

**FONCTIONS EXPONENTIELLES****I) LA FONCTION EXPONENTIELLE NEPERIENNE****1) Définition et propriétés :**

La fonction  $\ln$  est continue strictement croissante sur  $]0, +\infty[$  et  $\ln(]0, +\infty[) = ]-\infty, +\infty[$  ;  $\lim_{x \rightarrow 0^+} \ln x = -\infty$  ;  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \ln x = +\infty$

**Propriété et définition :**

La fonction  $\ln$  admet une fonction réciproque définie de  $]-\infty, +\infty[$  vers  $]0, +\infty[$  appelée fonction Exponentielle népérienne notée :  $\exp$

**Propriétés :**

- $(\forall x \in \mathbb{R})(\ln(\exp(x)) = x)$
- $(\forall x \in \mathbb{R}^+)(\exp(\ln(x)) = x)$
- $(\forall x \in \mathbb{R}^+)(\forall y \in \mathbb{R})(\ln(x) = y \Leftrightarrow x = \exp(y))$
- $\exp(0) = 1$  ;  $\exp(1) = e$

**Propriété : (monotonie) :** La fonction  $\exp$  est continue strictement croissante sur  $\mathbb{R}$ .

**Résultat :**

- $(\forall x \in \mathbb{R})(\forall y \in \mathbb{R})(\exp(x) = \exp(y) \Leftrightarrow x = y)$
- $(\forall x \in \mathbb{R})(\forall y \in \mathbb{R})(\exp(x) \leq \exp(y) \Leftrightarrow x \leq y)$

**Exemple1 :** Résoudre les équations et inéquations suivantes dans  $\mathbb{R}$  :

$$1) \exp\left(\frac{x+5}{2x+3}\right) = \exp\left(\frac{1}{x-1}\right) \quad 2) \exp(2x+1) \leq \exp\left(\frac{6}{x}\right)$$

**Solution :** 1)  $\ln(x-2) = 0$

a) cette équation est définie ssi :  $2x+3 \neq 0$  et

$$x-1 \neq 0 \text{ donc : } x \neq -\frac{3}{2} \text{ et } x \neq 1 \text{ donc : } D_E = \mathbb{R} - \left\{-\frac{3}{2}; 1\right\}$$

b) Résoudre l'équation :

$$\exp\left(\frac{x+5}{2x+3}\right) = \exp\left(\frac{1}{x-1}\right) \Leftrightarrow \frac{x+5}{2x+3} = \frac{1}{x-1}$$

$$(x+5)(x-1) = 2x+3 \Leftrightarrow x^2 + 2x - 8 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 2^2 - 4 \times (-8) \times 1 = 4 + 32 = 36 > 0$$

$$x_1 = \frac{-2+6}{2 \times 1} = \frac{4}{2} = 2 \text{ et } x_2 = \frac{-2-6}{2 \times 1} = \frac{-8}{2} = -4$$

$$\text{Donc : } S = \{-4; 2\}$$

$$2) \exp(2x+1) \leq \exp\left(\frac{6}{x}\right)$$

a) cette inéquation est définie ssi :  $x \neq 0$  donc :  $D_I = \mathbb{R}^*$

$$2) \exp(2x+1) \leq \exp\left(\frac{6}{x}\right) \Leftrightarrow 2x+1 \leq \frac{6}{x}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2x^2 + x - 6}{x} \leq 0$$

$x$	$-\infty$	$-2$	$0$	$3/2$	$+\infty$
$2x+x-6$	$-$	$0$	$+$	$+$	$-$
$x$	$-$	$-$	$0$	$+$	$+$
$q(x)$	$+$	$0$	$-$	$+$	$-$

$$S = ]-\infty, -2] \cup \left]0, \frac{3}{2}\right[$$

**2) l'écriture :  $e^x$** 

**Propriété :**  $(\forall x \in \mathbb{R})(\forall r \in \mathbb{Q})(\exp(rx) = (\exp(x))^r)$

**Preuve :**

$$\ln((\exp(x))^r) = r \ln(\exp(x)) = rx = \ln(\exp(rx))$$

**Résultat :**

- $(\forall r \in \mathbb{Q})(\exp(r) = (\exp(1))^r = e^r)$
- On peut prolonger la propriété précédente à  $\mathbb{R}$  :  $(\forall x \in \mathbb{Q})(\exp(x) = (\exp(1))^x = e^x)$

**Notation :** Pour tout  $x$  dans  $\mathbb{R}$  on a :  $\exp(x) = e^x$

**Propriété algébrique :**

Pour tout  $x$  et  $y$  dans  $\mathbb{R}$  on a :

$$1) e^{x+y} = e^x \times e^y \quad 2) e^{-x} = \frac{1}{e^x} \quad 3) e^{x-y} = \frac{e^x}{e^y}$$

$$4) e^{rx} = (e^x)^r \quad (r \in \mathbb{Q}) \quad 5) (e^{\ln x} = x) \quad (\forall x > 0)$$

$$6) (\ln(e^x) = x) \quad (\forall x \in \mathbb{R})$$

$$7) (\forall y > 0) (\forall x \in \mathbb{R}) (e^x = y) \Leftrightarrow (x = \ln y)$$

$$8) (\forall y > 0) (\forall x \in \mathbb{R}) (e^x = e^y) \Leftrightarrow (x = y)$$

$$9) (\forall y > 0) (\forall x \in \mathbb{R}) (e^x \geq e^y) \Leftrightarrow (x \geq y)$$

**Exemple :** Résoudre les équations et inéquations suivantes dans  $\mathbb{R}$  :

$$1) e^{1-x} \times e^{2x} = e$$

$$2) \frac{e^{2-x}}{e^{1+2x}} = e^{x-1}$$

$$3) e^{2x} - 5e^x + 6 = 0 \quad 4) e^{x^2} \cdot (e^x)^3 = (e^{-x})^5 \cdot e^{-7}$$

$$5) e^{2x-3} - (e+1)e^{x-2} + 1 < 0$$

**Solution :1)**  $e^{1-x} \times e^{2x} = e \Leftrightarrow e^{2x+1-x} = e^1$

$$\Leftrightarrow e^{x+1} = e^1 \Leftrightarrow x+1=1 \Leftrightarrow x=0 \text{ donc : } S = \{0\}$$

$$2) \frac{e^{2-x}}{e^{1+2x}} = e^{x-1} \Leftrightarrow e^{(2-x)-(1+2x)} = e^{x-1}$$

$$\Leftrightarrow (2-x)-(1+2x) = x-1 \Leftrightarrow -4x = -2 \Leftrightarrow x = \frac{1}{2}$$

Donc :  $S = \left\{ \frac{1}{2} \right\}$

$$3) e^{2x} - 5e^x + 6 = 0 \Leftrightarrow (e^x)^2 - 5e^x + 6 = 0 \text{ on pose : } e^x = X$$

Donc :  $X^2 - 5X + 6 = 0 \quad \Delta = b^2 - 4ac = 25 - 24 = 1 > 0$

$$X_1 = \frac{5+1}{2 \times 1} \text{ et } X_2 = \frac{5-1}{2 \times 1} \text{ donc : } X_1 = 3 \text{ et } X_2 = 2$$

Donc :  $e^{x_1} = 3$  et  $e^{x_2} = 2$  donc :  $x_1 = \ln 3$  et  $x_2 = \ln 2$

Donc :  $S = \{\ln 2, \ln 3\}$

**4)** cette équation est définie dans  $\mathbb{R}$

$$e^{x^2} \cdot (e^x)^3 = (e^{-x})^5 \cdot e^{-7} \Leftrightarrow e^{x^2} \cdot e^{3x} = e^{-5x} \cdot e^{-7}$$

$$\Leftrightarrow e^{x^2+3x} = e^{-5x-7} \Leftrightarrow x^2 + 3x = -5x - 7$$

$$\Leftrightarrow x^2 + 8x + 7 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 8^2 - 4 \times 7 \times 1 = 64 - 28 = 36 > 0$$

$$x_1 = \frac{-8+6}{2 \times 1} = \frac{-2}{2} = -1 \text{ et } x_2 = \frac{-8-6}{2 \times 1} = \frac{-14}{2} = -7$$

Donc :  $S = \{-7; -1\}$

**5)** cette équation est définie dans  $\mathbb{R}$

$$\Leftrightarrow e^{-3} (e^{2x} - (e+1)e^{x+1} + e^3) < 0$$

$$\Leftrightarrow e^{2x} - (e+1)e^{x+1} + e^3 < 0 \text{ car } e^{-3} > 0$$

$$\Leftrightarrow (e^x)^2 - (e^2 + e)e^x + e^3 < 0$$

On pose :  $e^x = t$  on aura :  $t^2 - (e^2 + e)t + e^3 < 0$

$$t^2 - (e^2 + e)t + e^3 = (t-e)(e^x - e^2)$$

$$2) e^{2x-3} - (e+1)e^{x-2} + 1 < 0 \Leftrightarrow (e^x - e)(e^x - e^2) < 0$$

$$\Leftrightarrow (e^x - e^1)(e^x - e^2) < 0$$

$$\Leftrightarrow (x-1)(x-2) < 0$$

$$\Leftrightarrow x \in ]1; 2[ \text{ donc : } S = ]1; 2[$$

**Propriété : (limites usuelles)**

$$1) \lim_{x \rightarrow +\infty} e^x = +\infty$$

$$2) \lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0$$

$$3) \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x} = +\infty$$

$$4) \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n} = +\infty$$

$$5) \lim_{x \rightarrow -\infty} x e^x = 0^-$$

$$6) \lim_{x \rightarrow -\infty} x^n e^x = 0$$

$$7) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{x} = 1 \text{ avec : } n \in \mathbb{N}^*$$

**Preuve :** ces limites se déduisent des limites de La fonction  $\ln$

Montrons que :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n} = +\infty$  avec :  $n \in \mathbb{N}^*$  ?

$$\text{On a : } \frac{e^x}{x^n} = \frac{\left(\frac{x}{e^n}\right)^n}{x^n} = \left(\frac{\frac{x}{e^n}}{x}\right)^n = \frac{1}{n^n} \left(\frac{\frac{x}{e^n}}{\frac{x}{n}}\right)^n$$

on pose :  $t = \frac{x}{n} \quad x \rightarrow +\infty \Leftrightarrow t \rightarrow +\infty$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n} = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{n^n} \left(\frac{e^t}{t}\right)^n \text{ on a } \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{e^t}{t} = +\infty$$

Donc :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n} = +\infty$

Montrons que :  $\lim_{x \rightarrow -\infty} x^n e^x = 0$  avec :  $n \in \mathbb{N}^*$  ?

on pose :  $t = -x$  donc  $x \rightarrow +\infty \Leftrightarrow t \rightarrow -\infty$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} x^n e^x = \lim_{t \rightarrow +\infty} (-t)^n e^{-t} = \lim_{t \rightarrow +\infty} (-1)^n \frac{t^n}{e^t} = 0 \text{ car :}$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{e^t}{t^n} = +\infty$$

**Exercice1 :** Déterminer les limites suivantes :

$$1) \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^2 + 3x + 4}$$

$$2) \lim_{x \rightarrow -\infty} x^5 e^{-\sqrt{-x}}$$

$$3) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{\sin x} - 1}{x}$$

$$4) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{x+1} - e}{x}$$

**Solution :1)**  $\frac{e^x}{x^2 + 3x + 4} = \frac{e^x}{x^2 \left(1 + \frac{3}{x} + \frac{4}{x^2}\right)} = \frac{e^x}{x^2} \frac{1}{1 + \frac{3}{x} + \frac{4}{x^2}}$

Et on a :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^2} = +\infty$  et  $\lim_{x \rightarrow +\infty} 1 + \frac{3}{x} + \frac{4}{x^2} = 1$

Donc :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^2 + 3x + 4} = +\infty$

2)  $\lim_{x \rightarrow -\infty} x^5 e^{-\sqrt{-x}}$  on pose :  $t = \sqrt{-x}$

donc  $x \rightarrow -\infty \Leftrightarrow t \rightarrow +\infty$

$\lim_{x \rightarrow -\infty} x^5 e^{-\sqrt{-x}} = \lim_{t \rightarrow +\infty} -t^{10} e^{-t} = \lim_{t \rightarrow +\infty} -\frac{t^{10}}{e^t} = 0$

3) on a :  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{\sin x} - 1}{x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{\sin x} - 1}{\sin x} \times \frac{\sin x}{x} = 1 \times 1 = 1$

Car :  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{\sin x} - 1}{\sin x} = 1$  (on pose :  $t = \sin x$ ) et  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$

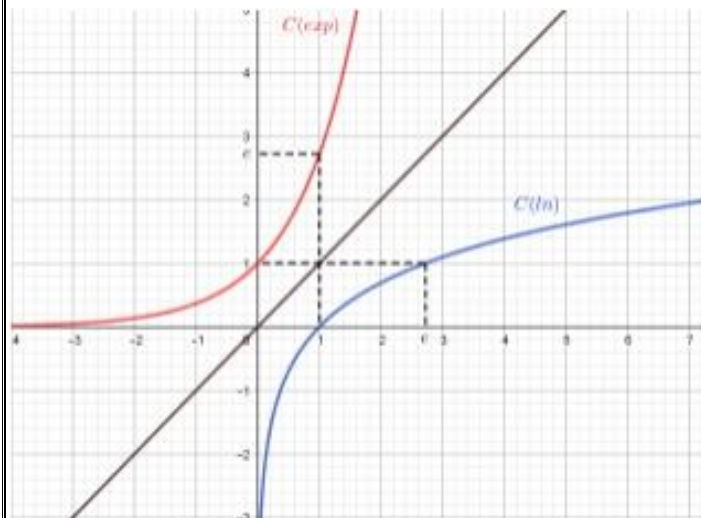
4) On pose :  $f(x) = e^{x+1}$  donc :  $f(0) = e^{0+1} = e^1 = e$

Et :  $f'(x) = (x+1)' e^{x+1} = 1e^{x+1} = e^{x+1}$  et  $f'(0) = e$

Donc :  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{x+1} - e}{x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = f'(0) = e$

### 3) Représentation de la fonction exp

La fonction  $exp$  est strictement monotone sur  $\mathbb{R}$   
 Car l' $exp$  est la fonction réciproque de la fonction  $ln$  qui est strictement monotone sur  $]0, +\infty[$   
 Les courbes  $C_{ln}$  et  $C_{exp}$  sont symétriques par rapport à la première bissectrice ( $\Delta$ ) :  $y = x$



Le Tableau de variation et L'exp :

$x$	$-\infty$	$0$	$1$	$+\infty$
$exp(x)$	$0$	$1$	$e$	$+\infty$

### 4) Dérivation de la fonction exp

On sait que la fonction  $exp$  est la fonction réciproque de la fonction  $ln$  qui est dérivable sur  $]0, +\infty[$ . Et on sait que :  $(\forall x \in ]0, +\infty[) (ln x)' = \frac{1}{x}$

Donc la fonction  $exp$  est dérivable sur  $\mathbb{R} = ln(]0, +\infty[)$ .

Soit  $x \in \mathbb{R}$  on a :

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

Car :  $(f^{-1})'(x) = \frac{1}{f'(f^{-1}(x))}$  avec  $f=ln$  et  $ln^{-1}=exp$

**Propriété :** La fonction  $exp$  est dérivable sur  $\mathbb{R}$  et  $(\forall x \in \mathbb{R})(exp'(x) = exp(x))$

**Corolaire :** Si  $u$  est une fonction dérivable sur un intervalle  $I$  alors la fonction  $exp(u(x))$  est dérivable sur  $I$  et  $(\forall x \in I)(exp(u(x)))' = u'(x) exp(u(x))$

**Exemple :** Déterminer les dérivées des fonctions

suivantes : 1)  $f(x) = e^{\sqrt{2x+1}}$

2)  $g(x) = e^{-2x^2} - 3e^{3x+1}$  3)  $h(x) = e^{\frac{x+1}{-x+3}}$

4)  $f(x) = (e^x - 4)\sqrt{e^x - 1}$

**Solutions :** 1)  $f(x) = e^{\sqrt{2x+1}}$

la fonction :  $u_1 : x \rightarrow \sqrt{2x+1}$  est dérivable sur

$]-\frac{1}{2}; +\infty[$  et  $u_1'(x) = \frac{(2x+1)'}{2\sqrt{2x+1}} = \frac{1}{\sqrt{2x+1}}$

Donc la fonction  $f$  est dérivable sur

$]-\frac{1}{2}; +\infty[$  et  $f'(x) = \frac{1}{\sqrt{2x+1}} e^{\sqrt{2x+1}}$

2)  $g(x) = e^{-2x^2} - 3e^{3x+1}$  les fonctions:

$u_1 : x \rightarrow -2x^2$  et  $u_2 : x \rightarrow 3x+1$  sont dérivables

sur  $\mathbb{R}$  et on a :

$$u_1'(x) = -4x \text{ et } u_2'(x) = 3$$

Donc la fonction  $g$  est dérivable sur  $\mathbb{R}$

$$\text{et } g'(x) = -4xe^{-2x^2} - 9e^{3x+1}$$

$$3) h(x) = e^{\frac{x+1}{-x+3}}$$

la fonction :  $u : x \rightarrow \frac{x+1}{-x+3}$  est dérivable sur

$$]3; +\infty[ \text{ et } ]-\infty; 3[ \text{ et } u'(x) = \frac{4}{(x-3)^2}$$

Donc la fonction  $f$  est dérivable sur  $]3; +\infty[$  et

$$]-\infty; 3[ \text{ et } h'(x) = \frac{4}{(x-3)^2} e^{\frac{x+1}{-x+3}}$$

$$4) f(x) = (e^x - 4)\sqrt{e^x - 1}$$

$$f'(x) = ((e^x - 4)\sqrt{e^x - 1})' = ((e^x - 4))' \sqrt{e^x - 1} + (e^x - 4)(\sqrt{e^x - 1})'$$

$$f'(x) = e^x \sqrt{e^x - 1} + (e^x - 4) \frac{(e^x - 1)'}{2\sqrt{e^x - 1}} = e^x \sqrt{e^x - 1} + (e^x - 4) \frac{e^x}{2\sqrt{e^x - 1}}$$

$$f'(x) = \frac{2e^x(e^x - 1) + e^x(e^x - 4)}{2\sqrt{e^x - 1}} = \frac{2e^{2x} - 2e^x + e^{2x} - 4e^x}{2\sqrt{e^x - 1}} = \frac{3e^{2x} - 6e^x}{2\sqrt{e^x - 1}}$$

### 5) Primitives et la fonction exp

**Corolaire :** Si  $u$  est une fonction dérivable alors une primitive de  $u'(x) \cdot e^{u(x)}$  est  $e^{u(x)}$ .

**Exemple :** Déterminer les primitives des fonctions

$$\text{suivantes : } 1) f(x) = \frac{e^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} \quad 3) g(x) = (e^x)^2$$

$$3) h(x) = \frac{e^{\arctan x}}{1+x^2} \quad \text{Solutions : } 1) f(x) = \frac{e^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} \text{ Si}$$

on pose :  $u(x) = \sqrt{x}$  On a :

$$f(x) = 2u'(x)e^{u(x)} \text{ si } x > 0 \text{ donc}$$

les primitives de  $f$  sont :

$$F(x) = 2e^{u(x)} + \lambda = 2e^{\sqrt{x}} + \lambda \quad \lambda \in \mathbb{R}$$

$$2) g(x) = (e^x)^2 \quad \text{Si on pose : } u(x) = e^x$$

On a :  $g(x) = u'(x)u(x)$  donc les primitives de  $g$

$$\text{sont : } G(x) = \frac{1}{2}u^2(x) + \lambda = \frac{1}{2}(e^x)^2 + \lambda \quad \lambda \in \mathbb{R}$$

$$3) h(x) = \frac{e^{\arctan x}}{1+x^2} \quad \text{Si on pose : } u(x) = \arctan x$$

On a :  $h(x) = u'(x)e^{u(x)}$  donc les primitives de  $h$

$$\text{sont : } H(x) = e^{\arctan x} + \lambda \quad \lambda \in \mathbb{R}$$

**Exercice2 :** Déterminer une primitive des fonctions suivantes :

$$1) I = \mathbb{R}; f(x) = 2e^{3x} - e^{-x}$$

$$2) I = ]0; +\infty[; f(x) = \frac{e^{2x}}{(e^{2x} - 1)^2}$$

$$3) I = \mathbb{R}; f(x) = e^x (e^x - 1)^3$$

$$4) I = [0; \pi]; f(x) = \sin x e^{\cos x}$$

$$5) f(x) = \frac{e^x - 1}{e^x - x} \quad I = ]0; +\infty[$$

**Solutions :** 1)  $I = \mathbb{R}; f(x) = 2e^{3x} - e^{-x}$

$$f(x) = 2e^{3x} - e^{-x} = \frac{2}{3}(3x)' e^{3x} + (-x)' e^{-x}$$

$$F(x) = \frac{2}{3}e^{3x} + e^{-x} \text{ est une primitive de } f \text{ sur } I$$

$$2) I = ]0; +\infty[; f(x) = \frac{e^{2x}}{(e^{2x} - 1)^2}$$

$$f(x) = \frac{e^{2x}}{(e^{2x} - 1)^2} = \frac{1}{2} \frac{(e^{2x} - 1)'}{(e^{2x} - 1)^2}$$

$$\text{Donc : } F(x) = -\frac{1}{2} \frac{1}{e^{2x} - 1} \text{ est une primitive de } f \text{ sur } I$$

3)  $I = \mathbb{R}; f(x) = e^x (e^x - 1)^3$

$f(x) = e^x (e^x - 1)^3 = (e^x - 1)' (e^x - 1)^3$

donc :  $F(x) = \frac{1}{3+1} (e^x - 1)^{3+1} = \frac{1}{4} (e^x - 1)^4$  est une primitive de f sur I

4)  $I = [0; \pi]; f(x) = \sin x e^{\cos x}$

$f(x) = \sin x e^{\cos x} = -(\cos x)' e^{\cos x}$

donc :  $F(x) = e^{\cos x}$  est une primitive de f sur I

5)  $f(x) = \frac{e^x - 1}{e^x - x} \quad I = ]0; +\infty[$

$f(x) = \frac{e^x - 1}{e^x - x} = \frac{(e^x - x)'}{e^x - x}$  donc :  $F(x) = \ln|e^x - x|$  est

une primitive de f sur I

**6) Etudes des fonctions qui contiennent exp**

**Exemple1:** Considérons la fonction f définie par :

$f(x) = (x-1)e^x$

1) Etudier les variations de f et dresser son tableau de variation.

2) Etudier les branches infinies de la courbe Cf au voisinage de +∞

3) Etudier la concavité de la courbe Cf

4) Construire la courbe Cf.

**Solution :** 1)  $D_f = \mathbb{R}$

$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} (x-1)e^x = \lim_{x \rightarrow -\infty} xe^x - e^x = 0$

$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} (x-1)e^x = +\infty$  car  $\lim_{x \rightarrow +\infty} e^x = +\infty$

Car :  $\lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0^+$  et  $\lim_{x \rightarrow -\infty} xe^x = 0$

Donc :  $y = 0$  est une asymptote a (C) au voisinage de -∞

$f'(x) = ((x-1)e^x)' = (x-1)' e^x + (x-1)(e^x)'$

$f'(x) = 1e^x + (x-1)e^x = e^x + xe^x - e^x = xe^x$

Le signe de :  $f'(x)$  est celui de x

Tableau de variation :

x	-∞	0	+∞
f'(x)	-	0	+
f(x)	0	-1	+∞

2)  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{(x-1)e^x}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x-1}{x} e^x$

On a :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x-1}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x}{x} = 1$  et  $\lim_{x \rightarrow +\infty} e^x = +\infty$  donc :

$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x-1}{x} e^x = 1 \times (+\infty) = +\infty$

Donc : la courbe Cf admet une branche parabolique dans la direction de l'axe des ordonnées au voisinage de +∞

3) Etudie de la concavité de la courbe Cf :

$f''(x) = (xe^x)' = (x)' e^x + x(e^x)' = e^x (1+x)$

Le signe de :  $f''(x)$  est celui de :  $x+1$

$x+1=0 \Leftrightarrow x=-1$

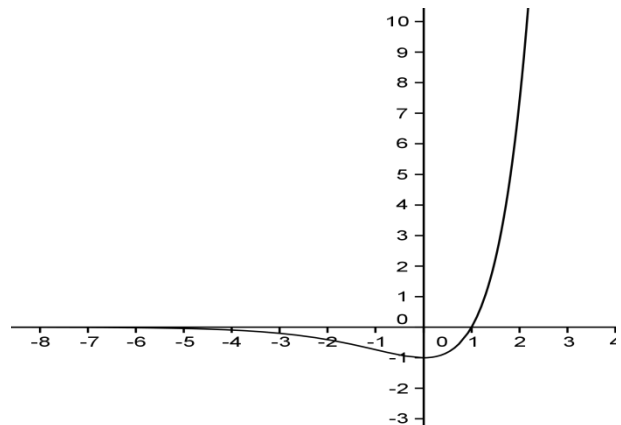
x	-∞	-1	+∞
x+1	-	0	+

Donc :

(C<sub>f</sub>) est convexe sur  $[-1; +\infty[$

(C<sub>f</sub>) est concave sur  $]-\infty; -1]$  et  $A(-1, -2e^{-1})$  est un point d'inflexion de (C<sub>f</sub>)

4)



**Exemple2:** Considérons la fonction  $f$  définie

$$\text{par : } f(x) = x - 1 + \frac{3}{e^x + 1}$$

1) déterminer  $D_f$  et calculer les limites aux

bornes de  $D_f$

2) Etudier les variations de  $f$  et dresser son tableau de variation.

3) montrer que :  $(\forall x \in \mathbb{R}); f(x) = x + 2 - \frac{3e^x}{e^x + 1}$

4) Etudier les branches infinies de la courbe  $C_f$   
Et étudier la position de la courbe  $C_f$  avec les asymptotes obliques

**Solutions :**

1)  $D_f = \{x \in \mathbb{R} / e^x + 1 \neq 0\}$

$$e^x + 1 = 0 \Leftrightarrow e^x = -1 \text{ pas de solutions car } e^x > 0 \forall x \in \mathbb{R}$$

Donc :  $D_f = \mathbb{R}$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} x - 1 + \frac{3}{e^x + 1} = +\infty \text{ car } \lim_{x \rightarrow +\infty} x - 1 = +\infty$$

$$\text{Et } \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{3}{e^x + 1} = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} x - 1 + \frac{3}{e^x + 1} = -\infty \text{ car } \lim_{x \rightarrow -\infty} x - 1 = -\infty$$

$$\text{Et } \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{3}{e^x + 1} = 3$$

$$2) f'(x) = \left( x - 1 + \frac{3}{e^x + 1} \right)' = 1 - 3 \frac{(e^x + 1)'}{(e^x + 1)^2} = 1 - 3 \frac{e^x}{(e^x + 1)^2}$$

$$f'(x) = \frac{(e^x + 1)^2 - 3e^x}{(e^x + 1)^2} = \frac{(e^x)^2 + 2e^x + 1 - 3e^x}{(e^x + 1)^2} = \frac{(e^x)^2 - e^x + 1}{(e^x + 1)^2}$$

Le signe de :  $f'(x)$  est celui de :  $(e^x)^2 - e^x + 1$

On pose :  $e^x = X$  donc on a :  $X^2 - X + 1 = 0$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 1 - 4 = -3 < 0$$

**Donc :**  $X^2 - X + 1 > 0$  (signe de a)

Donc :  $(e^x)^2 - e^x + 1 > 0$  par suite:  $f'(x) > 0$

$x$	$-\infty$	$+\infty$
$f'(x)$	+	
$f(x)$	$-\infty$	$+\infty$

3) montrons que :  $(\forall x \in \mathbb{R}); f(x) = x + 2 - \frac{3e^x}{e^x + 1}$

$$f(x) = x - 1 + \frac{3}{e^x + 1} = x + 2 - 3 + \frac{3}{e^x + 1}$$

$$f(x) = x + 2 + \frac{-3(e^x + 1) + 3}{e^x + 1} = x + 2 + \frac{-3e^x - 3 + 3}{e^x + 1}$$

$$f(x) = x + 2 - \frac{3e^x}{e^x + 1}$$

4) Etude des branches infinies ?

a) On a  $f(x) = x - 1 + \frac{3}{e^x + 1}$  donc  $f(x) - (x - 1) = \frac{3}{e^x + 1}$

$$\text{Donc : } \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) - (x - 1) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{3}{e^x + 1} = 0$$

Par suite : la droite d'équation  $(\Delta) y = x - 1$  est une asymptote oblique à la courbe  $C_f$  au voisinage

de  $+\infty$  et on a aussi :  $f(x) - (x - 1) = \frac{3}{e^x + 1} > 0$

Donc : la courbe  $C_f$  est au-dessus de la droite d'équation  $(\Delta) y = x - 1$

b) On a  $f(x) = x + 2 - \frac{3e^x}{e^x + 1}$  donc  $f(x) - (x + 2) = -\frac{3e^x}{e^x + 1}$

$$\text{Donc : } \lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) - (x + 2) = \lim_{x \rightarrow -\infty} -\frac{3e^x}{e^x + 1} = 0$$

Par suite : la droite d'équation  $(D) y = x + 2$  est une asymptote oblique à la courbe  $C_f$  au voisinage

de  $-\infty$  et on a aussi :  $f(x) - (x + 2) = -\frac{3e^x}{e^x + 1} < 0$

Donc : la courbe  $C_f$  est au-dessous de la droite d'équation  $(D) y = x + 2$

**Exemple3:** Considérons la fonction  $f$  définie par :

$$f(x) = (e^x - 4)\sqrt{e^x - 1}$$

1) déterminer  $D_f$  et calculer les limites aux

bornes de  $D_f$

2) montrer que :  $(\forall x \in \mathbb{R}_*^+) \frac{f(x)}{x} = \frac{e^x - 4}{\sqrt{e^x - 1}} \cdot \frac{e^x - 1}{x}$

3) Etudier la dérivabilité de la fonction  $f$  à droite de 0 et interpréter géométriquement le résultat obtenu

4) montrer que :  $(\forall x \in \mathbb{R}_*^+) f'(x) = \frac{3e^x(e^x - 2)}{2\sqrt{e^x - 1}}$

5) Etudier les variations de  $f$  et dresser son tableau de variation.

6) Etudier les branches infinies de la courbe  $C_f$  Au voisinage de  $+\infty$

7) calculer :  $f(2\ln 2)$  et construire la courbe  $C_f$ .

**Solutions :** 1)  $D_f = \{x \in \mathbb{R} / e^x - 1 \geq 0\}$

$$e^x - 1 \geq 0 \Leftrightarrow e^x \geq 1 \Leftrightarrow x \geq \ln 1 \Leftrightarrow x \geq 0$$

Donc :  $D_f = \mathbb{R}^+$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} (e^x - 4)\sqrt{e^x - 1} = +\infty$$

Car :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} e^x - 4 = +\infty$  et  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{e^x - 1} = +\infty$

2)  $\frac{f(x)}{x} = \frac{(e^x - 4)\sqrt{e^x - 1}}{x} = \frac{(e^x - 4)(\sqrt{e^x - 1})^2}{x\sqrt{e^x - 1}}$

$$\frac{f(x)}{x} = \frac{(e^x - 4)(e^x - 1)}{x\sqrt{e^x - 1}} = \frac{e^x - 4}{\sqrt{e^x - 1}} \cdot \frac{e^x - 1}{x}$$

3)  $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{e^x - 4}{\sqrt{e^x - 1}} \cdot \frac{e^x - 1}{x}$

$$= \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{e^x - 4}{\sqrt{e^x - 1}} \cdot \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{e^x - 1}{x} \text{ puisque : } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{e^x - 1}{x} = 1$$

$$\text{Et } \lim_{x \rightarrow 0^+} e^x - 4 = -3 \text{ et } \lim_{x \rightarrow 0^+} \sqrt{e^x - 1} = 0^+$$

$$\text{Donc : } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = -\infty$$

Donc la fonction  $f$  n'est pas dérivable à droite de 0

*Interprétation géométriquement :*

la courbe  $C_f$  admet une demie tangente vertical

adroite du point  $O(0;0)$  dirigé vers le bas

$$\text{car : } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = -\infty \quad (+) \times (-) = (-)$$

4) montrons que :  $(\forall x \in \mathbb{R}_*^+) f'(x) = \frac{3e^x(e^x - 2)}{2\sqrt{e^x - 1}}$  ?

$$f'(x) = \left( (e^x - 4)\sqrt{e^x - 1} \right)' = (e^x - 4)' \sqrt{e^x - 1} + (e^x - 4) (\sqrt{e^x - 1})'$$

$$f'(x) = e^x \sqrt{e^x - 1} + (e^x - 4) \frac{(e^x - 1)'}{2\sqrt{e^x - 1}} = e^x \sqrt{e^x - 1} + \frac{e^x(e^x - 4)}{2\sqrt{e^x - 1}}$$

$$f'(x) = \frac{2e^x(\sqrt{e^x - 1})^2 + e^x(e^x - 4)}{2\sqrt{e^x - 1}} = \frac{2e^x(e^x - 1) + e^x(e^x - 4)}{2\sqrt{e^x - 1}}$$

$$f'(x) = \frac{2e^{2x} - 2e^x + e^{2x} - 4e^x}{2\sqrt{e^x - 1}} = \frac{3e^{2x} - 6e^x}{2\sqrt{e^x - 1}} = \frac{3e^x(e^x - 2)}{2\sqrt{e^x - 1}}$$

5) le signe de :  $f'(x)$  est celui de  $e^x - 2$

$$\text{car } \frac{3e^x}{2\sqrt{e^x - 1}} > 0 \quad (\forall x \in \mathbb{R}_*^+)$$

$$e^x - 2 > 0 \Leftrightarrow e^x > 2 \Leftrightarrow x > \ln 2$$

$$f(\ln 2) = (e^{\ln 2} - 4)\sqrt{e^{\ln 2} - 1} = (2 - 4)\sqrt{2 - 1} = -2$$

$x$	0	$\ln 2$	$+\infty$
$f'(x)$		-	+
$f(x)$	0	-2	$+\infty$

6) Etude des branches infinies de la courbe  $C_f$  Au voisinage de  $+\infty$  ?

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \left( \frac{e^x}{x} - \frac{4}{x} \right) \sqrt{e^x - 1}$$

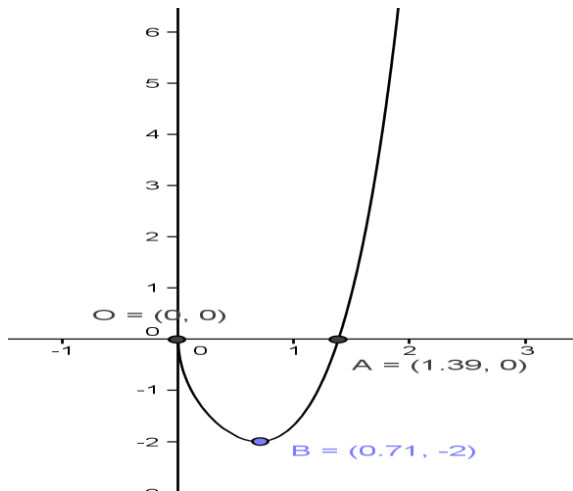


On a :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x} = +\infty$  et  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{4}{x} = 0$  et  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{e^x - 1} = +\infty$

Donc :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = +\infty$  Donc : la courbe  $C_f$  admet

une branche parabolique dans la direction de l'axe des ordonnées au voisinage de  $+\infty$

$$f(2\ln 2) = (e^{2\ln 2} - 4)\sqrt{e^{2\ln 2} - 1} = (e^{\ln 4} - 4)\sqrt{e^{\ln 4} - 1} = (4 - 4)\sqrt{4 - 1} = 0$$



**Exercice3** : Considérons la fonction  $f$  définie par :

$$f(x) = \sqrt{e^{-x} - e^{-2x}}$$

1) déterminer  $D_f$  et calculer les limites aux

bornes de  $D_f$

2) Etudier la continuité et la dérivabilité de la fonction  $f$  à droite de 0 et interpréter géométriquement le résultat obtenu

3) Etudier les variations de  $f$  et dresser son tableau de variation.

4) construire la courbe  $C_f$ .

**Solutions** : 1)  $D_f = \{x \in \mathbb{R} / e^{-x} - e^{-2x} \geq 0\}$

$$e^{-x} - e^{-2x} \geq 0 \Leftrightarrow e^{-x} \geq e^{-2x} \Leftrightarrow -x \geq -2x \Leftrightarrow x \geq 0$$

Donc :  $D_f = [0; +\infty[$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{e^{-x} - e^{-2x}} = 0$$

$$\text{Car : } \lim_{x \rightarrow +\infty} e^{-x} = 0 \text{ et } \lim_{x \rightarrow +\infty} e^{-2x} = 0$$

$$2) a) \lim_{x \rightarrow 0^+} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0^+} \sqrt{e^{-x} - e^{-2x}} = 0 = f(0)$$

Donc  $f$  est continue à droite de 0

b)

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} &= \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{\sqrt{e^{-x} - e^{-2x}}}{x} = \lim_{x \rightarrow 0^+} \sqrt{\frac{e^{-x}(1 - e^{-x})}{x^2}} \\ &= \lim_{x \rightarrow 0^+} \sqrt{\frac{e^{-x}}{x} \times \frac{e^{-x} - 1}{-x}} \text{ on a : } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{e^{-x}}{x} = +\infty \text{ et } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{e^{-x} - 1}{-x} = 1 \end{aligned}$$

$$\text{Donc : } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = +\infty$$

Donc la fonction  $f$  n'est pas dérivable à droite de 0

*Interprétation géométriquement :*

la courbe  $C_f$  admet une demi tangente vertical adroite du point  $O(0;0)$  dirigé vers le haut

$$\text{car : } \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = +\infty \quad (+) \times (+) = (+)$$

3) Etude des variations de  $f$  :

$$f'(x) = \left( \sqrt{e^{-x} - e^{-2x}} \right)' = \frac{(e^{-x} - e^{-2x})'}{2\sqrt{e^{-x} - e^{-2x}}}$$

$$f'(x) = \frac{-e^{-x} + 2e^{-2x}}{2\sqrt{e^{-x} - e^{-2x}}} = \frac{e^{-x}(2e^{-x} - 1)}{2\sqrt{e^{-x} - e^{-2x}}}$$

le signe de :  $f'(x)$  est celui de  $2e^{-x} - 1$

$$\text{car } \frac{e^{-x}}{2\sqrt{e^{-x} - e^{-2x}}} > 0 \quad (\forall x \in \mathbb{R}_*^+)$$

$$\text{on a : } 2e^{-x} - 1 = \frac{1}{e^x}(2 - e^x)$$

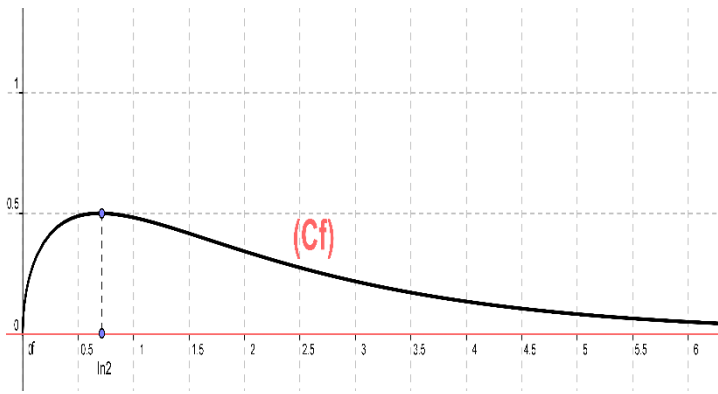
$$2 - e^x > 0 \Leftrightarrow e^x < 2 \Leftrightarrow x < \ln 2$$

$$f(\ln 2) = \sqrt{e^{-\ln 2} - e^{-2\ln 2}} = \sqrt{\frac{1}{e^{\ln 2}} - \frac{1}{e^{2\ln 2}}} = \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$$

$x$	0	$\ln 2$	$+\infty$
$f'(x)$		+	-
$f(x)$	0	$\frac{1}{2}$	0

4) la courbe  $C_f$  :





**Exercice4 :** Considérons la fonction  $f$  définie par :

$$f(x) = \frac{e^x}{\sqrt{1-e^{2x}}}$$

1) déterminer  $D_f$  et calculer les limites aux

bornes de  $D_f$

2) Etudier les variations de  $f$  et dresser son tableau de variation.

3) montrer que  $f$  admet une fonction réciproque définie sur un intervalle  $J$  que l'on déterminera

4) déterminer :  $f^{-1}(x) \quad \forall x \in J$

**Solutions :**  $f(x) = \frac{e^x}{\sqrt{1-e^{2x}}}$

$$D_f = \{x \in \mathbb{R} / 1 - e^{2x} > 0\}$$

$$1 - e^{2x} > 0 \Leftrightarrow 1 > e^{2x} \Leftrightarrow e^0 > e^{2x} \Leftrightarrow 0 > 2x \Leftrightarrow x < 0$$

Donc :  $D_f = ]-\infty, 0[$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{e^x}{\sqrt{1-e^{2x}}} = \frac{0}{\sqrt{1-0}} = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{e^x}{\sqrt{1-e^{2x}}} = \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{e^x}{\sqrt{e^{2x} \left( \frac{1}{e^{2x}} - 1 \right)}} = +\infty$$

Car :  $\lim_{x \rightarrow 0^-} \sqrt{e^{2x} \left( \frac{1}{e^{2x}} - 1 \right)} = 0^+$

$$2) f'(x) = \left( \frac{e^x}{\sqrt{1-e^{2x}}} \right)' = \frac{(e^x)' \sqrt{1-e^{2x}} - e^x (\sqrt{1-e^{2x}})'}{(\sqrt{1-e^{2x}})^2}$$

$$f'(x) = \frac{e^x \sqrt{1-e^{2x}} - e^x \frac{(1-e^{2x})'}{2\sqrt{1-e^{2x}}}}{(\sqrt{1-e^{2x}})^2} = \frac{2e^x(1-e^{2x}) + 2e^x e^{2x}}{2\sqrt{1-e^{2x}}(1-e^{2x})}$$

$$f'(x) = \frac{2e^x - 2e^{3x} + 2e^{3x}}{2\sqrt{1-e^{2x}}(1-e^{2x})} = \frac{2e^x}{2\sqrt{1-e^{2x}}(1-e^{2x})} > 0$$

$$\forall x \in ]-\infty, 0[$$

$x$	$-\infty$	$0$
$f'(x)$		$+$
$f(x)$	$0$	$+\infty$

3) on a  $f$  est une fonction continue et strictement

croissante sur  $I = ]-\infty, 0[$  donc  $f$  admet une

fonction réciproque  $f^{-1}$  définie sur l'intervalle

$$J = f(I) = f(]-\infty, 0[) = ]0; +\infty[$$

$$\begin{cases} f(y) = x \\ y \in I \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = f^{-1}(x) \\ x \in J \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{e^y}{\sqrt{1-e^{2y}}} = x \\ y \in ]-\infty, 0[ \end{cases} \Leftrightarrow \left( \frac{e^y}{\sqrt{1-e^{2y}}} \right)^2 = x^2 \Leftrightarrow \frac{e^{2y}}{1-e^{2y}} = x^2$$

$$e^{2y} = x^2(1-e^{2y}) \Leftrightarrow e^{2y} = x^2 - x^2 e^{2y} \Leftrightarrow e^{2y} + x^2 e^{2y} = x^2$$

$$e^{2y}(1+x^2) = x^2 \Leftrightarrow e^{2y} = \frac{x^2}{1+x^2} \Leftrightarrow 2y = \ln\left(\frac{x^2}{1+x^2}\right)$$

$$\Leftrightarrow y = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{x^2}{1+x^2}\right) \Leftrightarrow y = \ln\left(\frac{x^2}{1+x^2}\right)^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow y = \ln\sqrt{\frac{x^2}{1+x^2}}$$

Donc :  $f^{-1}(x) = \ln\sqrt{\frac{x^2}{1+x^2}} \quad \forall x \in ]0; +\infty[$

**Exercice5 :** Considérons la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par :  $f(x) = 1 - \ln(1+e^{-x})$  et soit (C) la courbe

De  $f$  dans un repère orthonormé  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  avec

$$\|\vec{i}\| = 2cm$$

1)a) montrer que :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = 1$  et interpréter

géométriquement le résultat

b) montrer que :  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty$

2)a) vérifier que:  $\forall x \in \mathbb{R} ; f(x) = x + 1 - \ln(1 + e^x)$

b) en déduire la droite  $(D)$  d'équation :  $y = x + 1$

est une asymptote oblique à la courbe  $C_f$  au voisinage de  $-\infty$

c) étudier la position de la courbe  $C_f$  avec la droite  $(D)$

3)a) montrer que :  $\forall x \in \mathbb{R} ; f'(x) = \frac{1}{1 + e^x}$

b) Etudier les variations de  $f$  et dresser son tableau de variation.

c) Etudier la concavité de  $C_f$

d) montrer que la courbe  $C_f$  coupe l'axe des abscisses en un point à déterminer

4) Construire la courbe  $C_f$  dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$

5) a) montrer que  $f$  admet une fonction réciproque définie sur un intervalle  $J$  que l'on déterminera

b) déterminer :  $f^{-1}(x) \quad \forall x \in J$

**Solutions :**  $f(x) = 1 - \ln(1 + e^{-x})$

1)a)

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} 1 - \ln(1 + e^{-x}) = \lim_{x \rightarrow +\infty} 1 - \ln\left(1 + \frac{1}{e^x}\right) = 1$$

$$\text{Car } \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{e^x} = 0$$

*Interprétation géométriquement :*

$y = 1$  est une asymptote à  $(C)$  au voisinage de  $+\infty$

$$1)b) \lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} 1 - \ln\left(1 + \frac{1}{e^x}\right) = -\infty$$

$$\text{Car: } \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{1}{e^x} = +\infty$$

2)a) Montrons que:  $\forall x \in \mathbb{R} ; f(x) = x + 1 - \ln(1 + e^x)$  ?

$$f(x) = 1 - \ln(1 + e^{-x}) = 1 - \ln\left(1 + \frac{1}{e^x}\right) = 1 - \ln\left(\frac{e^x + 1}{e^x}\right)$$

$$f(x) = 1 - \ln(e^x + 1) + \ln(e^x) = 1 - \ln(e^x + 1) + x$$

$$\text{Donc: } f(x) = x + 1 - \ln(e^x + 1) \quad \forall x \in \mathbb{R}$$

$$2)b) \text{ on a : } f(x) = x + 1 - \ln(e^x + 1)$$

$$\text{Donc : } f(x) - (x + 1) = -\ln(e^x + 1)$$

$$\text{Donc: } \lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) - (x + 1) = \lim_{x \rightarrow -\infty} -\ln(e^x + 1) = 0 \quad \text{car: } \lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0$$

Par suite : la droite d'équation  $(D)$  :  $y = x + 1$  est

une asymptote oblique à la courbe  $C_f$  au voisinage de  $-\infty$

$$2)c) f(x) - (x + 1) = -\ln(e^x + 1)$$

$$\text{On a : } e^x > 0 \quad \forall x \in \mathbb{R} \quad \text{donc : } e^x + 1 > 1$$

$$\text{Donc: } \ln(e^x + 1) > \ln 1 \quad \text{Donc: } \ln(e^x + 1) > 0$$

$$\text{Donc: } -\ln(e^x + 1) < 0$$

Donc : la courbe  $C_f$  est au-dessous de la droite d'équation  $(D)$  :  $y = x + 1$

3)a) montrons que :  $\forall x \in \mathbb{R}, f'(x) = \frac{1}{1 + e^x}$  ?

$$f'(x) = (x + 1 - \ln(1 + e^x))' = 1 - \frac{(1 + e^x)'}{1 + e^x} = 1 - \frac{e^x}{1 + e^x}$$

$$f'(x) = \frac{1 + e^x - e^x}{1 + e^x} = \frac{1}{1 + e^x} > 0 \quad \forall x \in \mathbb{R},$$

3)b) *Tableau de variation :*

$x$	$-\infty$	$+\infty$
$f'(x)$	+	
$f(x)$	$-\infty$	$1$

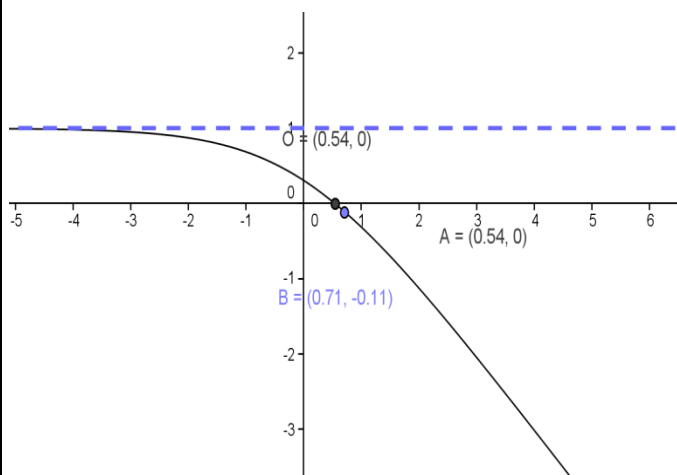
3)c) Etude de la concavité de  $C_f$  :

$$f''(x) = \left(\frac{1}{1 + e^x}\right)' = -\frac{(1 + e^x)'}{(1 + e^x)^2} = -\frac{e^x}{(1 + e^x)^2} < 0 \quad \forall x \in \mathbb{R},$$

la courbe  $C_f$  est convexe dans  $\mathbb{R}$ ,

3)d)  $f(x) = 0 \Leftrightarrow 1 - \ln(1 + e^{-x}) = 0 \Leftrightarrow \ln(1 + e^{-x}) = 1$   
 $\Leftrightarrow \ln(1 + e^{-x}) = \ln e \Leftrightarrow e^{-x} = e - 1 \Leftrightarrow -x = \ln(e - 1)$   
 $\Leftrightarrow x = -\ln(e - 1)$  Donc le point d'intersection de la  
 courbe  $C_f$  avec l'axe des abscisses est :

$$A(-\ln(e-1); 0)$$



5) a) on a  $f$  est une fonction continue et  
 strictement croissante sur  $\mathbb{R}$  donc  $f$  admet une  
 fonction réciproque  $f^{-1}$  définie sur l'intervalle

$$J = f(I) = f(\mathbb{R}) = ]-\infty; 1[$$

$$\begin{cases} f(y) = x \\ y \in I \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = f^{-1}(x) \\ x \in J \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 - \ln(1 + e^{-y}) = x \\ y \in \mathbb{R} \end{cases} \Leftrightarrow 1 - x = \ln(1 + e^{-y}) \Leftrightarrow 1 + e^{-y} = e^{1-x}$$

$$e^{-y} = e^{1-x} - 1 \Leftrightarrow -y = \ln(e^{1-x} - 1) \Leftrightarrow y = -\ln(e^{1-x} - 1)$$

Donc:  $\forall x \in ]-\infty; 1[ \quad f^{-1}(x) = -\ln(e^{1-x} - 1)$

**Exercice 5BIS :** Considérons la fonction  $f$  définie  
 sur  $\mathbb{R}$  par :  $f(x) = 3 - \ln(1 + e^{-x})$  et soit  $(C)$  la

courbe de  $f$  dans un repère orthonormé  $(O; \vec{i}, \vec{j})$

avec  $\|\vec{i}\| = 2cm$

1) calculer :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$  et  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$  et interpréter  
 géométriquement le résultat

2)a) vérifier que:  $\forall x \in \mathbb{R} ; f(x) = x + 3 - \ln(1 + e^x)$

b) en déduire la droite  $(D)$  d'équation :  $y = x + 3$

est une asymptote oblique à la courbe  $C_f$  au  
 voisinage de  $-\infty$

c) étudier la position de la courbe  $C_f$  avec  
 la droite  $(D)$

3)a) montrer que :  $\forall x \in \mathbb{R} ; f'(x) = \frac{1}{1 + e^x}$

b) Etudier les variations de  $f$  et dresser son  
 tableau de variation.

c) Etudier la concavité de  $C_f$

d) montrer que la courbe  $C_f$  coupe l'axe des  
 abscisses en un point à déterminer

4) Construire la courbe  $C_f$  dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$

5) a) montrer que  $f$  admet une fonction réciproque  
 définie sur un intervalle  $J$  que l'on déterminera

b) déterminer :  $f^{-1}(x) \quad \forall x \in J$

### Exercice 6 :

Partie 1 : Considérons la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}^+$   
 par :  $f(x) = (x + 2)e^{\frac{-2}{x}}$  si  $x > 0$  et  $f(0) = 0$

1) Etudier la continuité et la dérivabilité de la  
 fonction  $f$  à droite de 0.

2) Interpréter géométriquement le résultat obtenu.

3) Déterminer la limite en  $+\infty$

4) Déterminer la fonction dérivée de la fonction  $f$   
 puis dresser le tableau de variation de  $f$ .

5) a) Montrer que  $(\forall t > 0) \quad 0 < e^{-t} + t - 1 < \frac{t^2}{2}$

b) En déduire que :  $(\forall x > 0)$

$$\frac{-4}{x} < f(x) - x < \frac{4}{x^2} - \frac{2}{x}$$

c) Déterminer la nature de la branche infinie de la  
 courbe  $C_f$  au voisinage de  $+\infty$

6) Construire la courbe  $C_f$ .

Partie 2 :

Considérons la fonction  $f_n$  définie sur  $\mathbb{R}^+$  par :

$$f_n(x) = (x + 2n)e^{\frac{-2}{x}} \text{ si } x > 0 \text{ et } f_n(0) = 0$$

où  $n \in \mathbb{N}^*$

1) a) Etudier la continuité et la dérivabilité de la fonction  $f_n$  à droite de 0.

b) Déterminer la limite en  $+\infty$

c) Déterminer la fonction dérivée de la fonction  $f_n$

puis dresser le tableau de variation de  $f_n$ .

2) Montrer que l'équation  $f_n(x) = \frac{2}{n}$

admet une solution unique  $\alpha_n$  dans  $]0, +\infty[$

3)a) Montrer que  $(\forall x > 0)$

$$f_{n+1}(x) - \frac{2}{n+1} > f_n(x) - \frac{2}{n}$$

b) En déduire la monotonie de  $(\alpha_n)_n$

c) Montrer que la suite  $(\alpha_n)_n$  est convergente et

que  $\lim_{n \rightarrow +\infty} (\alpha_n)_n = 0$

## II) LA FONCTION EXPONENTIELLE DE BASE $a$ .

### 1) Définition et résultats :

**Propriété et définition :** Soit  $a$  un réel strictement positif et différent de 1. La fonction  $\log_a$  étant continue et strictement monotone sur  $]0, +\infty[$ , elle admet donc une fonction réciproque de  $\mathbb{R} = \log_a (]0, +\infty[)$  vers  $]0, +\infty[$ .

Cette fonction réciproque s'appelle la fonction exponentielle de base  $a$  et se note  $\exp_a$

**Propriété :** Soit  $a > 0$  et  $a \neq 1$  ; on a :

$$(\forall x \in \mathbb{R}) \exp_a(x) = e^{x \ln a}$$

**Preuve :** Posons :  $y = \exp_a(x)$

$$\text{on a donc } y > 0 \text{ et } x = \log_a y = \frac{\ln y}{\ln a}$$

D'où :  $\ln y = x \ln a$  ; finalement  $y = e^{x \ln a}$

D'où la propriété.

**Résultats immédiats :** Soit  $a > 0$  et  $a \neq 1$

fonction  $\exp_a$  est définie sur  $\mathbb{R}$

$$1) \forall x \in \mathbb{R} \exp_a(x) > 0$$

$$2) \forall x \in \mathbb{R} \quad \forall y \in \mathbb{R}_+^* \exp_a(x) = y \Leftrightarrow x = \log_a y$$

$$3) \forall x \in \mathbb{R} \log_a(\exp_a(x)) = x$$

$$4) \forall x \in \mathbb{R}_+^* \exp_a(\log_a(x)) = x$$

**Propriété caractéristique :**

Soit  $a > 0$  et  $a \neq 1$  ; on a :  $(\forall (x, y) \in \mathbb{R}^2)$

$$\exp_a(x + y) = \exp_a(x) \cdot \exp_a(y)$$

**Conséquences :**

Soit  $a > 0$  et  $a \neq 1$  et  $x$  et  $y$  deux réels, on a :

$$1) \exp_a(-x) = \frac{1}{\exp_a(x)} \quad 2) \exp_a(x - y) = \frac{\exp_a(x)}{\exp_a(y)}$$

$$3) \exp_a(rx) = (\exp_a(x))^r$$

### 2) Une autre écriture de la fonction $\exp_a$

**Propriété :**  $\exp_a$  est dérivable sur  $\mathbb{R}$

$$(\forall x \in \mathbb{R}) (\exp_a(x))' = (\ln a) e^{x \ln a} = (\ln a) a^x$$

**Exemple :**

$$(\exp_6(x))' = (\ln 6) e^{x \ln 6} = (\ln 6) 6^x$$

## Monotonie et étude et représentation :

Si  $0 < a < 1$  :

On a  $\ln(a) < 0$  et par suite :  $(\forall x \in \mathbb{R})(\exp'_a(x) < 0)$ .

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = +\infty \text{ et } \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = 0$$

$x$	$-\infty$	$0$	$1$	$+\infty$
$\exp'_a(x)$		-	-	-
$\exp_a(x)$	$+\infty$	$1$	$a$	$0$

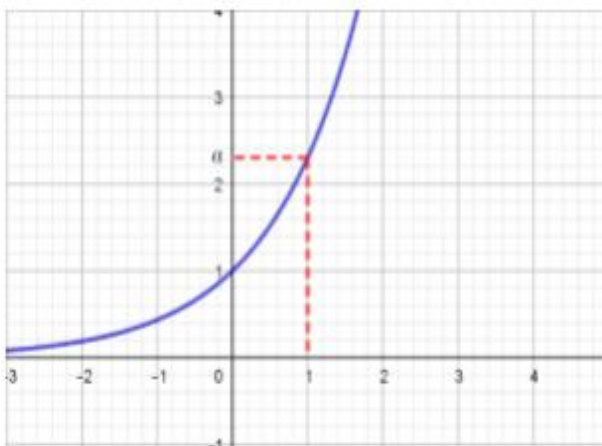


Si  $0 < a < 1$  :

On a  $\ln(a) > 0$  et par suite :  $(\forall x \in \mathbb{R})(\exp'_a(x) > 0)$ .

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0 \text{ et } \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = +\infty$$

$x$	$-\infty$	$0$	$1$	$+\infty$
$\exp'_a(x)$		+	+	+
$\exp_a(x)$	$0$	$1$	$a$	$+\infty$



## 3) Les puissances réelles.

Rappelle :

1)  $(\forall x \in \mathbb{R}^*)(x^0 = 1)$

2)  $(\forall x \in \mathbb{R})(\forall n \in \mathbb{N}^*)(x^n = \underbrace{x \times x \times \dots \times x}_n : n \text{ fois})$

3)  $(\forall x \in \mathbb{R})(\forall n \in \mathbb{N}^*)(x^{-n} = \frac{1}{x^n})$

4)  $(\forall x \in \mathbb{R}^*)(\forall r \in \mathbb{Q})(x^r = \sqrt[r]{x^p}) (q \in \mathbb{N}^*)$

**Puissances réelle :** La notation  $a^x$

Soit  $a$  un réel strictement positif.

1) Si  $a = 1$  , on pose pour tout réel  $x > 0$  :  $1^x = 1$

2) Si  $a \neq 1$  , on pose  $a^x = e^{x \ln a}$

**Propriétés :**

$(\forall a \in \mathbb{R}^*)(\forall b \in \mathbb{R}^*)(\forall x \in \mathbb{R})(\forall y \in \mathbb{R})$

1)  $a^x \times a^y = a^{x+y}$

2)  $(a \times b)^x = a^x \times b^x$

3)  $(a^x)^y = a^{xy}$     4)  $a^{x-y} = \frac{a^x}{a^y}$     5)  $\left(\frac{a}{b}\right)^x = \frac{a^x}{b^x}$

6)  $(a^x)' = a^x \times \ln a$

a)  $x \rightarrow a^x$  est strictement croissante si  $a > 1$

b)  $x \rightarrow a^x$  est strictement décroissante si  $0 < a < 1$

**Exemples :** Résoudre les équations et inéquations suivantes dans  $\mathbb{R}$  :

1)  $5^x = 15$     2)  $3^{2x} \geq 5^{1-x}$     3)  $7^{x+1} - 7^{-x} < 6$

**Solution :** 1)  $5^x = 15$

$$5^x = 15 \Leftrightarrow e^{x \ln 5} = 15 \Leftrightarrow x \ln 5 = \ln 15 \Leftrightarrow x = \frac{\ln 15}{\ln 5}$$

Donc :  $S = \left\{ \frac{\ln 15}{\ln 5} \right\}$  ..

2)  $3^{2x} \geq 5^{1-x} \Leftrightarrow \ln(3^{2x}) \geq \ln(5^{1-x})$

$$\Leftrightarrow 2x \ln 3 \geq (1-x) \ln 5 \Leftrightarrow x(2 \ln 3 + \ln 5) \geq \ln 5$$

Donc :  $S = \left[ \frac{\ln 5}{2 \ln 3 + \ln 5}; +\infty \right[$

3)  $7^{x+1} - 7^{-x} < 6 \Leftrightarrow 7^{x+1} - \frac{1}{7^x} < 6$  on a  $7^x > 0$

$$7^{2x+1} - 1 < 6 \times 7^x \Leftrightarrow 7 \times (7^x)^2 - 6 \times 7^x - 1 < 0$$

on pose :  $t = 7^x \Leftrightarrow 7t^2 - 6 \times t - 1 < 0$

on a :  $7t^2 - 6 \times t - 1 = (t-1)(7t+1)$

$$7^{x+1} - 7^{-x} < 6 \Leftrightarrow (7^x - 1)(7 \times 7^x + 1) < 0$$

$$\Leftrightarrow (7^x - 1)(7^{x+1} + 1) < 0 \Leftrightarrow 7^x - 1 < 0 \text{ car } 7^{x+1} > 0$$

$$\Leftrightarrow 7^x < 1 \Leftrightarrow 7^x < 7^0 \Leftrightarrow x < 0 \text{ car } x \rightarrow 7^x \text{ est}$$

strictement croissante ( $7 > 1$ ) donc :  $S = ]-\infty; 0[$

**Exercice7** : Résoudre les équations et inéquations suivantes dans  $\mathbb{R}$  :

1)  $2^{x+1} = 8^x$  2)  $3^x = 12$  3)  $5 \times 2^x + 2^{x+1} - 336 = 0$

4)  $100^x + 40 = 14 \times 10^x$

5)  $2^{x-1} > 4^x$  5)  $(0,5)^{2x} \geq (0,5)^{x+1}$

**Solution** : 1)  $2^{x+1} = 8^x \Leftrightarrow 2^{x+1} = (2^3)^x \Leftrightarrow 2^{x+1} = 2^{3x}$

$$x+1 = 3x \Leftrightarrow 1 = 2x \Leftrightarrow \frac{1}{2} = x \text{ donc : } S = \left\{ \frac{1}{2} \right\}$$

2)  $3^x = 12 \Leftrightarrow x = \log_3 12$  donc :  $S = \{ \log_3 12 \}$

3)  $2^x - 3 \times 2^{x+1} - 16 = 0 \Leftrightarrow 2^x - 6 \times 2^x - 16 = 0$

On pose :  $2^x = X$  donc :  $X^2 - 6X - 16 = 0$

$$\Delta = b^2 - 4ac = (-6)^2 + 4 \times 1 \times 16 = 100 > 0$$

Donc :  $X_1 = 8$  et  $X_2 = -2$

Donc :  $2^x = 8$  et  $2^x = -2$  or  $2^x > 0$  donc

l'équation  $2^x = -2$  n'a pas de solutions

$$2^x = 8 \Leftrightarrow x = \log_2 8 \Leftrightarrow x = \log_2 2^3 \Leftrightarrow x = 2 \text{ donc : } S = \{ 2 \}$$

4)  $100^x + 40 = 14 \times 10^x \Leftrightarrow 10^{2x} - 14 \times 10^x + 40 = 0$

$$\Leftrightarrow (10^x)^2 - 14 \times 10^x + 40 = 0 \text{ on pose : } 10^x = X$$

On a alors :  $X^2 - 14X + 40 = 0$

$$\Delta = b^2 - 4ac = (-14)^2 - 4 \times 40 = 36 > 0$$

$$X_1 = \frac{14+6}{2 \times 1} \text{ et } X_2 = \frac{14-6}{2 \times 1} \text{ donc : } X_1 = 10 \text{ et } X_2 = 4$$

Donc :  $10^{x_1} = 10$  et  $10^{x_2} = 4$  donc :  $x_1 = 1$  et

$$x_2 = \log_{10} 4 \text{ Donc : } S = \{ 1, \log_{10} 4 \}$$

5)  $2^{x-1} > 4^x \Leftrightarrow 2^{x-1} > (2^2)^x \Leftrightarrow 2^{x-1} > 2^{2x} \Leftrightarrow x-1 > 2x$

$$\Leftrightarrow -1 > x \text{ donc : } S = ]-\infty, -1[$$

6)  $(0,5)^{2x} > (0,5)^{x+1} \Leftrightarrow 2x < x+1 \text{ car } x \rightarrow (0,5)^x \text{ est}$

strictement décroissante car :  $0 < 0,5 < 1$

$$(0,5)^{2x} > (0,5)^{x+1} \Leftrightarrow x < 1 \text{ donc : } S = ]-\infty, 1[$$

**Remarque** : a est un réel strictement positif et  $a \neq 1$ . Si u est une fonction dérivable alors

une primitive de  $u'(x)a^{u(x)}$  est  $\frac{1}{\ln a} a^{u(x)}$

**Exemple** : Déterminer les primitives de la fonction

suivante :  $f(x) = 3^{x-2}$

**Solutions** : 1)  $f(x) = 3^{x-2}$  Si on pose :  $u(x) = x-2$

On a :  $f(x) = u'(x)3^{u(x)}$  donc les primitives de f

$$\text{sont : } F(x) = \frac{1}{\ln 3} 3^{u(x)} + \lambda = \frac{1}{\ln 3} 3^{x-2} + \lambda \quad \lambda \in \mathbb{R}$$

**Exercice8**: Soit La fonction f définie par :

$$f(x) = 4^x - 2^{x+1}$$

1) déterminer  $D_f$

2) calculer les limites aux bornes de  $D_f$

3) Etudier les variations de f et dresser son tableau de variation.

4) Etudier les branches infinies de la courbe  $C_f$

5) construire la courbe  $C_f$  dans un repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$

**Solutions** : 1)  $f(x) = e^{x \ln 4} - e^{(x+1) \ln 2}$

Donc :  $D_f = \mathbb{R}$

2)

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} e^{2x \ln 2} - e^{(x+1) \ln 2} = \lim_{x \rightarrow +\infty} e^{x \ln 2} (e^{x \ln 2} - 2) = +\infty$$

Car :  $\lim_{X \rightarrow +\infty} e^X = +\infty$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} e^{2x \ln 2} - e^{(x+1) \ln 2} = 0 \text{ Car : } \lim_{X \rightarrow -\infty} e^X = 0$$

3)  $f$  est dérivable sur  $\mathbb{R}$  car la somme de fonctions dérivables sur  $\mathbb{R}$  :

$$\forall x \in \mathbb{R} : f'(x) = 2 \ln 2 \times e^{x \ln 2} \times (e^{x \ln 2} - 1)$$

$$f'(x) = 0 \Leftrightarrow e^{x \ln 2} - 1 = 0 \Leftrightarrow x = 0$$

Tableau de variation de  $f$  :

$x$	$-\infty$	$0$	$+\infty$
$f'(x)$	$-$	$0$	$+$
$f(x)$	$0$	$-1$	$+\infty$

4) Etude des branches infinies de la courbe  $C_f$  :

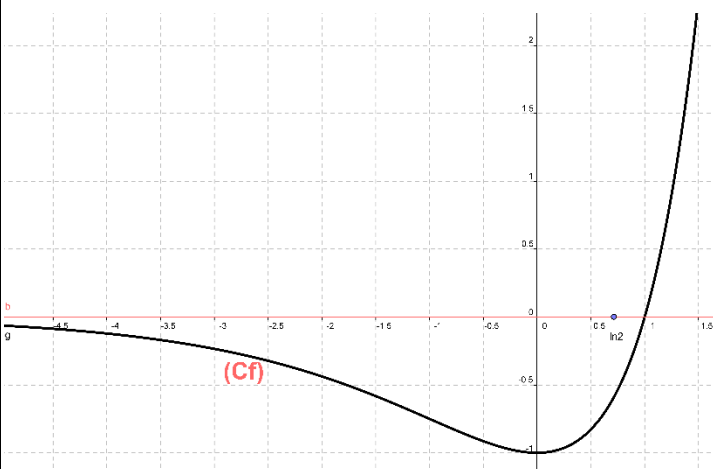
a) on a :  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0$  donc :  $y = 0$

est une asymptote  $a(C)$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^{x \ln 2}}{x} (e^{x \ln 2} - 2) = +\infty$$

Car :  $\lim_{X \rightarrow +\infty} \frac{e^X}{X} = +\infty$  et  $\lim_{X \rightarrow +\infty} e^X = +\infty$

Donc : la courbe  $C_f$  admet une branche parabolique dans la direction de l'axe des ordonnées au voisinage de  $+\infty$



**Exercice 9:** Soit La fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}^+$  par :  
 $f: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}$

$$x \rightarrow x^x, \text{ si } x \neq 0 \text{ et } f(0) = 0$$

1) Etudier la continuité de la fonction  $f$  à droite de 0.

2) Etudier la dérivabilité de la fonction  $f$  à droite de 0.

3) Etudier les variations de  $f$  et dresser son tableau de variation.

4) Déterminer la nature de la branche infinie de la courbe  $C_f$  au voisinage de  $+\infty$ .

5) Tracer la courbe  $C_f$ .

6) Résoudre dans  $\mathbb{R}$ , l'équation  $f(x) = x$

7) Soit la suite  $(u_n)_n$  définie par :  $u_0 = \frac{1}{e}$

et  $(\forall n \in \mathbb{N})(u_{n+1} = f(u_n))$ .

a) Montrer que :  $(\forall n \in \mathbb{N})(u_n \leq 1)$

b) Etudier la monotonie de la suite  $(u_n)_n$  ; puis en déduire qu'elle converge.

c) Déterminer la limite de la suite  $(u_n)_n$

**Exercice 10 :** Soit  $n \in \mathbb{N}^*$  ; considérons la fonction  $f_n$  définie sur  $[1, +\infty[$  par :

$$f_n(x) = \frac{1}{n!} \frac{(\ln x)^n}{x^2} \text{ si } x > 0 \text{ et } f_n(0) = 0$$

et  $(C_n)$  sa courbe représentative dans un repère orthonormé  $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

1. Donner le tableau de variation de  $f_1$ .

2. Déterminer l'équation de la tangente  $(T_1)$  à la courbe  $(C_1)$  en point d'abscisse 1.

3. Construire la courbe  $(C_1)$  et la tangente  $(T_1)$  dans le repère  $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

4. Dresser le tableau de variation de la fonction  $f_n$ .

5. a) Etudier sur l'intervalle  $[1, +\infty[$  le signe de :

$$f_2(x) - f_1(x)$$

b) En déduire les positions relatives des deux courbes  $(C_1)$  et  $(C_2)$  ; puis construire  $(C_2)$

6. Considérons la suite  $(u_n)_{n \geq 1}$  où  $u_n$  est la valeur maximale de la fonction  $f_n$ .

a) Vérifier que  $(\forall n \in \mathbb{N}^*) : u_n = \frac{1}{n!} \left( \frac{n}{2e} \right)^n$



b) Pour  $x \in ]1, +\infty[$  ; calculer  $\frac{f_{n+1}(x)}{f_n(x)}$

c) Montrer que :  $(\forall n \in \mathbb{N}^*) (u_{n+1} = \frac{1}{2} f_n(e^{\frac{n+1}{2}}))$

d) En déduire que :  $(\forall n \in \mathbb{N}^*) (u_n \leq \frac{1}{e} \frac{1}{2^n})$

Et en déduire  $\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n$

### Exercice 11 : Partie 1

1. En utilisant le T.A.F sur la fonction :  $t \rightarrow e^{-t}$  ;

montrer que :  $(\forall x \in \mathbb{R}_{*+})(\exists \theta \in \mathbb{R}_{*+}) (e^\theta = \frac{x}{1-e^{-x}})$

2. En déduire que :  $(\forall x > 0) (1-x < e^{-x})$  et que

$(\forall x > 0) (1+x < e^x)$

3. En déduire que :  $(\forall x > 0) (0 < \ln(\frac{xe^x}{e^x-1}) < x)$

### Partie 2

Considérons la fonction  $f$  définie sur  $[0, +\infty[$

Par :  $f(x) = \frac{xe^x}{e^x-1}$  Si  $x \neq 0$  et  $f(0) = 1$

1) Etudier la continuité de la fonction  $f$  sur  $[0, +\infty[$ .

2) Déterminer la limite de  $f$  quand  $x$  tend vers  $+\infty$  et étudier la branche infinie de la courbe  $C_f$  au voisinage de  $+\infty$ .

3) a) Montrer que  $(\forall x > 0)$

$$\left(\frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6} < e^{-x} + x - 1 < \frac{x^2}{2}\right)$$

b) Montrer que  $(\forall x > 0) \left(\frac{f(x)-1}{x} = \frac{e^{-x} + x - 1}{x^2} \cdot f(x)\right)$

c) En déduire que  $f$  est dérivable à droite de 0 et donner une interprétation géométrique au résultat obtenu.

4) a) Montrer que :  $(\forall x > 0) \left(f'(x) = \frac{e^x(e^x - x - 1)}{(e^x - 1)^2}\right)$

b) En déduire que  $f$  est strictement croissante sur  $[0, +\infty[$ . Dresser le tableau de variation de  $f$ .

c) Construire la courbe  $C_f$ .

d) Montrer que  $f$  est une bijection de  $[0, +\infty[$  Vers  $J = f([0, +\infty[)$ .

Partie 3 : Considérons la suite  $(u_n)_n$  définie par :

$u_0 \in ]0, +\infty[$  et  $(\forall n \in \mathbb{N}) (u_{n+1} = \ln(f(u_n)))$ .

1) Montrer que la suite  $(u_n)_n$  est strictement positive,

2) Montrer que la suite  $(u_n)_n$  strictement décroissante, puis en déduire qu'elle est convergente.

3) a) Montrer que l'équation  $\ln(f(x)) = x$  admet 0 comme seule solution.

b) En déduire la limite de la suite  $(u_n)_n$

« C'est en forgeant que l'on devient forgeron »  
Dit un proverbe.

C'est en s'entraînant régulièrement aux calculs et exercices Que l'on devient un mathématicien

