



## Chapitre V – La fonction logarithme népérien

Bacomathiques — <https://bacomathiqu.es>

### TABLE DES MATIÈRES

|                                              |          |
|----------------------------------------------|----------|
| <b>I - Propriétés du logarithme népérien</b> | <b>1</b> |
| 1. Définition . . . . .                      | 1        |
| 2. Relations algébriques . . . . .           | 2        |
| 3. Représentation graphique . . . . .        | 2        |
| <b>II - Étude de la fonction</b>             | <b>4</b> |
| 1. Limites . . . . .                         | 4        |
| 2. Dérivée . . . . .                         | 5        |
| 3. Variations . . . . .                      | 5        |
| <b>III - Le logarithme décimal</b>           | <b>6</b> |

## I - Propriétés du logarithme népérien

### 1. Définition

Le **logarithme népérien** est une fonction qui est définie sur  $]0; +\infty[$  par :

À RETENIR 💡

$$x \mapsto \ln(x)$$

Et on a la relation fondamentale suivante pour tout  $x > 0$  et  $y$  réels :

À RETENIR 💡

$$\ln(x) = y \iff x = e^y$$

Ainsi, à tout réel **strictement positif**  $x$ , la fonction logarithme népérien  $y$  associe **son unique antécédent**  $y$  par rapport à la fonction exponentielle.

De même pour la fonction exponentielle. On dit que ces fonctions sont des **fonctions réciproques** (à la manière de  $\sin$  et  $\arcsin$  ou  $\cos$  et  $\arccos$ ).

À LIRE 📖

Cette relation peut sembler compliquer à assimiler mais il n'en est rien ! Prenons  $x = 0$ , on a :

$e^0 = 1$  (tout réel mis à la puissance zéro vaut un), la relation précédente nous donne  $\ln(1) = 0$ .

Si on prend maintenant  $x = 1$ , on a :

$e^1 = e$ , on a donc  $\ln(e) = 1$ .

Les relations suivantes sont par conséquent disponibles :

À RETENIR 💡

Pour tout réel  $x$  **strictement positif**, on a :

$$e^{\ln(x)} = x$$

Et pour tout réel  $x$ , on a :

$$\ln(e^x) = x$$

## 2. Relations algébriques

Le logarithme népérien a plusieurs propriétés intéressantes qu'il faut connaître. Ainsi, pour tous réels  $x$  et  $y$  **strictement positifs** :

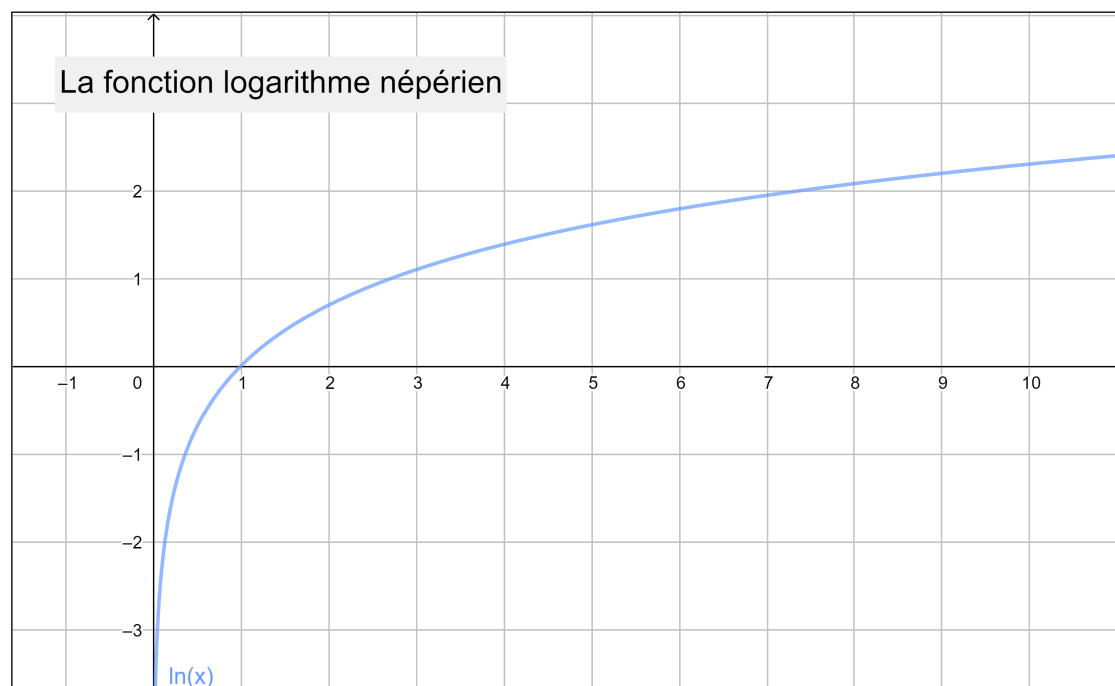
### À RETENIR

- $\ln(x \times y) = \ln(x) + \ln(y)$
- $\ln(x^n) = n \times \ln(x)$  pour  $n \in \mathbb{Z}$
- $\ln\left(\frac{x}{y}\right) = \ln(x) - \ln(y)$
- $\ln\left(\frac{1}{y}\right) = -\ln(y)$
- $\ln(\sqrt[p]{x}) = \frac{1}{p} \times \ln(x)$  pour  $p \in \mathbb{N}^*$

Certaines de ces propriétés peuvent se déduire les unes des autres.

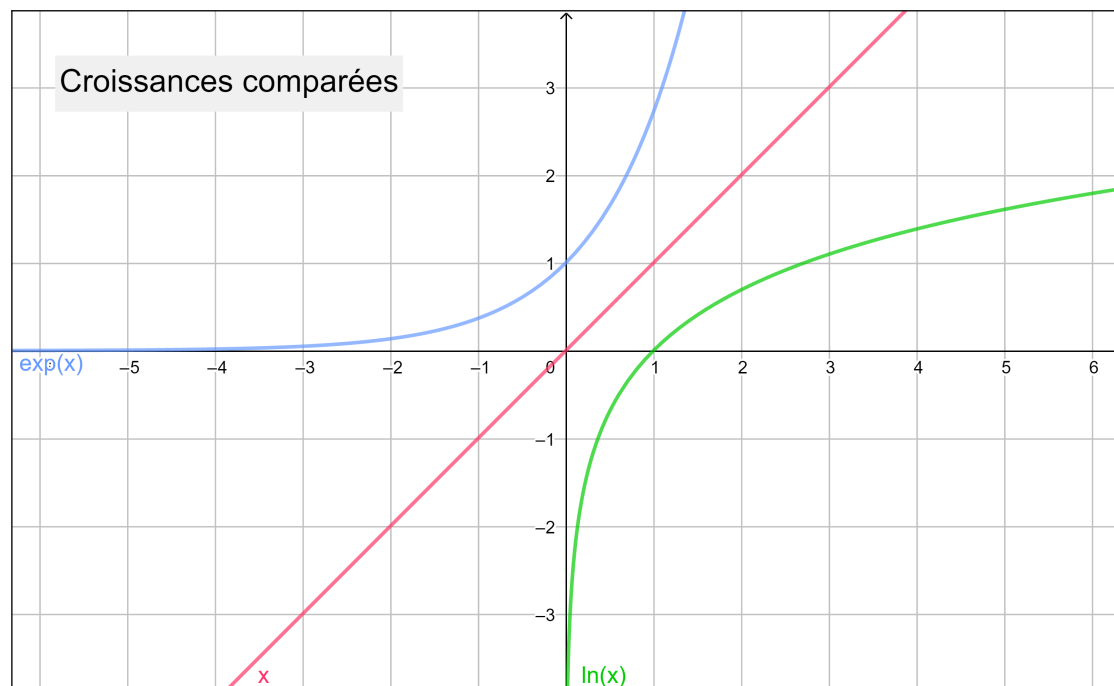
## 3. Représentation graphique

Voici une représentation graphique de la fonction logarithme népérien :



On voit sur ce graphique plusieurs propriétés données précédemment :  $\ln(1) = 0$  et  $\ln(e) = 1$  par exemple.

On trace maintenant le graphe de la fonction logarithme népérien, avec celui de la fonction exponentielle. On trace également la droite d'équation  $y = x$  :



On remarque plusieurs choses : le graphe de la fonction logarithme népérien est le symétrique de celui de la fonction exponentielle par rapport à la droite  $y = x$  et on voit que la fonction logarithme népérien croît moins vite que la fonction puissance qui elle-même croît moins vite que la fonction exponentielle. Cette propriété est importante : c'est la **croissance comparée**.

## II - Étude de la fonction

### 1. Limites

Les limites de la fonction logarithme népérien aux bornes de son ensemble de définition sont :

À RETENIR

$$\begin{aligned} & \text{— } \lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ x > 0}} \ln(x) = -\infty \\ & \text{— } \lim_{x \rightarrow +\infty} \ln(x) = +\infty \end{aligned}$$

Il faut aussi savoir que la fonction puissance “l’emporte” sur le logarithme népérien (voir la partie “Représentation graphique”) :

À RETENIR

$$\begin{aligned} & \text{— } \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\ln(x)}{x} = 0 \\ & \text{— } \lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ x > 0}} x \times \ln(x) = 0 \end{aligned}$$

Une autre limite est à connaître (ainsi que sa démonstration) :

À RETENIR

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln(1+x)}{x} = 1$$

DÉMONSTRATION

La fonction logarithme népérien est définie et continue en  $x = 1$ , on peut donc écrire :

$$\ln'(1) = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{\ln(x) - \ln(1)}{x - 1}$$

Ce qui est équivalent à (car on a  $\ln(1) = 0$  et  $\ln'(1) = 1$ ) :

$$1 = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{\ln(x)}{x - 1}$$

On pose  $y = x - 1$  ce qui nous donne finalement :

$$\lim_{y \rightarrow 0} \frac{\ln(y+1)}{y} = 1$$

## 2. Dérivée

Soit une fonction  $u$  dérivable et **strictement positive** sur un intervalle  $I$ , on a pour tout  $x$  appartenant à cet intervalle :

À RETENIR 📌

$$\ln'(u(x)) = \frac{u'(x)}{u(x)}$$

Ainsi, si pour tout  $x \in I$  on a  $u(x) = x$  :

À RETENIR 📌

$$\ln'(x) = \frac{1}{x}$$

## 3. Variations

Avec la dérivée donnée précédemment ainsi que les limites données, il est désormais possible d'obtenir les variations de la fonction logarithme népérien :

À RETENIR 📌

| $x$       | 0         | 1 | $+\infty$ |
|-----------|-----------|---|-----------|
| $\ln'(x)$ |           | + |           |
| $\ln(x)$  | $-\infty$ | 0 | $+\infty$ |

On remarque qu'avec le tableau de variation, il est possible d'obtenir le signe de la fonction (avec le théorème des valeurs intermédiaires).

Ainsi, sur  $]0; 1[$ ,  $\ln$  est **strictement négative** et sur  $]1; +\infty[$ ,  $\ln(x)$  est **strictement positive** et, comme vu précédemment,  $\ln(1) = 0$ .

On observe également les variations de la fonction : strictement croissante sur son ensemble de définition.

### III - Le logarithme décimal

Le **logarithme décimal** (utilisé en physique-chimie en classe de Terminale S) est défini sur  $]0; +\infty[$  par :

À RETENIR 🔦

$$\log_{10}(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$$

Et on a les propriétés suivantes :

À RETENIR 🔦

- $\log_{10}(10) = 1$
- $\log_{10}(10^n) = n$  pour  $n \in \mathbb{Z}$

À LIRE 📖

Ces formules peuvent se retrouver très facilement ! En effet, pour la première :

$$\log_{10}(10) = \frac{\ln(10)}{\ln(10)} = 1.$$

Et pour la seconde :

$$\log_{10}(10^n) = \frac{n \times \ln(10)}{\ln(10)} = n \times \frac{\ln(10)}{\ln(10)} = n.$$