 000 + 66 = 10\ 066^-$
<u>Total</u> : $4\ 010^+ - 166^- = 3\ 844^+$	<u>Total</u> : $140^+ - 10\ 066^- = 9\ 926^-$

**NDLR** – Les calculs n'étaient pas forcément des plus simples je m'en excuse. Ici, l'exercice est seulement fait pour que vous compreniez. Le jour du concours les calculs seront réalisables de tête dans la plupart des cas.

N'oubliez pas de bien multiplier la quantité de l'ion présente (ex : 2 000 mM pour P<sup>2+</sup>) avec le nombre de charges que possède l'ion en question (en l'occurrence ici on multiplie par 2). Après avoir fait tout cela, vous pouvez répondre aux questions très rapidement, si vous gardez à l'esprit différentes choses que nous allons aborder à travers quelques questions types.

**« Si l'on veut neutraliser les charges électriques du milieu X, il est possible d'ajouter x mM de Y dans ce milieu »**

Pour répondre à ce genre de question il faut regarder la charge totale dans le compartiment. Par exemple si nous prenons le compartiment A, pour neutraliser les charges électriques, il est possible d'ajouter 3844 mM de Y<sup>-</sup> car le compartiment A possède un excès de 3 844 charges positives. On pourrait aussi ajouter 1 922 mM de Y<sup>2-</sup> car  $1\ 922 \times 2 = 3\ 844$ , d'où l'importance de calculer la charge totale de chaque compartiment.

« Si l'on ajoute des canaux à  $Y^+$  dans cette membrane, alors le milieu X perdra des charges positives. »

Pour savoir de quel côté vous les ions, il faut regarder leur concentration. On considère qu'il se dirigera du compartiment le plus concentré au moins concentré. Donc si  $Y^+$  est en quantité (ou bien concentration, ici les deux compartiments font 1 L chacun, donc le plus concentré à la plus grande quantité également) plus importante en X que dans l'autre compartiment alors il perdra des charges positives.

Par exemple si nous prenons l'ion  $C^+$ , il ira du compartiment B au compartiment A, donc le compartiment A gagnera des charges positives. Pour le  $A^-$ , il ira également du compartiment B au compartiment A, donc le compartiment A gagnera des charges négatives.

« L'ajout de canaux ioniques au  $Y^+$  induirait un potentiel membranaire d'environ x mV pour le compartiment X. »

Pour ce genre de question, une formule est essentielle :

$$ddp = V_i - V_e = -\frac{60}{z} \log \frac{[X]_i}{[X]_e}$$

Cette formule s'applique directement de tête. Il faut avoir trois choses en tête : savoir calculer un log avec des puissances de 10, faire attention au signe, et vérifier notre z.

#### Petit rappel des logs de 10 :

- $\text{Log}(10^n) = n$  ;
- $\text{Log}(10) = 1$  ;
- $\text{Log}(100) = \text{Log}(10^2) = 2$  ;
- $\text{Log}(1000) = \text{Log}(10^3) = 3$ .

Ensuite il faut faire attention au signe de la ddp :

- Si le compartiment gagne des charges positives : ddp + ;
- Si le compartiment perd des charges positives : ddp - ;

- Si le compartiment gagne des charges négatives : ddp - ;
- Si le compartiment perd des charges négatives : ddp + ;
  - pour le  $C^+$  : il va de B à A, donc le compartiment A gagne des charges positives → ddp + pour A : rapport de 10 et  $z = 1$ , alors en A ddp = +60 mV ;
  - pour le  $A^-$  : il va de B à A, donc le compartiment A gagne des charges négatives → ddp - pour A : rapport de 100 et  $z = 1$ , alors en A ddp =  $-60 \times 2 = -120$  mV ;
  - pour le  $P^{2-}$  : il va du compartiment A à B, donc le compartiment A perd des charges négatives → ddp + pour A : rapport de 100 et  $z = 2$ , alors en A ddp =  $(60/2) \times 2 = +60$  mV (donc faites bien attention au z).

**Cas particulier** – Lorsque nous avons un ion en concentration égale dans les deux compartiments, alors la **ddp = 0 mV** (puisque  $\log(1) = 0$ ).

Dans la réalité, cela n'est pas vraiment le cas (c'est physiologiquement faux), d'où les nombreux débats ses dernières années, mais nous allons au plus simple donc **ddp = 0 mV**.

« Si l'on rend cette membrane perméable à toutes les molécules en présence, on obtiendra à la fois un équilibre chimique et électrique de chaque côté de la membrane. »

- **Équilibre électrique** : même nombre de charges de chaque côté de la membrane ;
- **Équilibre chimique** : même concentration pour chaque ion de chaque côté de la membrane ;
- **Équilibre électrochimique** : ni un équilibre électrique ni un équilibre chimique mais un compris entre les deux.

Lorsque l'on rend la membrane perméable à toutes les molécules : tous les ions vont s'équilibrer de chaque côté : on aura autant de chaque ions dans les deux compartiments : ainsi on aura un équilibre chimique (car on aura les mêmes concentrations de chaque ions dans les deux compartiments) et donc un équilibre électrique aussi (puisque si on a les mêmes ions de chaque côté, on aura le même nombre de charges de chaque côté également) : on a donc à la fois un équilibre chimique et un équilibre électrique.

Lorsque l'on ouvre un canal uniquement pour un seul ion : celui-ci va passer d'un compartiment à l'autre en fonction du gradient chimique et/ou électrique. Ainsi, puisque nous avons plusieurs ions dans nos compartiments, nous n'aurons pas d'équilibre chimique puisque seul l'ion en question va pouvoir diffuser mais les autres ions ne vont pas bouger car notre canal est sélectif. Nous n'aurons pas non plus un équilibre électrique car un ion à lui seul ne sera pas suffisant pour équilibrer les charges de chaque côté de la membrane. Nous aurons donc un compromis entre les deux qui n'est ni un équilibre chimique, ni un équilibre électrique mais un équilibre électrochimique.

Pour résumer :

- Si la membrane est perméable à tous les ions : équilibre électrique + équilibre chimique ;
- Si on ouvre un canal qui laisse passer un seul ion : équilibre électrochimique.

Voilà vous maîtrisez les exercices sur l'équation de Nernst : bon courage vous êtes les meilleurs !