

# Cahier d'entraînement

— réponses —



*Margarita Philosophica* de Gregor REISCH (1503)

Cette gravure représente Claude PTOLÉMÉE (100 – 168) aux côtés d'une femme symbolisant l'astronomie.

L'œuvre de Ptolémée, grand astronome, constitue un aboutissement des pratiques scientifiques de l'Antiquité : observation des astres, réflexion mathématique, pratique du calcul et mesures.

Page web du *Cahier d'entraînement*,  
dernières versions



Ce cahier d'entraînement a été écrit collectivement par des professeurs en classes préparatoires scientifiques.

### **Coordination**

Colas BARDAVID et Jimmy ROUSSEL

### **Équipe des participants**

Stéphane BARGOT, Claire BOGGIO, Cécile BONNAND, Alexis BRÈS, Geoffroy BURGUNDER, Erwan CAPITAINE, Caroline CHEVALIER, Maxime DEFOSSEUX, Raphaëlle DELAGRANGE, Alexis DROUARD, Gaele DUMAS, Alexandre FAFIN, Jean-Julien FLECK, Aéla FORTUN, Florence GOUTVERG, Chahira HAJLAOUI, Mathieu HEBDING, Lucas HENRY, Didier HÉRISSON, Jean-Christophe IMBERT, Fanny JOSPITRE, Tom KRISTENSEN, Emmanuelle LAAGE, Catherine LAVAINNE, Maxence MIGUEL-BREBION, Anne-Sophie MOREAU, Louis PÉAULT, Isabelle QUINOT, Valentin QUINT, Alain ROBICHON, Caroline ROSSI-GENDRON, Nancy SAUSSAC, Anthony YIP

Le pictogramme 🕒 de l'horloge a été créé par Ralf SCHMITZER (The Noun Project).

Le pictogramme 🚜 du bulldozer a été créé par Ayub IRAWAN (The Noun Project).

L'illustration de la couverture vient de WIKIMEDIA.

*Version 1.2.5 — 1<sup>er</sup> janvier 2026*

# Sommaire

1.	Conversions .....	1
2.	Signaux .....	2
3.	Étude des circuits électriques I .....	3
4.	Étude des circuits électriques II .....	4
5.	Étude des filtres .....	6
6.	Énergie et puissance électriques .....	8
7.	Amplificateurs linéaires intégrés .....	10
8.	Sources lumineuses et lois de Snell-Descartes .....	11
9.	Lentilles .....	12
10.	Cinématique .....	13
11.	Principe fondamental de la dynamique .....	15
12.	Approche énergétique en mécanique .....	16
13.	Moment cinétique .....	17
14.	Champ électrique .....	18
15.	Particule dans un champ électromagnétique .....	20
16.	Champ magnétique .....	21
17.	Induction .....	23
18.	Gaz parfaits .....	25
19.	Premier principe .....	26
20.	Second principe et machines thermiques .....	27
21.	Statique des fluides .....	29
22.	Fondamentaux de la chimie des solutions .....	31
23.	Fondamentaux de la chimie en phase gazeuse .....	32
24.	Réactions chimiques .....	33
25.	Cinétique chimique .....	35
26.	Chiffres significatifs et incertitudes .....	36



## Fiche n° 1. Conversions

### Réponses

1.1 a) ..... $1 \cdot 10^{-1} \text{ m}$	1.6 h) ..... $1,67 \cdot 10^6 \text{ qg}$	1.13 a) ..... $4,43 \cdot 10^{16} \text{ m}$
1.1 b) ..... $2,5 \cdot 10^3 \text{ m}$	1.6 i) ..... $9,10 \cdot 10^{-1} \text{ rg}$	1.13 b) ..... $4,33 \cdot 10^{13} \text{ km}$
1.1 c) ..... $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	1.6 j) ..... $9,10 \cdot 10^2 \text{ qg}$	1.14 a) ..... $10\,000 \text{ m}^2$
1.1 d) ..... $7,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	1.7 a) ..... $250 \text{ g}$	1.14 b) ..... $0,01 \text{ km}^2$
1.1 e) ..... $5,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}$	1.7 b) ..... $200 \text{ g}$	1.14 c) ..... $6,72 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$
1.1 f) ..... $1,3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$	1.7 c) ..... $125 \text{ g}$	1.14 d) ..... $6,72 \cdot 10^7 \text{ ha}$
1.2 a) ..... $1,50 \cdot 10^5 \text{ m}$	1.7 d) ..... $5 \text{ g}$	1.14 e) ..... $5,89 \cdot 10^8 \text{ m}^2$
1.2 b) ..... $7 \cdot 10^{-13} \text{ m}$	1.8 a) ..... $10 \%$	1.14 f) ..... $5,89 \cdot 10^4 \text{ ha}$
1.2 c) ..... $2,34 \text{ m}$	1.8 b) ..... $0,7 \%$	1.15 a) ..... oui
1.2 d) ..... $1,20 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	1.8 c) ..... $50 \%$	1.15 b) ..... oui
1.2 e) ..... $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$	1.8 d) ..... $5 \%$	1.16 a) ..... $1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
1.2 f) ..... $4,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	1.8 e) ..... $180 \%$	1.16 b) ..... $625 \text{ kg/m}^3$
1.3 a) ..... $7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$	1.8 f) ..... $0,5 \%$	1.17 a) ..... $7,87$
1.3 b) ..... $2,6 \cdot 10^7 \text{ km/h}$	1.9 ..... $5,2 \%$	1.17 b) ..... $1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
1.4 ..... $2,4 \text{ MJ}$	1.10 a) ..... $1,03 \times 10^3 \text{ TWh}$	1.18 ..... La boule en or
1.5 ..... $5,5 \cdot 10^{-2} \Omega$	1.10 b) ..... $722 \text{ TWh}$	1.19 ..... non
1.6 a) ..... $1,99 \cdot 10^6 \text{ Rg}$	1.10 c) ..... $406 \text{ TWh}$	1.20 ..... La voiture
1.6 b) ..... $1,99 \cdot 10^3 \text{ Qg}$	1.10 d) ..... $113 \text{ TWh}$	1.21 a) ..... $30 \text{ dm/s}$
1.6 c) ..... $1,90 \cdot 10^3 \text{ Rg}$	1.10 e) ..... $64 \text{ TWh}$	1.21 b) ... $1 \text{ année-lumière/an}$
1.6 d) ..... $1,90 \text{ Qg}$	1.10 f) ..... $62 \text{ TWh}$	1.22 a) ..... $0,017 \text{ tour/min}$
1.6 e) ..... $5,97 \text{ Rg}$	1.10 g) ..... $41 \text{ TWh}$	1.22 b) ..... $0,001\,7 \text{ rad/s}$
1.6 f) ..... $5,97 \cdot 10^{-3} \text{ Qg}$	1.10 h) ..... $134 \text{ TWh}$	1.22 c) .. $1,90 \cdot 10^{-6} \text{ tour/min}$
1.6 g) ..... $1,67 \cdot 10^3 \text{ rg}$	1.11 ..... l'or	1.22 d) ..... $1,99 \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$
	1.12 a) ..... $1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	
	1.12 b) .... $0,000\,000\,000\,1 \text{ m}$	

## Fiche n° 2. Signaux

### Réponses

2.1 a) .....	$-\sin(\alpha)$	2.8 a) .....	En retard
2.1 b) .....	$-\sin(\alpha)$	2.8 b) .....	$\varphi < 0$
2.1 c) .....	$\cos(\alpha)$	2.8 c) .....	$-\frac{2\pi}{3} \text{ rad}$
2.1 d) .....	$\cos(\alpha)$	2.9 a) .....	$u_3(t)$
2.2 a) .....	$2 \cos(2t)$	2.9 b) .....	$u_1(t)$
2.2 b) ...	$-2 \sin(t+4) \cos(t+4) = -\sin(2t+8)$	2.9 c) .....	$u_2(t)$
2.2 c) .....	$\cos^2(t) - \sin^2(t) = \cos(2t)$	2.10 a) .....	0
2.3 a) .....	$2A \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right) \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right)$	2.10 b) .....	$\frac{U_0}{\sqrt{2}}$
2.3 b) .....	$2A \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2}t\right) \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right)$	2.11 a) .....	1,5 V
2.4 .....	$A \sin(\varphi) \cos(\omega t) + A \cos(\varphi) \sin(\omega t)$	2.11 b) .....	$\sqrt{3} \text{ V}$
2.5 a) .....	Courbe 2	2.12 a) .....	$\frac{U_0}{2}$
2.5 b) .....	Courbe 4	2.12 b) .....	$\frac{U_0}{\sqrt{2}}$
2.5 c) .....	Courbe 3	2.13 a) .....	1,7 km
2.5 d) .....	Courbe 1	2.13 b) .....	5,7 $\mu\text{s}$
2.6 .....	Ⓒ	2.13 c) .....	oui
2.7 a) .....	1,5 V	2.14 .....	18 km/h
2.7 b) .....	$\frac{\pi}{2} \text{ rad}$	2.15 a) .....	1,6 s
2.7 c) .....	2 s	2.15 b) .....	48 cm
2.7 d) .....	0,5 Hz	2.15 c) .....	$2 \sin(3,9t - 13x + 0,3\pi)$
2.7 e) .....	$\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$		

# Fiche n° 3. Étude des circuits électriques I

## Réponses

3.1 .....	$\textcircled{b}$	3.8 b).....	$\frac{R}{5}$	3.14 a) .....	$\frac{E}{R}$
3.2 .....	$2,5 \cdot 10^{17}$	3.8 c).....	$\frac{R}{N}$	3.14 b) .....	$\frac{3E}{4R}$
3.3 a) .....	$2i$	3.8 d) .....	$R \left( \frac{1-a^2}{3-a^2} \right)$	3.15 a) ..	$\frac{ER_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
3.3 b) .....	$i$	3.9 a).....	$1 \text{ k}\Omega$	3.15 b) ..	$\frac{E(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
3.3 c) .....	$0$	3.9 b).....	$1 \text{ k}\Omega$	3.15 c) ..	$\frac{-ER_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
3.4 a) .....	$80 \text{ mA}$	3.9 c).....	$1 \text{ k}\Omega$	3.16 a).....	$2$
3.4 b) .....	$30 \text{ mA}$	3.10 .....	$\frac{4R(R+R')}{2R+R'}$	3.16 b).....	$3$
3.4 c) .....	$-350 \text{ mA}$	3.11 a) .....	$2R$	3.17 a) .....	$\frac{3}{4}R$
3.5 a) .....	$E - U_1$	3.11 b) .....	$R$	3.17 b) .....	$\frac{3}{4}E$
3.5 b) .....	$U_1 - E$	3.11 c) .....	$0$	3.17 c).....	$-\frac{E}{4}$
3.5 c) .....	$E - U_1$	3.12 a) .....	$\frac{I_0}{3}$	3.18 a) .....	$\frac{3E}{8R}$
3.6 a) .....	$1 \text{ V}$	3.12 b) .....	$\frac{R_2}{R_1 + R_2} I_0$	3.18 b) .....	$\frac{E}{4R}$
3.6 b) .....	$-6 \text{ V}$	3.13 a) .....	$\frac{1}{4} Ri + Ri_1$	3.18 c).....	$-\frac{E}{8R}$
3.6 c) .....	$7 \text{ V}$	3.13 b) .....	$\frac{13}{4} Ri - 3Ri_1$		
3.7 a) .....	$-u/R$				
3.7 b) .....	$u/2R$				
3.7 c) .....	$u/3R$				
3.8 a) .....	$\frac{5}{6}R$				

## Fiche n° 4. Étude des circuits électriques II

### Réponses

4.1 .....	$\textcircled{b}$	4.10 b) .....	$\frac{E}{R}$
4.2 a) .....	$u = L \frac{di}{dt} + L' \frac{di}{dt}$	4.10 c) .....	$\frac{E}{R}$
4.2 b) .....	$L + L'$	4.10 d) .....	$\frac{E}{R}$
4.2 c) .....	$\frac{di}{dt} = \frac{u}{L} + \frac{u}{L'}$	4.10 e) .....	$\frac{E}{R}$
4.2 d) .....	$\frac{LL'}{L + L'}$	4.11 a) .....	0
4.3 .....	$L$	4.11 b) .....	0
4.4 a) .....	$\frac{du}{dt} = \left( \frac{1}{C} + \frac{1}{C'} \right) i$	4.11 c) .....	$\frac{2E}{3R}$
4.4 b) .....	$\frac{CC'}{C + C'}$	4.11 d) .....	$\frac{1}{3}E$
4.4 c) .....	$i = (C + C') \frac{du}{dt}$	4.12 a) .....	$\frac{L}{R}$
4.4 d) .....	$C + C'$	4.12 b) .....	$\frac{RC}{2}$
4.5 .....	$\textcircled{a}$	4.13 a) .....	$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{E}{L}$
4.6 .....	$\frac{C}{2}$	4.13 b) .....	$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC}u_C = \frac{1}{RC}E$
4.7 a) .....	$\textcircled{c}$	4.13 c) .....	$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{RC}i(t) = 0$
4.7 b) .....	$\textcircled{a}$	4.13 d) .....	$i = \frac{u}{R} + C \frac{du}{dt}$
4.8 .....	$\textcircled{b}$	4.13 e) .....	$\frac{du}{dt} + \frac{2}{RC}u = \frac{E}{RC}$
4.9 a) .....	$\textcircled{c}$ et $\textcircled{d}$	4.14 a) .....	$u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$
4.9 b) .....	$\textcircled{a}$ et $\textcircled{c}$	4.14 b) .....	$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$
4.9 c) .....	$\textcircled{b}$	4.14 c) .....	$u_C(t) = \frac{1}{2}E$
4.9 d) .....	$\textcircled{a}$ , $\textcircled{c}$ et $\textcircled{d}$	4.15 a) .....	$\textcircled{b}$
4.9 e) .....	$\textcircled{a}$ , $\textcircled{b}$ et $\textcircled{c}$		
4.10 a) .....	0		



- 4.15 b) ..... c
- 4.15 c) ..... a
- 4.15 d) ..... 4 V
- 4.15 e) ..... 4 V
- 4.15 f) ..... 1,3 kΩ
- 4.16 a) .....  $[\omega_0] = T^{-1}$
- 4.16 b) .....  $Q$  est sans dimension
- 4.16 c) .....  $\frac{1}{\sqrt{LC}}$
- 4.16 d) .....  $R\sqrt{\frac{C}{L}}$

- 4.17 a) .....  $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du}{dt} + \frac{1}{LC}u = \frac{E}{LC}$
- 4.17 b) .....  $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{du}{dt} + \frac{1}{LC}u = 0$
- 4.18 a) .....  $E \times (1 - \cos(\omega_0 t))$
- 4.18 b) .....  $\frac{E}{L\omega_0} \sin(\omega_0 t)$
- 4.19 a) ..... b
- 4.19 b) ..... c
- 4.19 c) ..... b
- 4.19 d) ..... a
- 4.19 e) .....  $1,2 \times 10^3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

# Fiche n° 5. Étude des filtres

## Réponses

5.1 a) .....  $\sqrt{a^2 + b^2}$

5.1 b) .....  $b/a$

5.1 c) .....  $\textcircled{e}$

5.1 d) .....  $\textcircled{f}$

5.2 a) .....  $R$

5.2 b) .....  $0$

5.2 c) .....  $L\omega$

5.2 d) .....  $\pi/2$

5.2 e) .....  $\frac{1}{C\omega}$

5.2 f) .....  $-\pi/2$

5.3 a) .....  $R + \frac{1}{jC\omega}$

5.3 b) .....  $\frac{RjL\omega}{R + jL\omega}$

5.3 c) .....  $\frac{RjL\omega}{R + jL\omega - RLC\omega^2}$

5.3 d) .....  $\frac{R(1 - LC\omega^2)}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega}$

5.4 .....  $\textcircled{a}$

5.5 a) .....  $10 \text{ kHz}$

5.5 b) .....  $2,5 \text{ V}$

5.6 .....  $\textcircled{d}$

5.7 a) .....  $\frac{1}{2} \cos(a + b) + \frac{1}{2} \cos(a - b)$

5.7 b) ..... 
$$S_0 \cos(2\pi f_p t) + \frac{mS_0}{2} \left( \cos(2\pi(f_p + f_0)t) + \cos(2\pi(f_p - f_0)t) \right)$$

5.7 c) .....  $S_0$

5.7 d) .....  $mS_0/2$

5.7 e) .....  $mS_0/2$

5.7 f) .....  $\textcircled{a}$

5.8 a) .....  $\textcircled{c}$

5.8 b) .....  $\textcircled{a}$

5.8 c) .....  $\textcircled{d}$

5.8 d) .....  $\textcircled{b}$

5.9 a) .....  $\frac{\frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3jRC\omega} + \frac{jRC\omega}{3}}$

5.9 b) .....  $1/3$

5.9 c) .....  $1/3$

5.9 d) .....  $2,1 \times 10^4 \text{ rad/s}$

5.10 a) .....  $\underline{i}_1 + \underline{i}_2$

5.10 b) .....  $\underline{u}(2 + jRC\omega) - \underline{u}_s$

5.10 c) .....  $\frac{1}{1 + 3jRC\omega - (RC\omega)^2}$

5.10 d) .....  $1$

5.10 e) .....  $\frac{1}{RC}$

5.10 f) .....  $1/3$

5.11 a) .....  $9,5 \text{ dB}$

5.11 b) .....  $20 \log\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$

5.11 c) .....  $10 \log\left(1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2\right)$

5.11 d) .....  $10 \log \left( 9 + \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right)$

5.11 e) ....  $20 \log \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right) - 10 \log \left( 1 + \left( \frac{\omega}{\omega_1} \right)^2 \right)$

5.11 f) .....  $20 \log \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right) + 10 \log \left( 1 + \left( \frac{\omega}{\omega_1} \right)^2 \right)$

5.12 a) .....  $0$

5.12 b) .....  $\pi/2$

5.12 c) .....  $\arctan \left( \frac{\omega}{\omega_1} \right)$

5.12 d) .....  $-\arctan \left( \frac{\omega}{3\omega_0} \right)$

5.12 e) .....  $\frac{\pi}{2} - \arctan \left( \frac{\omega}{\omega_1} \right)$

5.12 f) .....  $\frac{\pi}{2} + \arctan \left( \frac{\omega}{\omega_1} \right)$

5.13 a) .....  $\pi/4$

5.13 b) .....  $0$

5.13 c) .....  $\frac{\pi}{2}$

5.14 a) .....  $1$

5.14 b) .....  $1/\sqrt{2}$

5.14 c) .....  $1/4$

5.15 a) .....  $-28,0 \text{ dB}$

5.15 b) .....  $-17,1 \text{ dB}$

5.15 c) .....  $-8,0 \text{ dB}$

5.15 d) .....  $+20 \text{ dB/décade}$

5.16 a) .....  $15,0 \text{ kHz}$

5.16 b) .....  $11,7 \text{ kHz}$

5.16 c) .....  $19,2 \text{ kHz}$

## Fiche n° 6. Énergie et puissance électriques

### Réponses

6.1 a) .....	16,5 kJ	6.9 .....	$\ln(2)R_0$
6.1 b) .....	4,6 Wh	6.10 a) .....	$\frac{E - e}{R + r}$
6.2 a) .....	513 km	6.10 b) .....	$\frac{eR + Er}{R + r}$
6.2 b) .....	Hyundai Ioniq 6	6.10 c) .....	$E \frac{E - e}{R + r}$
6.2 c) .....	Hyundai Ioniq 6	6.10 d) .....	$\frac{(E - e)^2}{R + r}$
6.3 a) .....	(a)	6.10 e) .....	$e \frac{E - e}{R + r}$
6.3 b) .....	(c)	6.10 f) .....	$\frac{e}{E}$
6.3 c) .....	(c)	6.10 g) .....	92 %
6.4 .....	3,75 W	6.11 a) .....	(c)
6.5 a) .....	$\frac{2\pi}{\omega}$	6.11 b) .....	(a)
6.5 b) .....	$\frac{u_0 i_0}{2}$	6.12 a) .....	(b)
6.5 c) .....	$\frac{u_0 i_0}{2} \cos(\varphi)$	6.12 b) .....	(a)
6.5 d) .....	$u_0 i_0 \left( 2 + \frac{1}{2} \sin(\psi) \right)$	6.13 a) .....	$\frac{CE^2}{\tau} \exp(-t/\tau)$
6.6 a) .....	0	6.13 b) .....	$\frac{CE^2}{\tau} \exp(-2t/\tau)$
6.6 b) .....	0	6.13 c) .....	$\frac{CE^2}{\tau} \left( \exp(-t/\tau) - \exp(-2t/\tau) \right)$
6.6 c) .....	$3 \cos\left(\frac{7\pi}{12}\right) \text{ W}$	6.13 d) .....	$CE^2$
6.6 d) .....	16 W	6.13 e) .....	$\frac{1}{2} CE^2$
6.7 a) .....	$\frac{E}{r + R}$	6.13 f) .....	$\frac{1}{2} CE^2$
6.7 b) .....	$E^2 \frac{R}{(r + R)^2}$	6.14 a) .....	$EC \frac{du_C}{dt}$
6.8 a) .....	$E^2 \frac{r - R}{(r + R)^3}$		
6.8 b) .....	(b)		

**6.14 b)** .....  $\frac{d(\frac{1}{2}Cu_C^2(t))}{dt}$   
**6.14 c)** .....  $\frac{d(\frac{1}{2}Li^2(t))}{dt}$   
**6.14 d)** .....  $CE^2$   
**6.14 e)** .....  $\frac{1}{2}CE^2$   
**6.14 f)** .....  $0$   
**6.14 g)** .....  $\frac{1}{2}CE^2$

**6.15 a)** .....  $R_u I^2$   
**6.15 b)** .....  $\frac{E}{\sqrt{(R_G + R_u)^2 + (X_G + X_u)^2}}$   
**6.15 c)** ....  $-R_u E^2 \frac{2(X_G + X_u)}{\left((R_G + R_u)^2 + (X_G + X_u)^2\right)^2}$   
**6.15 d)** .....  $E^2 \frac{(R_G^2 - R_u^2) + (X_G + X_u)^2}{\left((R_G + R_u)^2 + (X_G + X_u)^2\right)^2}$   
**6.15 e)** .....  $\textcircled{c}$

## Fiche n° 7. Amplificateurs linéaires intégrés

### Réponses

7.1 .....	$\textcircled{a} \textcircled{d}$	7.6 f).....	$G = -\frac{R_2}{R_1}$	7.11 b) .....	$-\frac{E}{RC}t + K$
7.2 a) .....	Vrai	7.6 g) .....	$\textcircled{b}$	7.11 c) .....	$\textcircled{b}$
7.2 b) .....	Vrai	7.7 .....	$\textcircled{c}$	7.12 a).....	$\alpha + \frac{1}{\alpha}$
7.2 c) .....	Faux	7.8 .....	C'est un temps	7.12 b).....	$\frac{\alpha}{1 + \alpha^2}$
7.2 d) .....	Faux	7.9 a) .....	Non	7.12 c) .....	$R_1 = R_2$
7.3 a) .....	Oui	7.9 b).....	$v_e$	7.12 d) .....	$\alpha = 1$
7.3 b) .....	$V^+ = V^-$	7.9 c) .....	$v_s$	7.13 a) .....	$i_1 = i_2$
7.3 c) .....	0 V	7.9 d) .....	$i_R = i_C$	7.13 b).....	$\frac{R_1}{R_1 + R_2}v_s$
7.4 a) .....	0 V	7.9 e) .....	$\underline{i_C} = -jC\omega \underline{U_C}$	7.13 c).....	$v_e$
7.4 b) .....	$v_s$	7.9 f) .....	$\frac{1}{-jRC\omega}$	7.13 d) .....	$1 + \frac{R_2}{R_1}$
7.4 c) .....	0 V	7.9 g) .....	$RC \frac{dv_s}{dt} = -v_e(t)$	7.13 e).....	16
7.4 d) .....	$v_e$	7.10 a) .....	$\frac{1}{RC\omega}$	7.14 .....	$\textcircled{d}$
7.4 e) .....	$v_s$	7.10 b).....	$\frac{\pi}{2}$	7.15 a).....	$v_s = v_e$
7.5 a) .....	Faux	7.10 c) .....	$-\frac{E}{RC\omega} \sin(\omega t)$	7.15 b) .....	$\infty$
7.5 b).....	Vrai	7.10 d) .....	1 kHz	7.15 c).....	0 A
7.5 c) .....	Faux	7.10 e) .....	3,1	7.15 d) .....	$\infty$
7.5 d).....	Vrai	7.10 f) .....	$\textcircled{b}$	7.16 a).....	$\frac{v_e}{Z_1}$
7.5 e) .....	Faux	7.11 a) .....	$RC \frac{dv_s}{dt} = -v_e$	7.16 b) .....	$Z_1$
7.6 a) .....	$i_1 = i_2$			7.16 c).....	$\infty$
7.6 b) .....	$U_1 = v_e$			7.16 d).....	0
7.6 c).....	$U_2 = -v_s$			7.16 e).....	$C = 10 \text{ nF}$
7.6 d).....	$i_1 = \frac{v_e}{R_1}$				
7.6 e) .....	$i_2 = -\frac{v_s}{R_2}$				

## Fiche n° 8. Sources lumineuses et lois de Snell-Descartes

### Réponses

8.1 a) .....	$\frac{\pi}{180} \times \alpha_{\text{deg}}$	8.4 a) .....	$16,3^\circ$	8.8 c) .....	Non
8.1 b) .....	$60 \times \alpha_{\text{deg}}$	8.4 b) .....	$25,5^\circ$	8.9 a) .....	$\sqrt{1 - \frac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2}}$
8.2 a) .....	$35^\circ 39'$	8.4 c) .....	$22,0^\circ$	8.9 b) .....	$\cos(\theta_r) > \frac{n_2}{n_1}$
8.2 b) .....	$1,715 \text{ rad}$	8.5 a) .....	$r - i$	8.9 c) ....	$\sin(\theta_i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
8.2 c) .....	$60^\circ 20'$	8.5 b) .....	$\pi - 2i$	8.10 a) .....	$564 \text{ THz}$
8.3 a) .....	$i$	8.6 a) .....	$(\alpha_1 + \alpha_2) - \pi$	8.10 b) .....	$3,74 \times 10^{-19} \text{ J}$
8.3 b) .....	$\frac{\pi}{2} - i$	8.6 b) .....	$r + r'$	8.11 .....	(b) et (d)
8.3 c) ....	$\arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(i)\right)$	8.7 a) .....	Non	8.12 a) ....	$2,26 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
8.3 d) ..	$\frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(i)\right)$	8.7 b) .....	$60^\circ$	8.12 b) .....	$400 \text{ nm}$
		8.8 a) .....	$1,25$		
		8.8 b) .....	$1,18$		

## Fiche n° 9. Lentilles

### Réponses

9.1 a) .....  $\arctan\left(\frac{AB}{OA}\right)$

9.1 b) ...  $\arctan\left(\frac{AB}{OA}\right) \times \frac{180}{\pi}$

9.1 c) .....  $0,52^\circ$

9.1 d) .....  $0,53^\circ$

9.1 e) .....  $(b)$

9.1 f) .....  $(a)$

9.2 a) .....  $\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

9.2 b) .....  $-2$

9.3 a) .....  $40 \text{ cm}$

9.3 b) .....  $-10 \text{ cm}$

9.3 c) .....  $-50 \text{ cm}$

9.3 d) .....  $20 \text{ cm}$

9.4 a) .....  $\frac{A_1 B_1}{f'_1}$

9.4 b) .....  $\frac{A_1 B_1}{f'_2}$

9.4 c) .....  $\frac{f'_1}{f'_2}$

9.4 d) .....  $4$

9.5 .....  $(b)$

9.6 a) .....  $\text{correct}$

9.6 b) .....  $\text{incorrect}$

9.6 c) .....  $\text{incorrect}$

9.6 d) .....  $\text{correct}$

9.7 a) .....  $5,0 \text{ cm}$

9.7 b) .....  $+20 \delta$

9.8 .....  $(b)$

9.9 a) .....  $0,22 \text{ m}$

9.9 b) .....  $(a)$

9.10 a) .....  $\frac{\overline{OA} \times \overline{OF'}}{\overline{OA} + \overline{OF'}}$

9.10 b) .....  $\frac{\overline{OA'} \times f'}{f' - \overline{OA'}}$

9.10 c) .....  $\frac{\overline{OA} \times \overline{OA'}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}$

9.10 d) .....  $\text{après}$

9.11 a) .....  $\frac{-f'^2}{\overline{F'A'}}$

9.11 b) .....  $\overline{FA} - f'$

9.11 c) .....  $\text{réel}$

9.12 a) .....  $(b)$

9.12 b) .....  $(b)$

9.13 a) .....  $\overline{OA} = -5,02 \text{ cm}$

9.13 b) .....  $10,8 \text{ m} \times 7,2 \text{ m}$

9.14 a) .....  $(a)$

9.14 b) .....  $(b)$

9.15 a) .....  $\overline{OA'} = -15 \text{ cm}$

9.15 b) .....  $\text{virtuelle}$

9.15 c) .....  $5,0 \text{ cm}$

9.15 d) .....  $\text{droite}$

9.16 a) .....  $\frac{D^2 - d^2}{4D}$

9.16 b) .....  $\frac{15D}{64}$

9.16 c) .....  $0$



# Fiche n° 10. Cinématique

## Réponses

10.1 a) .....  $1 \text{ h } 6 \text{ min } 40 \text{ s}$

10.1 b) .....  $8 \text{ min } 20 \text{ s}$

10.2 a) .....  $a_0 \times \tau_1$

10.2 b) .....  $\frac{a_0 \times \tau_1^2}{2}$

10.2 c) .....  $a_0 \times \tau_1 \times \left(\frac{\tau_1}{2} + \tau_2\right)$

10.3 .....  $\textcircled{\text{c}}$

10.4 .....  $\textcircled{\text{b}}$

10.5 a) .....  $a(\cos(\theta)\vec{e}_x + \sin(\theta)\vec{e}_y)$

10.5 b) .....  $a\left(\cos(\theta)\vec{e}_x + \left(\sin(\theta) + \frac{b}{a}\right)\vec{e}_y\right)$

10.5 c) .....  $a\left(2\cos(\theta)\vec{e}_x + \left(2\sin(\theta) + \frac{b}{a}\right)\vec{e}_y\right)$

10.5 d) .....  $-b\vec{e}_y$

10.6 a) .....  $r(\cos(\theta)\vec{e}_x + \sin(\theta)\vec{e}_y)$

10.6 b) .....  $r\vec{e}_r$

10.6 c) .....  $r(\cos(\theta)\vec{e}_x + \sin(\theta)\vec{e}_y) + z\vec{e}_z$

10.6 d) .....  $r\vec{e}_r + z\vec{e}_z$

10.7 a) .....  $|r \sin(\theta)|$

10.7 b) .....  $r \sin(\theta)(\cos(\varphi)\vec{e}_x + \sin(\varphi)\vec{e}_y)$

10.7 c) ...  $r \sin(\theta)(\cos(\varphi)\vec{e}_x + \sin(\varphi)\vec{e}_y) + r \cos(\theta)\vec{e}_z$

10.7 d) .....  $r\vec{e}_r$

10.7 e) .....  $\cos(\theta)\vec{e}_r - \sin(\theta)\vec{e}_\theta$

10.8 a) .....  $49,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

10.8 b) .....  $8,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

10.9 a) .....  $a\omega(-\sin(\omega t)\vec{e}_x + \cos(\omega t)\vec{e}_y) + b\vec{e}_z$

10.9 b) .....  $\sqrt{(a\omega)^2 + b^2}$

10.9 c) .....  $-a\omega^2(\cos(\omega t)\vec{e}_x + \sin(\omega t)\vec{e}_y)$

10.9 d) .....  $a\omega^2$

10.10 a) .....  $\cos \theta \vec{e}_x + \sin \theta \vec{e}_y$

10.10 b) .....  $\frac{d\vec{e}_r}{dt} = \dot{\theta}(-\sin \theta \vec{e}_x + \cos \theta \vec{e}_y)$

10.10 c) .....  $\vec{e}_x = \cos \theta \vec{e}_r - \sin \theta \vec{e}_\theta$

10.10 d) .....  $\vec{e}_y = \sin \theta \vec{e}_r + \cos \theta \vec{e}_\theta$

10.10 e) .....  $\frac{d\vec{e}_r}{dt} = \dot{\theta}\vec{e}_\theta$

10.11 a) .....  $\frac{L}{T}$

10.11 b) .....  $\frac{1}{T^2}$

10.11 c) .....  $a\vec{e}_r$

10.11 d) .....  $2abt^2\vec{e}_\theta$

10.11 e) .....  $a\vec{e}_r + 2abt^2\vec{e}_\theta$

10.12 a) .....  $r_0 e^{-t/\tau} \left( -\frac{1}{\tau} \vec{e}_r + \omega \vec{e}_\theta \right)$

10.12 b) ....  $r_0 e^{-t/\tau} \left( \left( \frac{1}{\tau^2} - \omega^2 \right) \vec{e}_r - \left( 2\frac{\omega}{\tau} \right) \vec{e}_\theta \right)$

10.12 c) ..... orthoradiale

10.12 d) ..... décéléré

10.12 e) .....  $r = r_0 e^{-\theta}$

10.13 a) .....  $-at + v_0$

10.13 b) .....  $at$

10.13 c) .....  $-\frac{1}{2}at^2 + v_0 t$

10.13 d) .....  $\frac{1}{2}at^2 + L$

10.13 e) ..... 67 cm

10.14 a) .....  $v_{0x} t$

10.14 b) .....  $-\frac{1}{2}gt^2 + v_{0z}t$

10.14 c) .....  $z = -\frac{g}{2v_{0x}^2}x^2 + \frac{v_{0z}}{v_{0x}}x$

10.15 a) ..... 1,7 s

10.15 b) ..... 2,9 m

# Fiche n° 11. Principe fondamental de la dynamique

## Réponses

11.1 .....	$\frac{p + m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$	11.9 c).....	$(v_0 t + x_0)\vec{e}_x + y_0\vec{e}_y + \frac{1}{2}gt^2\vec{e}_z$
11.2 a).....	$\sqrt{(mR\omega^2 - T)^2 + (mg)^2}$	11.10 a).....	$\cos(\theta)\vec{e}_x + \sin(\theta)\vec{e}_y$
11.2 b).....	$\arctan\left(\frac{mR\omega^2 - T}{mg}\right)$	11.10 b).....	$-\sin(\theta)\vec{e}_x + \cos(\theta)\vec{e}_y$
11.3 a).....	$a_0(t - t_0)$	11.10 c).....	$-\dot{\theta}\sin(\theta)\vec{e}_x + \dot{\theta}\cos(\theta)\vec{e}_y$
11.3 b).....	0	11.10 d).....	$-\dot{\theta}\cos(\theta)\vec{e}_x - \dot{\theta}\sin(\theta)\vec{e}_y$
11.3 c).....	$\frac{a_0}{k} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$	11.10 e).....	$\dot{\theta}\vec{e}_\theta$
11.4 a).....	$\cos(\alpha)\vec{e}_x + \sin(\alpha)\vec{e}_y$	11.10 f).....	$-\dot{\theta}\vec{e}_r$
11.4 b).....	$-\sin(\alpha)\vec{e}_x + \cos(\alpha)\vec{e}_y$	11.11 .....	Ⓒ
11.4 c).....	$\cos(\alpha)\vec{e}_x + \sin(\alpha)\vec{e}_y$	11.12 a).....	$\dot{r}\vec{e}_r + r\dot{\theta}\vec{e}_\theta$
11.4 d).....	$-\sin(\alpha)\vec{e}_x + \cos(\alpha)\vec{e}_y$	11.12 b).....	$(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\vec{e}_r + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta})\vec{e}_\theta$
11.5 a).....	$-P\sin(\alpha)\vec{e}_x - P\cos(\alpha)\vec{e}_y$	11.13 a).....	2,2 N
11.5 b).....	$N\vec{e}_y$	11.13 b).....	0,46 rad
11.6 a).....	$P\cos(\theta)\vec{e}_r - P\sin(\theta)\vec{e}_\theta$	11.14 a).....	$(T' - T)\cos\theta$
11.6 b).....	$-T\vec{e}_r$	11.14 b).....	$(T' + T)\sin\theta - F$
11.6 c).....	$(P\cos(\theta) - T)\vec{e}_r - P\sin(\theta)\vec{e}_\theta$	11.14 c).....	1,17 kN
11.7 a).....	$P\vec{e}_x$	11.15 .....	1,6 N
11.7 b).....	$-T\cos(\theta)\vec{e}_x - T\sin(\theta)\vec{e}_y$	11.16 .....	864 N
11.7 c).....	$(P - T\cos(\theta))\vec{e}_x - T\sin(\theta)\vec{e}_y$	11.17 a).....	$P\cos\alpha$
11.8 a).....	$\left(\frac{1}{2}a_0t^2 + x_0\right)\vec{e}_x - v_0t\vec{e}_y + z_0\vec{e}_z$	11.17 b).....	$-m\frac{dv}{dt} + P\sin\alpha$
11.8 b).....	$a_0t\vec{e}_x - v_0\vec{e}_y$	11.18 a).....	$\frac{T_1}{2m}$
11.8 c).....	$a_0\vec{e}_x$	11.18 b).....	$g - \frac{T_2}{m}$
11.9 a).....	$g\vec{e}_z$	11.18 c).....	$\frac{g}{3}$
11.9 b).....	$v_0\vec{e}_x + gt\vec{e}_z$		

## Fiche n° 12. Approche énergétique en mécanique

### Réponses

- 12.1 ..... ☐ (c)
- 12.2 a) .....
- 12.2 b) .....
- 12.2 c) .....
- 12.2 d) .....
- 12.3 ..... ☐ (b)
- 12.4 a) .....
- 12.4 b) ..
- 12.4 c) .....
- 12.5 a) .....
- 12.5 b) .....
- 12.5 c) .....
- 12.5 d) .....
- 12.5 e) ..... ☐ (b)
- 12.6 ..... ☐ (c)
- 12.7 a) .....
- 12.7 b) .....
- 12.8 a) .....
- 12.8 b) .....
- 12.8 c) .....
- 12.9 a) .....
- 12.9 b) .....
- 12.10 a) ..... ☐ (b)
- 12.10 b) ..... ☐ (d)
- 12.10 c) ..... ☐ (a)
- 12.10 d) ..... ☐ (c)
- 12.11 a) .....
- 12.11 b) .....
- 12.11 c) .....
- 12.11 d) .....
- 12.12 a) ..... ☐ (a)
- 12.12 b) ..... ☐ (a)
- 12.12 c) ..... ☐ (a)
- 12.12 d) ..... ☐ (b)
- 12.12 e) ..... ☐ (b)
- 12.12 f) ..... ☐ (b)
- 12.13 a) .....
- 12.13 b) ..... ☐ (b)
- 12.13 c) .....
- 12.13 d) .....
- 12.14 .....

# Fiche n° 13. Moment cinétique

## Réponses

13.1 a) .....  $-\|\vec{P}\| \cos \theta$

13.1 b) .....  $\|\vec{N}\| \cos(\gamma + \beta)$

13.1 c) .....  $\|\vec{R}\| \sin(\theta + \alpha)$

13.1 d) .....  $-\|\vec{T}\| \cos(\gamma)$

13.1 e) .....  $\|\vec{N}\| \cos(\beta)$

13.1 f) .....  $\|\vec{N}\| \sin(\beta)$

13.2 a) .....  $\vec{P} = -\|\vec{P}\| \vec{e}_y$

13.2 b) .....  $\|\vec{P}\|(-\sin(\theta) \vec{e}_r - \cos(\theta) \vec{e}_\theta)$

13.2 c) .....  $-\|\vec{T}\| \vec{e}_y$

13.2 d) .....  $\vec{T} = \|\vec{T}\|(-\cos(\gamma) \vec{e}_r + \sin(\gamma) \vec{e}_\theta)$

13.2 e) .....  $\|\vec{R}\|(\cos(\theta + \alpha) \vec{e}_x + \sin(\theta + \alpha) \vec{e}_y)$

13.2 f) .....  $\|\vec{R}\|(\cos(\alpha) \vec{e}_r + \sin(\alpha) \vec{e}_\theta)$

13.2 g) ....  $\|\vec{N}\|(-\sin(\beta + \gamma) \vec{e}_x + \cos(\beta + \gamma) \vec{e}_y)$

13.2 h) .....  $\|\vec{N}\|(\cos(\beta) \vec{e}_r + \sin(\beta) \vec{e}_\theta)$

13.3 a) .....  $\|\vec{P}\| \|\vec{R}\| \cos(\theta + \alpha) \vec{e}_z$

13.3 b) .....  $-\|\vec{T}\| \sin(\gamma) \vec{e}_z$

13.3 c) .....  $\|\vec{N}\| \cos(\gamma + \beta) \vec{e}_z$

13.4 a) .....  $\begin{pmatrix} -7 \\ 14 \\ -7 \end{pmatrix}$

13.4 b) .....  $\begin{pmatrix} 7 \\ -14 \\ 7 \end{pmatrix}$

13.4 c) .....  $-7$

13.4 d) .....  $-7$

13.4 e) .....  $\begin{pmatrix} -6 \\ -33 \\ 24 \end{pmatrix}$

13.4 f) .....  $\begin{pmatrix} -6 \\ -33 \\ 24 \end{pmatrix}$

13.5 ..... la Terre

13.6 .....  $m r v \sin(\alpha) \vec{e}_z$

13.7 .....  $\frac{1}{3} M L^2$

13.8 .....  $\frac{1}{12} M L^2$

13.9 .....  $\frac{2}{5} M R^2$

13.10 a) .....  $-\ell F \sin \alpha \cos \alpha$

13.10 b) .....  $0$

13.11 a) .....  $\frac{mgL}{2} \cos \alpha \vec{e}_z$

13.11 b) .....  $-mg \left( \ell - \frac{L}{2} \cos \alpha \right) \vec{e}_z$

13.11 c) .....  $-mg \left( \ell - \frac{L}{2} \cos \alpha \right) \vec{e}_z$

13.12 a) .....  $\frac{a}{2} \vec{e}_X + a \vec{e}_Y$

13.12 b) .....  $\frac{a}{2} \vec{e}_X + \frac{a}{3} \vec{e}_Y$

13.12 c) .....  $P(-\sin \alpha \vec{e}_X - \cos \alpha \vec{e}_Y)$

13.12 d) .....  $F(-\cos \alpha \vec{e}_X + \sin \alpha \vec{e}_Y)$

13.12 e) .....  $aF \left( \frac{\sin \alpha}{2} + \cos \alpha \right) \vec{e}_z$

13.12 f) .....  $aP \left( -\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{\sin \alpha}{3} \right) \vec{e}_z$

13.12 g) .....  $\frac{3P - 6F}{3F + 2P}$

# Fiche n° 14. Champ électrique

## Réponses

14.1 a) .....	$\sqrt{a^2 + y^2}$	14.5 g) .....	$\sqrt{(x+a)^2 + y^2}$
14.1 b) .....	$\frac{a}{\sqrt{a^2 + y^2}}$	14.5 h) .....	$\sqrt{r^2 + 2ax + a^2}$
14.1 c) .....	$\frac{y}{\sqrt{a^2 + y^2}}$	14.5 i) .....	$\sqrt{r^2 + 2ar \cos(\theta) + a^2}$
14.1 d) .....	$\frac{\ \vec{F}\ }{\sqrt{a^2 + y^2}}(-a\vec{e}_x + y\vec{e}_y)$	14.5 j) .....	$-\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sqrt{r^2 + 2ar \cos(\theta) + a^2}}$
14.2 .....	$\textcircled{c}$	14.5 k) ....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \left( \frac{1}{\sqrt{r^2 - 2ar \cos(\theta) + a^2}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + 2ar \cos(\theta) + a^2}} \right)$
14.3 a) .....	$\vec{e}_y$	14.6 a) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \left( 1 - \frac{2a}{r} \right)$
14.3 b) .....	$-\vec{e}_x$	14.6 b) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qa \cos(\theta)}{r^2}$
14.3 c) .....	$\vec{e}_x$	14.6 c) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qa}{r^2} \left( 1 - \frac{1}{2} \theta^2 \right)$
14.3 d) .....	$-\vec{e}_y$	14.6 d) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qa}{r^2}$
14.4 a) .....	$\textcircled{b}$	14.6 e) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \ln \left( 1 + \frac{r^2}{a^2} \right)$
14.4 b) .....	$qV_0$	14.7 a) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} (\sin(2\theta)\vec{e}_r - 2\cos(2\theta)\vec{e}_\theta)$
14.4 c) .....	$\sqrt{\frac{2qV_0}{m}}$	14.7 b) .....	$-\frac{8}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{e}_\theta$
14.4 d) .....	$\sqrt{\frac{qV_0}{2m}}$	14.7 c) .....	$2,7 \cdot 10^5 \text{ V.m}^{-1}$
14.4 e) .....	$\frac{v(a)}{2}$	14.8 a) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qa}{r^3} (2\cos(\theta)\vec{e}_r + \sin(\theta)\vec{e}_\theta)$
14.5 a) .....	$\sqrt{(x-a)^2 + y^2}$	14.8 b) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{e}_\theta$
14.5 b) .....	$x^2 + y^2$	14.8 c) .....	$3,4 \cdot 10^4 \text{ V.m}^{-1}$
14.5 c) .....	$\sqrt{r^2 - 2ax + a^2}$	14.9 a) .....	$\frac{1}{2} E_0 d$
14.5 d) .....	$r \cos(\theta)$		
14.5 e) .....	$\sqrt{r^2 - 2ar \cos(\theta) + a^2}$		
14.5 f) .....	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sqrt{r^2 - 2ar \cos(\theta) + a^2}}$		

<b>14.9 b)</b> .....	$\frac{1}{3}E_0d$	<b>14.10 b)</b> .....	$\frac{8}{5}\pi R^3\rho_0$
<b>14.9 c)</b> .....	$\frac{2}{3\pi}E_0d$	<b>14.10 c)</b> .....	$\frac{16}{5}R^3\rho_0$
<b>14.9 d)</b> .....	$E_0de^{-1}$	<b>14.11 a)</b> .....	$3\pi R^2h$
<b>14.10 a)</b> .....	$\frac{8}{3}\pi R^3\rho_0$	<b>14.11 b)</b> .....	$\frac{4}{5}\pi R^2h$
		<b>14.11 c)</b> .....	$\frac{8}{15}R^2h$

# Fiche n° 15. Particule dans un champ électromagnétique

## Réponses

15.1 a) .....  $6,3 \times 10^{18} \text{ eV}$

15.1 b) .....  $1,55 \text{ eV}$

15.1 c) .....  $5,0 \times 10^{-19} \text{ J}$

15.1 d) ..... violet

15.2 ..... tau

15.3 a) ..... (b)

15.3 b) ..... (a)

15.4 a) .....  $-Ex + C$

15.4 b) .....  $\frac{\alpha}{r} + C$

15.4 c) .....  $-\beta \ln(r) + C$

15.4 d) .....  $-\gamma xy + C$

15.5 a) .....  $qE\vec{e}_y$

15.5 b) .....  $|qE|\vec{e}_x$

15.5 c) .  $qE(\cos(\beta)\vec{e}_y - \sin(\beta)\vec{e}_x)$

15.6 a) .....  $|q|vB\vec{e}_y$

15.6 b) .....  $qvB \cos(\alpha)\vec{e}_z$

15.6 c) .  $-qvB(\cos(\alpha)\vec{e}_x + \sin(\alpha)\vec{e}_y)$

15.7 a) ..... 0

15.7 b) .....  $qEv$

15.7 c) .....  $\frac{3\sqrt{2}}{2}qEv$

15.7 d) .....  $-\frac{qEv}{2}$

15.8 a) .....  $\sqrt{3}\frac{mv_0}{qE}$

15.8 b) .....  $\sqrt{3}\frac{mv_0}{qE}$

15.8 c) .....  $\frac{\pi}{3}$

15.9 a) ..... 1,5 MV

15.9 b) ..... (b) et (c)

15.9 c) ..... (a)

15.9 d) .....  $nqU$

15.9 e) ..... 5

15.10 a) .....  $\frac{q}{m}\vec{v} \wedge \vec{B}$

15.10 b) .....  $R\dot{\theta}\vec{e}_\theta$

15.10 c) .....  $qRB\dot{\theta}\vec{e}_r$

15.10 d) .....  $R\ddot{\theta}\vec{e}_\theta - R\dot{\theta}^2\vec{e}_r$

15.10 e) .....  $\frac{mv_0}{|q|B}$

15.10 f) .....  $2\pi\frac{m}{|q|B}$

15.11 a) .....  $q(E - v_0B)\vec{e}_y$

15.11 b) .....  $v_0 = \frac{E}{B}$



# Fiche n° 16. Champ magnétique

## Réponses

16.1 a) ..... oui

16.1 b) ..... oui

16.2 ..... (d)

16.3 a) .....  $\frac{\mu_0 I}{2\pi d \tan(\alpha)}$

16.3 b) ..... 20,8 pT

16.4 ..... (c)

16.5 .....  $\frac{\pi}{2} B_0 R^2$

16.6 a) .....  $\frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln\left(\frac{D + a/2}{D - a/2}\right)$

16.6 b) .....  $\phi \approx \frac{\mu I a^2}{2\pi D}$

16.6 c) ..... nul

16.7 a) .....  $B_0(1 + \cos(\alpha))\vec{e}_x + B_0 \sin(\alpha)\vec{e}_y$

16.7 b) .....  $B_0 \sqrt{2(1 + \cos(\alpha))}$

16.7 c) ..... 34,6 mT

16.8 a) .....  $\frac{a}{\cos(\theta)}$

16.8 b) .....  $-\sin(\theta)\vec{e}_x + \cos(\theta)\vec{e}_y$

16.8 c) .....  $-\sin(\theta)\vec{e}_x - \cos(\theta)\vec{e}_y$

16.8 d) .....  $-2B_0 \sin(\theta)\vec{e}_x$

16.8 e) .....  $-\frac{y}{a^2 + y^2}$

16.8 f) ..... en  $y = \pm a$

16.9 a) ..... (a)

16.9 b) ..... (b)

16.10 a) ..... (c)

16.10 b) ..... (b)

16.10 c) ..... (b)

16.11 a) ..... (c)

16.11 b) ..... (c)

16.12 a) .....  $\frac{R}{\sqrt{R^2 + z^2}}$

16.12 b) .....  $\frac{R^3}{(\sqrt{R^2 + z^2})^3}$

16.12 c) .....  $\frac{\mu_0 I}{4\sqrt{2} R}$

16.12 d) .....  $R\sqrt{2^{5/3} - 1}$

16.13 a) ..... (a)

16.13 b) ..... (c)

16.14 a) ...  $\frac{\mu_0 n I}{2} \left( \frac{z + \frac{\ell}{2}}{\sqrt{R^2 + (z + \frac{\ell}{2})^2}} - \frac{z - \frac{\ell}{2}}{\sqrt{R^2 + (z - \frac{\ell}{2})^2}} \right)$

16.14 b) .....  $\frac{\mu_0 n I \ell}{\sqrt{4R^2 + \ell^2}}$

16.14 c) .....  $\frac{1}{2} \frac{\sqrt{4R^2 + \ell^2}}{\sqrt{R^2 + \ell^2}}$

16.14 d) .....  $\mu_0 n I$

16.15 a) .....  $B_0 \frac{\cosh\left(\frac{z}{\delta}\right)}{\cosh\left(\frac{\ell}{\delta}\right)}$

16.15 b) .....  $\frac{B(0)}{B_0} \approx 1$

16.15 c) .....  $\frac{B(0)}{B_0} \approx 9 \times 10^{-5}$

16.16 a) .....  $r^2 + \frac{\omega_0 r}{Q} + \omega_0^2 = 0$

16.16 b) .....  $\left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 (1 - 4Q^2)$

16.16 c) .....  $\Delta < 0$

16.16 d) .....  $B_0$

16.16 e) ..  $B_0 + e^{-\frac{\omega_0}{2Q}t} \left( \lambda \cos\left(\frac{\omega_0}{2Q} \sqrt{4Q^2 - 1} \cdot t\right) + \mu \sin\left(\frac{\omega_0}{2Q} \sqrt{4Q^2 - 1} \cdot t\right) \right)$

16.16 f) ..  $B_0 \left( 1 - e^{-\frac{\omega_0}{Q}t} \left( \cos\left(\frac{\omega_0}{Q} \sqrt{4Q^2 - 1} \cdot t\right) + \frac{1}{\sqrt{4Q^2 - 1}} \sin\left(\frac{\omega_0}{Q} \sqrt{4Q^2 - 1} \cdot t\right) \right) \right)$

16.17 .....  $(1, -1, 1)$

## Fiche n° 17. Induction

### Réponses

17.1 a) .....	$\times 2$	17.7 a) .....	$i > 0$
17.1 b) .....	$\times 2$	17.7 b) .....	$i < 0$
17.1 c) .....	$\times 1/2$	17.7 c) .....	$i > 0$
17.1 d) .....	$\times 2$	17.7 d) .....	$i < 0$
17.2 a) .....	(a) et (b)	17.7 e) .....	$i < 0$
17.2 b) .....	Oui	17.7 f) .....	$i < 0$
17.2 c) .....	Non	17.8 a) .....	Le flux diminue
17.3 a) .....	0	17.8 b) .....	Le flux ne varie pas
17.3 b) .....	0	17.8 c) .....	Le flux diminue
17.3 c) .....	0	17.8 d) .....	$i > 0$
17.3 d) .....	$-Bac$	17.8 e) .....	$i = 0$
17.3 e) .....	$Bac$	17.8 f) .....	$i > 0$
17.4 a) .....	$-Ba^2$	17.9 a) .....	$B_0 S_0 \omega \sin(\omega t + \varphi)$
17.4 b) .....	0	17.9 b) .....	$B_0 S_0 \frac{t}{\tau^2} e^{-t/\tau}$
17.4 c) .....	$\frac{Ba^2}{4}$	17.9 c) .....	$-8B_0 S_0 \omega \cos(\omega t) \sin^3(\omega t)$
17.4 d) .....	$\frac{Ba^2}{4}$	17.9 d) .....	$-B_0 S_0 \omega [2 \cos(4\omega t) + \cos(2\omega t)]$
17.4 e) .....	$\frac{Ba^2}{4}$	17.10 a) .....	$-IBd\vec{e}_x$
17.4 f) .....	$\frac{Ba^2}{4}$	17.10 b) .....	$-\frac{IBd}{m}t + v_0$
17.5 a) .....	$-Bab$	17.10 c) .....	$\frac{mv_0^2}{2IBd}$
17.5 b) .....	0	17.11 a) .....	$-IaB\vec{e}_y$
17.5 c) .....	0	17.11 b) .....	$IaB \left( \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{e}_x + \frac{1}{2}\vec{e}_y \right)$
17.5 d) .....	0	17.11 c) .....	$IaB \left( -\frac{\sqrt{3}}{2}\vec{e}_x + \frac{1}{2}\vec{e}_y \right)$
17.5 e) .....	$Ba^2$	17.11 d) .....	$\vec{0}$
17.5 f) .....	$Ba(b-a)$	17.12 a) .....	$IaB\vec{e}_z$
17.6 .....	(b)		

**17.12 b)** .....  $\vec{0}$   
**17.12 c)** .....  $-IaB\vec{e}_z$   
**17.12 d)** .....  $\vec{0}$   
**17.12 e)** .....  $\vec{0}$   
**17.12 f)** .....  $-Ia^2B\vec{e}_x$   
**17.12 g)** .....  $Ia^2\vec{e}_z$

**17.12 h)** .....  $-Ia^2B\vec{e}_x$   
**17.13 a)** .....  $iab\vec{e}_\theta$   
**17.13 b)** .....  $iabB \cos \theta$   
**17.13 c)** .....  $-\frac{a}{2}mg \sin \theta$   
**17.13 d)** .....  $\arctan\left(\frac{2ibB}{mg}\right)$

## Fiche n° 18. Gaz parfaits

### Réponses

18.1 a) .....  $62 \text{ L}$

18.1 b) .....  $25 \text{ L}$

18.1 c) .....  $6,8 \times 10^2 \text{ L}$

18.2 a) .....  $58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

18.2 b) .....  $1,8 \times 10^2 \text{ bar}$

18.2 c) .....  $5,5 \text{ m}^3$

18.3 a) .....  $24,8 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

18.3 b) .....  $13,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

18.4 .....  $64^\circ \text{C}$

18.5 a) .....  $1,00 \text{ bar}$

18.5 b) .....  $1,24 \text{ bar}$

18.6 a) .....  $\textcircled{\text{a}}$

18.6 b) .....  $\textcircled{\text{d}}$

18.7 a) .....  $\frac{MP}{RT}$

18.7 b) ..... non

18.8 a) .....  $4\rho_1$

18.8 b) .....  $3,7\rho_1$

18.9 a) .....  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{P_2}{P_1}$

18.9 b) .....  $\frac{2P_1}{P_1 + P_2} V$

18.10 .....  $\frac{M_A}{M_{\text{air}}}$

18.11 a) .....  $\frac{4}{3}\pi r^3$

18.11 b) ...  $\frac{4\pi P_0 r^3 + 16\pi\gamma r^2}{3RT_0}$

18.12 a) .....  $18,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

18.12 b) .....  $4,79\%$

18.13 a) .....  $30,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

18.13 b) .....  $65,6\%$

18.14 .....  $5,5 \text{ kg}$

18.15 a) .....  $400 \text{ hPa}$

18.15 b) .....  $400 \text{ hPa}$

# Fiche n° 19. Premier principe

## Réponses

19.1 a) .....  $300 \text{ J}$

19.1 b) .....  $-0,5 \text{ J}$

19.1 c) .....  $150 \text{ J}$

19.2 a) .....  $0 \text{ J}$

19.2 b) .....  $-100 \text{ J}$

19.3 .....  $B$

19.4 a) .....  $-P_0(V_{\text{final}} - V_{\text{initial}})$

19.4 b) .....  $\frac{-(P_2 + P_1)(V_{\text{final}} - V_{\text{initial}})}{2}$

19.5 a) .....  $-nRT_0 \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

19.5 b) .....  $\frac{P_f V_f - P_i V_i}{k - 1}$

19.6 a) .....  $76 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

19.6 b) .....  $18 \times 10^{-3} \text{ kcal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

19.7 a) .....  $mc(T_f - T_i)$

19.7 b) .....  $4,2 \text{ kJ}$

19.8 a) .....  $\frac{nR}{\gamma - 1}$

19.8 b) .....  $6,2 \times 10^2 \text{ J}$

19.8 c) .....  $\frac{nR\gamma}{\gamma - 1}$

19.8 d) .....  $8,7 \times 10^2 \text{ J}$

19.9 a) .....  $C_V(T_f - T_i)$

19.9 b) .....  $\frac{A}{2}(T_f^2 - T_i^2) + B(T_f - T_i)$

19.9 c) .....  $\frac{D}{4}(T_f^4 - T_i^4)$

19.10 .....  $-268 \text{ kJ}$

19.11 .....  $T_i + \frac{n^2 a}{C_V} \left( \frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i} \right)$

19.12 a) .....  $T_i + \frac{Q}{C}$

19.12 b) .....  $T_i e^{\frac{Q}{A}}$

19.12 c) .....  $\left( T_i^3 + \frac{3Q}{B} \right)^{1/3}$

19.13 a) .....  $nRT_i \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

19.13 b) .....  $\frac{nR}{\gamma - 1}(T_f - T_i)$

19.13 c) .....  $0$

19.14 a) .....  $W_1 - Q_1$

19.14 b) .....  $Q_1 - Q_2$

19.14 c) .....  $W_1 - Q_2$

19.15 .....  $42 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

19.16 a) .....  $\frac{C}{h}$

19.16 b) .....  $T_a + (T_0 - T_a)e^{-\frac{ht}{C}}$

19.17 .....  $\textcircled{b}$

19.18 a) .....  $\frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$

19.18 b) .....  $\frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} + \frac{Q}{(m_1 + m_2)c}$

## Fiche n° 20. Second principe et machines thermiques

### Réponses

20.1 .....	$-94,8 \text{ J}$	20.9 c) .....	Non
20.2 .....	(b)	20.10 .....	$nR \ln(2)$
20.3 a) .....	$dH = T dS + V dP$	20.11 a) .....	(a)
20.3 b) .....	$dU = 0$	20.11 b) .....	(b)
20.3 c) .....	$dS = nR \frac{dV}{V}$	20.11 c) .....	(c)
20.4 a) .....	$dU = \delta W = -P_{\text{ext}} dV$	20.11 d) .....	(a)
20.4 b) .....	$dU = \delta W = -P dV$	20.11 e) .....	$6390 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
20.4 c) .....	$dU = \delta Q$	20.12 a) .....	$393 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
20.5 a) .....	$dS = \delta S_c$	20.12 b) .....	$447 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
20.5 b) .....	$dS = 0$	20.12 c) .....	$\frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$
20.5 c) .....	$dS = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_c$	20.12 d) .....	361 K
20.6 a) .....	$T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1}$	20.12 e) .....	$\Delta S = 7,54 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
20.6 b) .....	$T_f^\gamma P_f^{1-\gamma} = T_i^\gamma P_i^{1-\gamma}$	20.12 f) .....	Non
20.6 c) .....	$P_f V_f^\gamma = P_i V_i^\gamma$	20.13 a) .....	$W \times \text{COP}$
20.7 a) .....	$x = \gamma - 1$	20.13 b) .....	20,4 MJ
20.7 b) .....	$x = \frac{\gamma}{(1-\gamma)}$	20.13 c) .....	-37,4 MJ
20.7 c) .....	$x = \frac{(1-\gamma)}{\gamma}$	20.14 a) .....	(a)
20.7 d) .....	$x = \frac{\gamma^2}{(1-\gamma)}$	20.14 b) .....	$\eta = 33 \%$
20.7 e) .....	$x = 1 - \gamma$	20.15 a) .....	$\frac{-Q_C}{\text{COP}}$
20.8 a) .....	1,03 bar	20.15 b) .....	1 GJ
20.8 b) .....	$0,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	20.15 c) .....	3,6 MJ
20.9 a) .....	$1,98 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	20.15 d) .....	$1,2 \times 10^3 \text{ euros}$
20.9 b) .....	$1,89 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	20.16 a) .....	33 %
		20.16 b) .....	$\frac{\eta Q_F}{(1-\eta)}$

**20.16 c)** .....  $-295 \text{ J}$   
**20.16 d)** .....  $13,4 \text{ cv}$   
**20.17 a)** .....  $\frac{1}{P}$

**20.17 b)** .....  $\frac{1}{T}$   
**20.17 c)** .....  $-1$



# Fiche n° 21. Statique des fluides

## Réponses

21.1 a).....	$75 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$	21.11 b).....	0
21.1 b).....	7,5 bar	21.11 c).....	$-\rho g a^3$
21.1 c).....	7,4 atm	21.11 d).....	$-\vec{P}_d$
21.2 a).....	$1,9 \times 10^2 \text{ N}$	21.12 a).....	2 N
21.2 b).....	6 bar	21.12 b).....	5
21.3.....	(c)	21.13 a).....	$[\rho_s h - \rho_\ell(h - x)]S \vec{g}$
21.4.....	(d)	21.13 b).....	$h \left( \frac{\rho_\ell - \rho_s}{\rho_\ell} \right)$
21.5 a).....	$p_0 + \rho g z_1$	21.13 c).....	$(\rho_\ell - \rho_s)Shg$
21.5 b).....	$p_0 + \rho g(H - h - z_2)$	21.14 a).....	(a)
21.5 c).....	$\rho g(H - z_3 \sin(\alpha)) + p_0$	21.14 b).....	$\frac{1}{3} \frac{S(h - x)^3}{h^2}$
21.6 a).....	$\frac{1}{\sqrt{2}}(\vec{e}_x - \vec{e}_y)$	21.14 c).....	$h \left( 1 - \sqrt[3]{\frac{\rho_s}{\rho_e}} \right)$
21.6 b).....	$-\vec{e}_y$	21.15 a).....	(b)
21.6 c).....	$-\frac{1}{2}(\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y)$	21.15 b).....	(b)
21.7 a).....	(b)	21.15 c).....	(c)
21.7 b).....	(c)	21.16 a).....	$A\vec{e}_z$
21.7 c).....	(a) (c)	21.16 b).....	$By^2\vec{e}_x + 2Bxy\vec{e}_y + 2Ce^{2z}\vec{e}_z$
21.7 d).....	$\frac{\rho_h V_h}{\rho_e s}$	21.17 a).....	$43,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
21.8 a).....	$p_0 + \rho g H$	21.17 b).....	$14,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$
21.8 b).....	$p_0 + \rho g \left( H + \frac{s}{S} h \right)$	21.17 c).....	(c)
21.9 a).....	12 N	21.17 d).....	55 km
21.9 b).....	51 N	21.18 a).....	$\frac{dp}{dz} = -\frac{2p}{z_{\max}}$
21.9 c).....	82 N	21.18 b).....	$p_0 e^{-2z/z_{\max}}$
21.10.....	(b)	21.19 a).....	$p_0 e^{-agz/p_0}$
21.11 a).....	0		

**21.19 b)** .....  $p_0 + \frac{a}{b}(e^{-bgz} - 1)$   
**21.19 c)** .....  $p_0 - agz + bcg(1 - e^{-z/c})$   
**21.20 a)** .....  $\rho(ay - gz) + p_0$   
**21.20 b)** .....  $z = \frac{a}{g}y$

**21.21 a)** .....  $\frac{1}{2}\rho g L h^2$   
**21.21 b)** .....  $\frac{1}{6}\rho g L h^3$   
**21.21 c)** .....  $\frac{1}{3}h$

## Fiche n° 22. Fondamentaux de la chimie des solutions

### Réponses

22.1 a) .....	18 mmol	22.11 b) .....	$\frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2}$
22.1 b) .....	$1,1 \times 10^{22}$	22.12 a) .....	$\frac{n \times M}{V}$
22.2 a) .....	621 g	22.12 b) .....	$\frac{V \times C_m}{M}$
22.2 b) .....	51,8 mol	22.12 c) .....	$V = \frac{m}{C \times M}$
22.2 c) .....	$3,12 \times 10^{25}$	22.13 a) .....	25 mL
22.3 a) .....	$8,01 \times 10^{24}$	22.13 b) .....	$3,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
22.3 b) .....	$1,75 \times 10^{-22}$	22.14 a) .....	7,2 g
22.3 c) .....	1 400	22.14 b) .....	600 g
22.4 .....	Le cuivre	22.15 a) .....	2,2 mol
22.5 a) .....	1	22.15 b) .....	4,4 mol
22.5 b) .....	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	22.15 c) .....	2,2 mol
22.5 c) .....	$\text{pH}_0 - 2$	22.16 a) .....	0,128 mol
22.6 a) .....	$\textcircled{x} = 2,85$ et $\textcircled{y} = 5,80$	22.16 b) .....	0,128 mol
22.6 b) ....	$\textcircled{a} = \text{H}_2\text{A}$ , $\textcircled{b} = \text{HA}^-$ et $\textcircled{c} = \text{A}^{2-}$	22.16 c) .....	4,86 g
22.6 c) .....	$\text{HA}^-$	22.17 a) .....	3,4 g
22.6 d) .....	$\text{H}_2\text{A}$	22.17 b) .....	1,33
22.6 e) .....	$\text{A}^{2-}$	22.17 c) .....	Il a diminué
22.7 a) .....	Le premier	22.18 a) .....	$\textcircled{1}$
22.7 b) .....	Le premier	22.18 b) .....	$\textcircled{2}$
22.8 a) .....	$90 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	22.18 c) .....	$\textcircled{c}$
22.8 b) .....	$0,26 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	22.19 a) .....	1,19 kg
22.9 a) .....	$\textcircled{c}$	22.19 b) .....	0,44 kg
22.9 b) .....	$\frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2}$	22.19 c) .....	$12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
22.10 a) .....	$0,28 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	22.20 .....	96 %
22.10 b) .....	$24 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	22.21 .....	$\textcircled{a}$
22.11 a) .....	Aucune		

# Fiche n° 23. Fondamentaux de la chimie en phase gazeuse

## Réponses

23.1 .....	$\frac{RT}{P}$	23.9 a) .....	$\frac{1}{V_0} \sum_{k=0}^N P_k V_k$	23.12 f) .....	0,21 bar
23.2 a) .....	12,5 L · mol <sup>-1</sup>	23.9 b) .....	$P_0$	23.13 a) .....	4n - 2ξ
23.2 b) .....	24,9 L · mol <sup>-1</sup>	23.9 c) .....	$\frac{N(N+1)}{2} P_0$	23.13 b) .....	$\frac{2n-\xi}{2n} P_i$
23.2 c) .....	495 L · mol <sup>-1</sup>	23.9 d) .....	$\frac{Nn_0 RT_0}{V_0}$	23.13 c) .....	$\frac{\xi}{2-\xi} P_i$
23.2 d) .....	24,9 L · mol <sup>-1</sup>	23.10 a) .....	151 mmol	23.13 d) .....	$\frac{(n-\xi)}{4n} P_i$
23.3 .....	(c)	23.10 b) .....	0,788	23.13 e) .....	$\frac{3(n-\xi)}{4n} P_i$
23.4 a) .....	(b)	23.10 c) .....	0,21	23.14 .....	(c)
23.4 b) .....	(c)	23.10 d) .....	213 mbar	23.15 a) .....	0
23.4 c) .....	(d)	23.10 e) .....	8 mmol	23.15 b) .....	-2
23.4 d) .....	(a)	23.10 f) .....	0,162	23.15 c) .....	+2
23.5 .....	(b)	23.10 g) .....	164 mbar	23.15 d) .....	-1
23.6 a) .....	0,078 g · L <sup>-1</sup>	23.10 h) .....	51 mbar	23.16 a) .....	$\frac{P_{\text{NH}_3}^2 (P^\circ)^2}{P_{\text{N}_2} P_{\text{H}_2}^3}$
23.6 b) .....	24,8 L · mol <sup>-1</sup>	23.11 a) .....	faux	23.16 b) .....	$\frac{(P^\circ)^5}{P_{\text{H}_2}^4 P_{\text{O}_2}}$
23.6 c) .....	2 g · mol <sup>-1</sup>	23.11 b) .....	faux	23.16 c) .....	$\frac{[\text{CO}_2](P^\circ)^3}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{O}_2}^2 C^\circ}$
23.6 d) .....	H <sub>2</sub>	23.11 c) .....	vrai	23.16 d) .....	$\frac{[\text{H}_2\text{CO}_3] P^\circ}{P_{\text{CO}_2} C^\circ}$
23.7 a) .....	RT	23.11 d) .....	faux	23.17 .....	(c)
23.7 b) .....	$RT + bP - \frac{a}{V_m} + \frac{ab}{V_m^2}$	23.12 a) .....	4 bar		
23.7 c) .....	0	23.12 b) .....	0,78 bar		
23.8 .....	(a)	23.12 c) .....	2 × 10 <sup>-4</sup> bar		
		23.12 d) .....	9 × 10 <sup>1</sup> bar		
		23.12 e) .....	6 × 10 <sup>-3</sup> bar		

## Fiche n° 24. Réactions chimiques

### Réponses

- 24.1 a) .....  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$
- 24.1 b) .....  $2\text{Ag}^+ + \text{Cu} = 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$
- 24.1 c) .....  $2\text{NO} + 2\text{CO} = \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$
- 24.1 d) .....  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- = 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$
- 24.1 e) .....  $2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 = 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$
- 24.1 f) .....  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{Fe}^{2+} = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 24.2 a) .....  $n_1 - \xi$
- 24.2 b) .....  $n_2 - 3\xi$
- 24.2 c) .....  $2\xi$
- 24.3 .....  $\textcircled{\text{d}}$
- 24.4 .....  $\textcircled{\text{e}}$
- 24.5 a) .....  $\frac{a(\text{NH}_3)_{\text{eq}} \times a(\text{H}_2\text{O})_{\text{eq}}}{a(\text{NH}_4^+)_{\text{eq}} \times a(\text{HO}^-)_{\text{eq}}}$
- 24.5 b) .....  $\frac{a(\text{NH}_3)_{\text{eq}} \times a(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{eq}}}{a(\text{NH}_4^+)_{\text{eq}} \times a(\text{H}_2\text{O})_{\text{eq}}}$
- 24.5 c) .....  $\frac{a(\text{HO}^-)_{\text{eq}} \times a(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{eq}}}{a(\text{H}_2\text{O})_{\text{eq}}^2}$
- 24.5 d) .....  $K^\circ = \frac{K_A}{K_e}$
- 24.5 e) .....  $10^{4,75}$
- 24.6 a) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.6 b) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.6 c) .....  $\textcircled{\text{b}}$
- 24.6 d) .....  $\textcircled{\text{c}}$
- 24.7 .....  $\textcircled{\text{b}}$
- 24.8 a) .....  $5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

- 24.8 b) .....  $4,0 \times 10^{-1} \text{ mol}$
- 24.9 a) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.9 b) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.10 a) .....  $\frac{(C^\circ(V_1 + V_2))^2}{(C_1V_1 - \xi) \times (C_2V_2 - \xi)}$
- 24.10 b) .....  $\xi^2 - \xi(C_1V_1 + C_2V_2) + C_1C_2V_1V_2 - \frac{[C^\circ(V_1 + V_2)]^2}{K^\circ} = 0$
- 24.11 a) .....  $\xi_v^2(1 - K^\circ) + \xi_v K^\circ(C_1 + C_2) - K^\circ C_1 C_2 = 0$
- 24.11 b) .....  $\xi_v^2 + \xi_v(C_2 + K^\circ C^\circ) - K^\circ C_1 C^\circ = 0$
- 24.11 c) .....  $\xi^2(K^\circ - 1) - \xi K^\circ(n_1 + n_2) + K^\circ n_1 n_2 = 0$
- 24.11 d) .....  $4K^\circ \xi^2 - \xi \left( 4K^\circ n + \frac{P^\circ V}{RT} \right) + K^\circ n^2 = 0$
- 24.11 e) .....  $\xi^2(4K^\circ P + P^\circ) - \xi(4nK^\circ P + nP^\circ) + K^\circ n^2 P = 0$
- 24.12 a) .....  $7,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 24.12 b) .....  $3,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 24.13 a) .....  $1,3$
- 24.13 b) .....  $12$
- 24.14 a) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.14 b) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.14 c) .....  $\textcircled{\text{a}}$
- 24.14 d) .....  $\textcircled{\text{b}}$
- 24.15 a) .....  $\text{pH} = \text{p}K_A + \log_{10} \left( \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}\right)$
- 24.15 b) .....  $8,9$
- 24.16 a) .....  $\xi_v^2 + K_A C^\circ \xi_v - K_A C_1 C^\circ = 0$
- 24.16 b) .....  $8,8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 24.16 c) .....  $3,9$

## Fiche n° 25. Cinétique chimique

### Réponses

25.1 a) .....	(a)	25.7 b) .....	k
25.1 b) .....	(d)	25.7 c) .....	$[A]_0 - \alpha kt$
25.1 c) .....	(c)	25.8 a) .....	$v = k[A]$
25.1 d) .....	(c)	25.8 b) .....	$[A]_0 \times \exp(-\alpha kt)$
25.2 a) .....	(a)	25.9 a) .....	$k[A]^2$
25.2 b) .....	(b)	25.9 b) .....	$\frac{1}{[A]_0} + \alpha kt$
25.2 c) .....	(a)(c)(d)	25.9 c) .....	$\frac{[A]_0}{1 + \alpha[A]_0 kt}$
25.2 d) .....	(c)	25.10 a) .....	$\frac{[A]_0}{2\alpha k}$
25.3 a) .....	Oui : 2	25.10 b) .....	$\frac{\ln(2)}{\alpha k}$
25.3 b) .....	Oui : $\frac{5}{2}$	25.10 c) .....	$\frac{1}{[A]_0 \alpha k}$
25.3 c) .....	Non	25.11 a) .....	1
25.4 a) .....	$5,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	25.11 b) .....	$7,90 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$
25.4 b) .....	$1,7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	25.12 a) .....	(b)
25.4 c) .....	$3,3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	25.12 b) .....	(a) et (c)
25.4 d) .....	$1,7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	25.12 c) .....	(b)
25.5 a) .....	$RT(\ln(A) - \ln(k))$	25.12 d) .....	(d)
25.5 b) .....	$53 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	25.13 a) .....	m = 1
25.6 a) .....	$\ln(A) - \frac{E_a}{RT}$	25.13 b) .....	$\ln(k \times [H_2]_0^m) + n \ln([S]_0)$
25.6 b) .....	$1,8 \times 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	25.13 c) .....	$n = \frac{1}{2}$
25.6 c) .....	$5,3 \times 10^{11} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	25.13 d) .....	$3,00 \text{ L}^{1/2} \cdot \text{mol}^{-1/2} \cdot \text{min}^{-1}$
25.7 a) .....	$-\frac{1}{\alpha} \frac{d[A]}{dt}$		

## Fiche n° 26. Chiffres significatifs et incertitudes

### Réponses

26.1 a) .....  $3,15 \times 10^1$

26.1 b) .....  $1,9 \times 10^{-3}$

26.1 c) .....  $8,120 \times 10^{-1}$

26.1 d) .....  $1,600\,002 \times 10^6$

26.1 e) .....  $2,023\,9 \times 10^3$

26.1 f) .....  $7,300 \times 10^3$

26.1 g) .....  $3,30 \times 10^8$

26.1 h) .....  $7,022 \times 10^{-3}$

26.2 a) ..... 2

26.2 b) ..... 4

26.2 c) ..... 5

26.2 d) ..... 2

26.3 a) ..... 8,0 km

26.3 b) ..... 31 cm

26.3 c) .....  $1,0 \times 10^{-1}$

26.4 ..... (c) et (d)

26.5 a) .....  $(19,10 \pm 0,36) \text{ m}$

26.5 b) .....  $(0,90 \pm 0,36) \text{ m}$

26.5 c) .....  $(91,0 \pm 3,5) \text{ m}^2$

26.5 d) .....  $0,910 \pm 0,035$

26.6 .....  $(59,0 \pm 1,4) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

26.7 a) .....  $(1,191 \pm 0,035) \text{ W}$

26.7 b) .....  $(1,175 \pm 0,059) \text{ W}$

26.7 c) ..... (a)

26.8 a) ..... (b)

26.8 b) ..... (a)

26.8 c) ..... (d)

26.9 a) .....  $d \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2}$

26.9 b) .....  $(74,4 \pm 4,4) \text{ } \mu\text{m}$

26.10 a) ..... 4,929 5 V

26.10 b) ..... 0,472 V

26.10 c) .....  $(4,93 \pm 0,15) \text{ V}$

26.11 .....  $(25,017 \pm 0,092) \text{ cm}$

26.12 ..... (a)

26.13 a) .....  $(1,780 \pm 0,050) \text{ mm}$

26.13 b) .....  $(2,49 \pm 0,14) \text{ mm}^2$

26.14 a) ..... (b)

26.14 b) ..... (b)

26.14 c) ..... (a)