

## MATHEMATIQUES Appliquées

### Professeur : Monsieur MARIE

### INTRODUCTION

Ce dossier propose un récapitulatif de certaines notions de calcul élémentaire indispensables pour suivre une première année d'ECE. Ces notions doivent être parfaitement assimilées et maîtrisées. L'usage de toute calculatrice étant interdit aux concours d'entrée aux grandes écoles de commerce, il est indispensable de se familiariser avec le calcul mental en s'interdisant l'usage d'une calculatrice pour traiter les exercices. Si vous souhaitez vous entraîner davantage, je vous conseille vivement de vous procurer le livre publié aux éditions Studyrama intitulé Mathématiques approfondies et informatique écrit par Bruno Gréville.

Bonnes vacances...et bon travail !

### **Bibliographie conseillée pour votre 1<sup>ère</sup> année en ECG :**

- Mathématiques appliquées et informatique de Bruno Grebille chez Studyrama.

### COURS

#### 1) Fractions

Une fraction est définie si et seulement si son dénominateur est non nul.

Une fraction est nulle si et seulement si son numérateur est nul.

On peut simplifier une fraction par un nombre si ce nombre est non nul et s'il est factorisé au numérateur et au dénominateur de la fraction.

Pour additionner ou soustraire deux fractions, il faut les réduire au même dénominateur, c'est-à-dire trouver le plus petit multiple commun aux deux dénominateurs, puis additionner les nouveaux numérateurs obtenus.

Pour multiplier deux fractions, il faut multiplier les numérateurs et les dénominateurs entre eux.

Pour multiplier une fraction par un nombre, il faut multiplier le numérateur de la fraction par le nombre.

Pour diviser deux fractions, il faut multiplier la première par l'inverse de la seconde.

#### 2) Puissances entières

Pour tout réel  $a$  non nul et tout entier naturel  $n$  :

$$a^n = a \times a \dots \times a \text{ (n facteurs)} \quad ; \quad a^{-n} = \frac{1}{a^n} \quad ; \quad a^0 = 1$$

Pour tous réels a et b non nuls et tous entiers relatifs n et p :

$$a^n \times a^p = a^{n+p} \quad ; \quad \frac{a^n}{a^p} = a^{n-p} \quad ; \quad a^n \times b^n = (ab)^n \quad ; \quad \frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

### **3) Identités remarquables**

Pour tous réels a, b, c :

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$$

$$(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc$$

### **4) Racine carrée**

Pour tout réel a positif, on appelle racine carrée de a l'unique réel positif dont le carré vaut a.

On le note  $\sqrt{a}$

Si  $a > 0$ , l'équation  $x^2 = a$  a deux solutions :  $\sqrt{a}$  et  $-\sqrt{a}$

si  $a < 0$ , l'équation  $x^2 = a$  n'a pas de solution.

Pour tous réels a et b positif :  $\sqrt{ab} = \sqrt{a}\sqrt{b}$  ;  $\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$  ( $b \neq 0$ ).

Attention, en général  $\sqrt{a+b} \neq \sqrt{a} + \sqrt{b}$  ; par exemple :

$$\sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5 \quad \text{tandis que} \quad \sqrt{9} + \sqrt{16} = 3 + 4 = 7.$$

$\sqrt{\quad} \quad -$

### **5) Inégalités**

Pour comparer deux nombres on peut étudier le signe de leur différence ; démontrer l'inégalité  $a < b$  équivaut à démontrer  $a - b < 0$  ou  $b - a > 0$ .

En ajoutant un même nombre aux deux membres d'une inégalité, on ne change pas le sens de l'inégalité.

En multipliant les deux membres d'une inégalité par un même nombre positif, on obtient une inégalité de même sens.

En multipliant les deux membres d'une inégalité par un même nombre négatif, on obtient une inégalité de sens contraire.

On peut ajouter membre à membre deux inégalités de même sens.

On peut multiplier membre à membre deux inégalités de même sens dont tous les membres sont positifs.

On peut aussi utiliser le sens de variation des fonctions usuelles : La

fonction  $x \mapsto x^2$  est décroissante sur  $\mathbb{R}_-$  et croissante sur  $\mathbb{R}_+$  :

ainsi si  $a < b < 0$  alors  $a^2 > b^2$  ; si  $0 < a < b$  alors  $a^2 < b^2$ .

La fonction  $x \mapsto \sqrt{x}$  est croissante sur  $\mathbb{R}_+$ .

La fonction  $x \mapsto \frac{1}{x}$  appelée fonction inverse, est décroissante sur  $\mathbb{R}_+^*$  et décroissante sur  $\mathbb{R}_+^*$ .

## 6) La fonction logarithme népérien

### a) Définition et conséquences

La fonction logarithme népérien,  $x \mapsto \ln x$  est définie sur  $]0, +\infty[$ , a pour dérivée la fonction  $x \mapsto \frac{1}{x}$ . Elle est continue et strictement croissante sur  $]0, +\infty[$ , à valeurs dans  $\mathbb{R}$  avec  $\ln 1 = 0$ .

Ainsi : pour tout réel  $x \in ]0, 1[$ ,  $\ln x < 0$  et pour tout réel  $x \in ]1, +\infty[$ ,  $\ln x > 0$

Pour tout couple (a,b) de réels strictement positifs :

$$\ln a = \ln b \Leftrightarrow a = b \quad \text{et} \quad \ln a < \ln b \Leftrightarrow a < b$$

### b) Propriétés

Pour tout couple (a,b) de réels strictement positifs et tout entier q :

$$\ln(ab) = \ln a + \ln b \quad ; \quad \ln\left(\frac{1}{a}\right) = -\ln a \quad ; \quad \ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln a - \ln b \quad ;$$

$$\ln\sqrt{a} = \frac{1}{2}\ln a \quad ; \quad \ln a^q = q\ln a$$

## 7) La fonction exponentielle

a) La fonction exponentielle  $x \mapsto e^x$  est définie sur  $\mathbb{R}$  à valeurs dans  $]0, +\infty[$ , a pour dérivée elle-même. Elle est continue et strictement croissante sur  $\mathbb{R}$ .

Pour tout couple (a,b) de réels :  $e^a = e^b \Leftrightarrow a = b$  et  $e^a < e^b \Leftrightarrow a < b$

### b) Propriétés

Pour tout couple (a,b) de réels et tout entier q :

$$e^{a+b} = e^a e^b \quad ; \quad e^{-a} = \frac{1}{e^a} \quad ; \quad e^{a-b} = \frac{e^a}{e^b} \quad ; \quad (e^a)^q = e^{aq}$$

pour tout réel x,  $\ln(e^x) = x$  ; pour tout réel  $x > 0$ ,  $e^{\ln x} = x$

## 8) Suites arithmétiques

### a) Définition

Une suite  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  est arithmétique s'il existe un réel r fixé tel que :  $\forall n \in \mathbb{N}, u_{n+1} = u_n + r$   
r s'appelle la raison de la suite.

### b) Expression en fonction de n

Soit  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  une suite arithmétique de raison r.

Alors :  $\forall (n, p) \in \mathbb{N}^2, u_n = u_p + (n - p)r$

Si  $p = 0$  alors,  $\forall n \in \mathbb{N}, u_n = u_0 + nr$

c) Somme des termes d'une suite arithmétique

Théorème

Soit  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  une suite arithmétique de raison  $r$ ,  $n$  et  $p$  deux entiers naturels tels que  $n \geq p$

Posons  $S_n = \sum_{k=p}^n u_k$ . Alors,  $S_n = \frac{u_p + u_n}{2} (n - p + 1)$ .

**9) Suites géométriques**

a) Définition

Une suite  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  est géométrique s'il existe un réel  $q$  fixé tel que :  $\forall n \in \mathbb{N}, u_{n+1} = qu_n$ .  
 $q$  s'appelle la raison de la suite.

b) Expression en fonction de  $n$

Soit  $(u_n)$  une suite géométrique de raison  $q$ ,  $p$  un entier naturel.

Alors :  $\forall n \in \mathbb{N}, u_n = u_p q^{n-p}$ .

c) Somme des termes d'une suite géométrique

Théorème

Soit  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  une suite géométrique de raison  $q$  et de premier terme  $u_p$ ,  $n$  un entier  $n \geq p$ .

Posons  $S_n = \sum_{k=p}^n u_k$ . Alors,  $S_n = \begin{cases} u_p \frac{1 - q^{n-p+1}}{1 - q} & \text{si } q \neq 1 \\ (n - p + 1)u_p & \text{si } q = 1 \end{cases}$

**EXERCICES**

**Exercice 1**

1) Calculer et simplifier les fractions suivantes :

$$A = \frac{1}{2} + \frac{3}{4} - \frac{5}{8} ; \quad B = 2 - \frac{2}{3} + \frac{5}{2} - \frac{7}{6} ; \quad C = \frac{6}{5} \times \frac{15}{8} \times \frac{12}{27} \quad D = \frac{1 - \frac{1}{4} + \frac{2}{3}}{\frac{5}{6} - \frac{3}{4}} ;$$

$$E = \frac{\frac{3}{5} + \frac{3}{10} - 7\frac{6}{25}}{\frac{4}{15} - \frac{7}{2} + \frac{7}{10}}$$

2) Soit  $x$  un réel différent de 0, -1 et 1. Exprimer en fonction de  $x$  les expressions suivantes :

$$D = \frac{3}{2x} - \frac{x-1}{1+x} + \frac{2}{1-x^2}; \quad E = 2 + \frac{1}{2x} - \frac{2}{x^3} - \frac{1}{x^4} ; \quad F = \frac{6}{x+1} + \frac{2}{x^2-1} - \frac{5}{x-1}$$

**Exercice 2**

1) On considère trois réels  $a, b, c$  non nuls. Simplifier les expressions suivantes :

$$A = a^2 b^4 c^3 (ab^{-2})^2 \quad ; \quad B = \frac{4(2a^{-2}b^2)^2}{6a^3 b^3 c^{-2}} \quad ; \quad C = 8(ab^2 c^{-3})^4 \frac{18a^{-2}(b^3 c^2)^3}{24b^2 c^3}$$

2) Soit  $n$  un entier naturel. Ecrire les nombres suivants comme produits de puissances de nombres premiers :

$$D = 8 \times 2^{n-2} \quad ; \quad E = 18 \times 3^{n-1} \times 2^{3n} \quad F = 25 \times 5^{n+1} \times 3^{n-2} \quad G = \frac{6^n \times 10^{-n+1}}{30 \times 15^{n+2}}$$

3) Simplifier les expressions suivantes :

$$H = 3\sqrt{20} - 2\sqrt{18} + \sqrt{40} \quad I = \frac{\sqrt{3} - 1}{\sqrt{3} + 1} + \frac{\sqrt{3} + 1}{\sqrt{3} - 1}$$

$$J = \sqrt{3} \times \sqrt{9} \times \sqrt{27} \quad K = \frac{\sqrt{16} \times 3\sqrt{8}}{2\sqrt{32}}$$

### Exercice 3

Soit  $x$  un réel.

1) Développer les expressions suivantes :

$$A = (2x + 3)^2 - \left(x + \frac{3}{2}\right)(3x + 2) \quad ; \quad B = (2x + 3)^2 - (-x + 3)^2$$

$$C = (2x^2 + 5x + 3)^2 \quad ; \quad D = (3x^2 - 2)^2 + 2\left(1 - \frac{2}{3}x\right)^2 + (1 - 2x + 3x^2)^2$$

$$E = x\left(\frac{1}{3}x - 2\right)\left(\frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{4}\right) - \left(\frac{1}{3}x^2 - 1\right)\left(\frac{1}{3}x^2 + 1\right)$$

2) Factoriser les expressions suivantes

$$A = (3x + 1)^2 - (2x + 3)^2 \quad ; \quad B = (2x + 4)(3x - 2) - (2 - 3x)(x - 1) \quad .$$

$$C = (2x + 3)^2 - 4(-x + 3)^2 \quad D = (4x - 2) + 3(x + 1)(1 - 2x) + 4x^2 - 1$$

### Exercice 4

Résoudre les équations suivantes :

$$1) 3(x+4) - 5(3 + 5x) = 2(1 - 4x)$$

$$2) (2x + 5)(x - 3) - 4x + 10 = 0$$

$$3) \frac{2}{x^2 - 1} - \frac{3}{x + 1} + \frac{4}{2x - 2} = 0$$

$$4) \frac{2 - 5x}{3 + 4x} = \frac{7x + 3}{x + 6}$$

$$5) (2x - 11)^2 = (6 + 2x)^2$$

$$6) 1 + x + x^2 + x^3 = 0$$

### Exercice 5

Résoudre les inéquations suivantes :

$$1) 2(3 + 4x) < 3(2x + 3) \quad 2)$$

$$\left(\frac{2}{3}x - \frac{1}{2}\right)\left(\frac{2}{3}x + 4\right) > (x - 1)\left(\frac{4}{9}x - \frac{5}{6}\right)$$

$$3) (x + 2)^2 - (5 - 2x)^2 > 0 \quad 4) \frac{2x + 1}{x - 1} \geq \frac{2x + 6}{x - 2}$$

### Exercice 6

1) Soit  $x$  un réel strictement positif . Montrer que :

a)  $x \geq 6 - \frac{9}{x}$

b)  $\sqrt{2x} \leq x + 1$  .

2) Soit  $a$  et  $b$  deux réels strictement positifs . Montrer que :

c)  $2ab \leq a^2 + b^2$

d)  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \geq \frac{2}{\sqrt{ab}}$

### Exercice 7

Simplifier les nombres suivants

$$u = \ln 4 - 2\ln 6 + 3\ln 3 - \frac{1}{2}\ln 9 + 3\ln 18 - 2\ln 12$$

$$v = 2\ln 25 - \ln 15 + 2\ln 45 - 3\ln 27 + \ln 75$$

$$w = \ln 189 - \ln 72 + 2\ln \frac{7}{8} - \ln \frac{1}{27}$$

$$x = e^{3+4\ln 2} e^{-1-\ln 3} e^{3-\ln 4} \times \frac{3}{e}$$

$$y = 2e^{-4} e^3 \frac{(e^{-2})^3}{(e^{-5} e^{\frac{3}{2}})^2}$$

### Exercice 8

Résoudre les équations et inéquations suivantes :

1)  $2(\ln x)^2 - 3\ln x + 1 = 0$     2)  $(\ln x)^2 - 5\ln \frac{1}{x} + 4 = 0$

3)  $\frac{\ln x + 3}{1 + 2\ln x} = 1$

4)  $3e^{2x} + e^x - 4 = 0$

5)  $e^{-2x} - 2e^{-x} + 1 = 0$

6)  $\frac{e^{2x} - 2}{3 - e^{2x}} = 4$

7)  $\ln(x + 3) + \ln(1 + x) \leq \ln 3$

8)  $e^{x-1} e^{2x+3} e^{5-x} > 4$

### Exercice 9

Résoudre les systèmes suivants :

a)  $\begin{cases} -x + 3y = 1 \\ 2x + 4y = 3 \end{cases}$

b)  $\begin{cases} 2x - y = 2 \\ 5x + 4y = 5 \end{cases}$

c)  $\begin{cases} x\ln 4 - y\ln 2 = \ln 16 \\ xe^3 - \frac{y}{e^{-3}} = e^1 e^2 \end{cases}$

d)  $\begin{cases} \sqrt{3}x + \sqrt{3}y = 3 - \sqrt{3} \\ -x + 2\sqrt{3}y = -3\sqrt{3} \end{cases}$

### **Exercice 10**

Soit  $f$  la fonction définie par  $f(x) = \frac{2}{e^x + 1}$ .

- 1) Montrer que  $f$  est définie sur  $\mathbb{R}$ .
- 2) Calculer la dérivée de  $f$ . En déduire le sens de variations de  $f$ .
- 3) Montrer que :  $\forall x \in \mathbb{R}, f(x) + f(-x) = 2$ .

### **Exercice 11**

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = x - e^{2x-2}$ .

- 1) Résoudre l'équation  $f(x) = x - 1$
- 2) Calculer, pour tout  $x$  de  $\mathbb{R}$ ,  $f'(x)$ . En déduire le sens de variations de  $f$ .
- 3) En déduire que  $f$  admet un maximum que l'on déterminera.
- 4) Déterminer une équation de la tangente à la courbe au point d'abscisse 1.

### **Exercice 12**

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = \frac{x}{e^x - x}$ .

- 1) Soit  $g$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par  $g(x) = e^x - x - 1$ 
  - a) Etudier les variations de  $g$  sur  $\mathbb{R}$ . En déduire le signe de  $g(x)$ .
  - b) Montrer que :  $\forall x \in \mathbb{R}, e^x - x > 0$ .
- 2) Calculer  $f'(x)$ . Etudier le sens de variations de  $f$ .

### **Exercice 13**

Soit  $f$  la fonction définie sur  $]0, +\infty[$  par  $f(x) = \frac{\ln x + 1}{x}$ .

- 1) Déterminer la dérivée de  $f$ . En déduire le sens de variation de  $f$ .
- 2) Résoudre l'équation  $f(x) = 0$ . Déterminer le signe de  $f(x)$  sur  $]0, +\infty[$ .
- 3) Déterminer l'équation de la tangente  $T$  à la courbe  $C$  de  $f$  au point d'abscisse  $e$ .

### **Exercice 14**

Etudier le sens de variation de la fonction définie sur  $]0, +\infty[$  par  $f(x) = 1 - \frac{1}{x} - 2\ln x$

### **Exercice 15**

Soit  $f$  la fonction définie par  $f(x) = \ln(e^x + e^{-x})$ .

- 1) Déterminer le domaine de définition de  $f$ .
- 2) a) Montrer que :  $\forall x \in \mathbb{R}, f(x) = x + \ln(1 + e^{-2x})$ 
  - b) En déduire que :  $\forall x \in \mathbb{R}, f(x) > x$ .
- 3) a) Calculer  $f'(x)$ .
  - b) Etudier le sens de variations de  $f$ .

### **Exercice 16**

Un locataire loue un appartement à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019.

Il a le choix entre deux formules de contrat. Dans les deux cas, le loyer initial est de 4800€.

1) Contrat  $n^\circ 1$ . Le locataire accepte une augmentation de 5% du loyer de l'année précédente.

On note  $u_n$  le loyer payé la  $n^{\text{ème}}$  année.

a) Calculer  $u_2$ .

b) Exprimer  $u_{n+1}$  en fonction de  $u_n$ .

c) En déduire  $u_n$  en fonction de  $n$ .

d) En déduire la somme totale payée en 10 années de location.

2) Contrat  $n^\circ 2$ . Le locataire accepte une augmentation de 300€ du loyer de l'année précédente. On note  $v_n$  le loyer payé la  $n^{\text{ème}}$  année.

a) Calculer  $v_2$ .

b) Exprimer  $v_{n+1}$  en fonction de  $v_n$ .

c) En déduire  $v_n$  en fonction de  $n$ .

d) En déduire la somme totale payée en 10 années de location.

3) Quel est le contrat le plus avantageux pour 10 années de location ?

### **Exercice 17**

Soit  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  la suite définie par :  $u_0 = 5$  et  $\forall n \in \mathbb{N}, 3u_{n+1} = u_n + 4$ .

On pose, pour tout  $n$  de  $\mathbb{N}$ ,  $v_n = u_n - 2$ .

1) Montrer que la suite  $(v_n)$  est géométrique.

2) En déduire  $v_n$  puis  $u_n$  en fonction de  $n$ .

On pose  $S_n = v_0 + v_1 + \dots + v_n$  et  $T_n = u_0 + u_1 + \dots + u_n$ .

3) Déterminer  $S_n$  puis  $T_n$  en fonction de  $n$ .

4) Déterminer  $\lim_{n \rightarrow +\infty} S_n$  et  $\lim_{n \rightarrow +\infty} T_n$ .

### **Exercice 18**

Soit  $(u_n)$  la suite définie pour tout  $n$  de  $\mathbb{N}$  par :  $u_0 = 12$  et  $\forall n \in \mathbb{N}, u_{n+1} = \frac{2}{3}u_n + 3$ .

On pose, pour tout  $n$  de  $\mathbb{N}$ ,  $v_n = u_n - 9$ .

1) a) Montrer que la suite  $(v_n)$  est géométrique.

b) Exprimer, pour tout  $n$  de  $\mathbb{N}$ ,  $v_n$  en fonction de  $n$ .

c) En déduire  $u_n$  en fonction de  $n$ .

d) Calculer  $S_n = v_0 + \dots + v_n$ . Déterminer  $\lim_{n \rightarrow +\infty} S_n$

2) On définit la suite  $(w_n)$ , pour tout  $n$  de  $\mathbb{N}$ , par :  $w_n = \ln(v_n)$ .

a) Montrer que la suite  $(w_n)$  est arithmétique

b) Calculer  $S'_n = w_0 + \dots + w_n$  puis  $\lim_{n \rightarrow +\infty} S'_n$ .