**UTBM - PS22 Final (90 min)** Calculatrice autorisée / Sans document **Jeudi 18 Janv 2024**

**Coloriez (pas de croix) les cases choisies en utilisant impérativement un stylo noir.**

Nom :

Prénom :

Groupe :

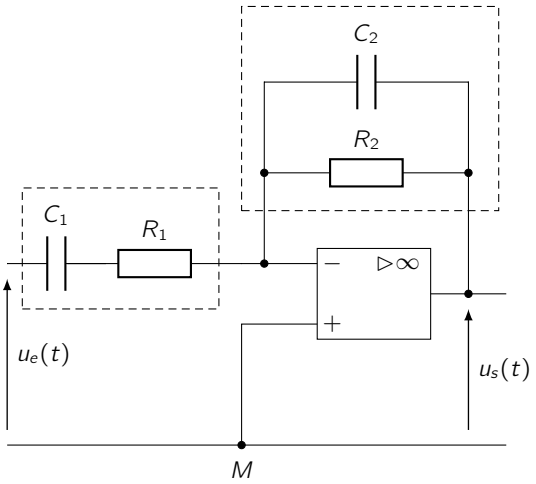
Votre code étudiant ⟶

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
| U | V | W | X | Y | Z | 1 | 2 | 3 | 4 |

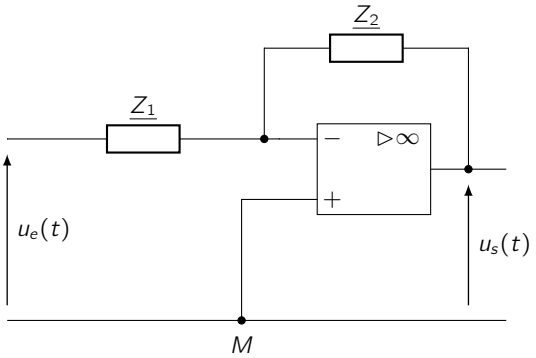
En cas d'incompatibilité entre votre réponse et le nombre de cases proposées pour la saisie (et après avoir vérifié vos calculs...), inscrire la réponse en marge et signaler le problème en rendant la copie.

Lorsque la fonction de transfert d'un filtre peut se mettre sous la forme $\underline{H}(j\omega) = \dfrac{\underline{N}}{1 + a(j\omega) + b(j\omega)^2}$ on a $\omega_0^2 = \dfrac{1}{b}$ et $a = \dfrac{1}{Q\omega_0}$.

**Exercice n°1 AAp03** On considère le filtre actif schématisé ci-dessous. Les tensions de saturation de l'AOp sont égales à $\pm 14\,V$.
$R_1 = 1100\,\Omega$, $R_2 = 5340\,\Omega$, $C_1 = 4{,}5\,\mu F$, $C_2 = 330\,nF$.
Les questions 5 et 6 peuvent être traitées indépendamment des autres.




Une représentation équivalente du montage est :




1. Quelle est l'impédance équivalente $\underline{Z_1}$ ?

   ☐ $\dfrac{1}{R_1} + jC_1\omega$ ☐ $R_1 + \dfrac{1}{jC_1\omega}$

   ☐ $R_1 - jC_1\omega$ ☐ $R_1 + jC_1\omega$

2. Quelle est l'impédance équivalente $\underline{Z_2}$ ?

   ☐ $\dfrac{R_2}{1 + jR_2C_2\omega}$ ☐ $R_2 - jC_2\omega$

   ☐ $\dfrac{1}{R_2} + jC_2\omega$ ☐ $\dfrac{1 + jR_2C_2\omega}{R_2C_2}$

3. La fonction de transfert de ce filtre peut se mettre sous la forme :
$$\underline{H}(j\omega) = \frac{kj\omega}{1 + aj\omega + b(j\omega)^2}$$

   3.1. Quelle est la valeur de $k$ (en uSI) ?

   | | | | | | | | | | | |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
   | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | | , | | | | | | | | | |
   | + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | ×10^ | | | | | | | | | | |
   | + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

   3.2. Quelle est la valeur de $a$ (en uSI) ?

   | | | | | | | | | | | |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
   | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | | , | | | | | | | | | |
   | + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | ×10^ | | | | | | | | | | |
   | + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

4. Calculer la valeur du gain en décibels $G_{dB}$ de ce filtre pour un signal d'entrée sinusoïdal de fréquence $f = 450\,Hz$.

   | | | | | | | | | | | |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
   | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | | , | | | | | | | | | |
   | + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

5. La fréquence de la tension d'entrée et la valeur de $R_2$ sont maintenant telles que $G_{dB} = +6\,dB$. L'amplitude de $u_e(t)$ est égale à $9\,V$. Quelle sera l'amplitude, en volts, de la tension de sortie du filtre ?

   | | | | | | | | | | |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | , | | | | | | | | | |
   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

6. La fréquence de la tension d'entrée et la valeur de $R_2$ sont maintenant telles que $G_{dB} = -6\,dB$. L'amplitude de $u_e(t)$ est toujours égale à $9\,V$. Quelle sera l'amplitude, en volts, de la tension de sortie du filtre ?

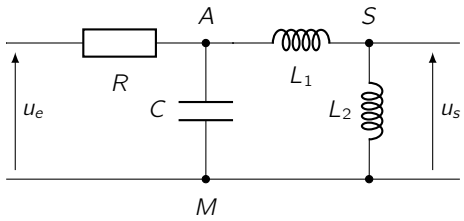
   | | | | | | | | | | |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
   | , | | | | | | | | | |
   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

©Tous droits réservés / D. Stoessel

**Exercice n°2 AAp03** Le filtre de Hartley représenté ci-dessous est réalisé avec $R = 25\,k\Omega$, $L_1 = 20\,mH$, $L_2 = 11\,mH$ et $C = 0,1\,\mu F$. Sa fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{k.j\omega}{1 + a.j\omega + b(j\omega)^2}$$

Dans les questions 3 à 5 on utilisera la notation scientifique.




1. L'étude asymptotique permet de prévoir qu'il s'agit d'un filtre

   ☐ passe bande ☐ passe haut

   ☐ coupe bande ☐ passe bas

2. $k$ peut s'écrire $R^\alpha L_1^\beta L_2^\gamma C^\delta$. Que vaut le quadruplet $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ ?

   $\alpha \Rightarrow$ [+] [-] [0] [1] [2] [3] [4]
   $\beta \Rightarrow$ [+] [-] [0] [1] [2] [3] [4]
   $\gamma \Rightarrow$ [+] [-] [0] [1] [2] [3] [4]
   $\delta \Rightarrow$ [+] [-] [0] [1] [2] [3] [4]

3. Calculer, en $uSI$, la valeur de $k$.

   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ,
   [+] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ×10^
   [+] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

4. Calculer la valeur de $a$ en $uSI$.

   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ,
   [+] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ×10^
   [+] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

5. Calculer la valeur de $b$ en $uSI$.

   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ,
   [+] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ×10^
   [+] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

6. Quelle est la valeur de la fréquence propre $f_0 = \dfrac{\omega_0}{2\pi}$ du filtre (en $kHz$) ?

   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   ,
   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

7. On considère un signal $u_e(t)$ de fréquence $f = 4\,kHz$.

   7.1. Calculer la valeur du gain en décibels $G_{dB}$ pour ce signal.

   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [+] ,
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

   7.2. Quel est le déphasage $\varphi$, exprimé en degrés dans $[-180; 180[$, entre $u_s(t)$ et $u_e(t)$ ?

   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
   [+] ,
   [−] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

   7.3. On en déduit que $u_s(t)$ est en avance par rapport à $u_e(t)$.

   ☐ Faux ☐ Vrai

**Exercice n°3 AAp03** Un filtre a un gain linéaire de $-57\ dB$ par décade. Calculer la variation $\Delta G_{dB}$ de $G_{dB}$ lorsque la fréquence du signal d'entrée est multipliée par 5.

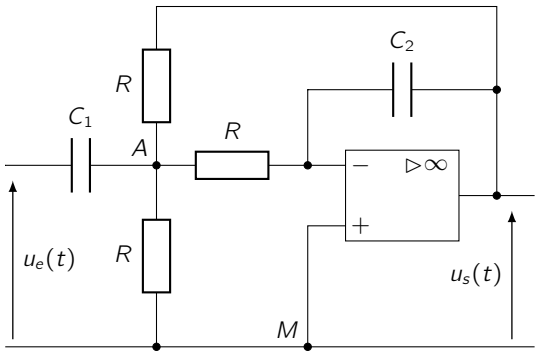
- Signe de $\Delta G_{dB}$ :

  ☐ négatif ☐ positif

- Valeur absolue de $\Delta G_{dB}$ en dB :

  [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
  [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]
  ,
  [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

**Exercice n°4 AAp04** Un filtre est réalisé selon le schéma ci-dessous. Les tensions de saturation de l'AOp sont égales à $\pm 14\ V$. Le point $M$ est la masse du montage et on donne :
$R = 3{,}0\ k\Omega$ ; $C_1 = 4{,}1\ nF$ ; $C_2 = 4,5\ nF$.




1. C'est un filtre d'ordre

   [0] [1] [2] [3]

©Tous droits réservés / D. Stoessel

2. En appliquant le théorème de Millmann on peut exprimer le potentiel en $A$ sous la forme

$$\underline{V_A} = \frac{j\omega\alpha\,\underline{u_e} + \underline{u_s} + \underline{V_-}}{3 + j\omega\alpha}$$

où $\alpha$ est une constante homogène à un temps dépendant des paramètres du montage. Calculer la valeur de $\alpha$ en $\mu s$.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| + | , | | | | | | | | | |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

3. En appliquant le théorème de Millmann on peut exprimer le potentiel $\underline{V_-}$ de l'entrée inverseuse de l'AOp sous la forme

$$\underline{V_-} = \frac{j\omega\beta\,\underline{u_s} + \underline{V_A}}{1 + j\omega\beta}$$

où $\beta$ est une constante homogène à un temps dépendant des paramètres du montage. Calculer la valeur de $\beta$ en $\mu s$.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| + | , | | | | | | | | | |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

4. Établir l'expression de la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega)$ du filtre en la mettant sous la forme d'un quotient de polynômes de $j\omega$ afin d'en déduire les grandeurs suivantes :

4.1. Calculer la valeur de la fréquence propre $f_0$ du filtre (en $kHz$).

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| , | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

4.2. Calculer la valeur du facteur de qualité $Q$ du filtre.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| , | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

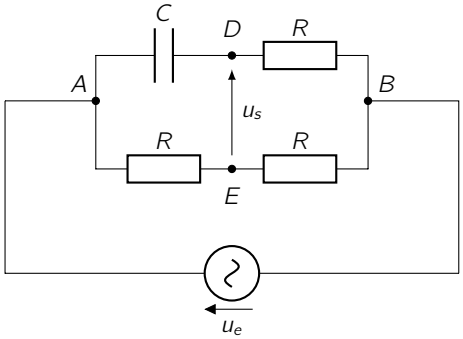
5. Dans le diagramme de Bode en gain, la fonction $G_{dB} = f(\log x)$ admet deux asymptotes (à très basse et très haute fréquence) ayant même ordonnée à l'origine $k$. Calculer la valeur de $k$ en $dB$.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | , | | | | | | | | | |
| + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

6. Calculer la valeur du gain en décibels de ce filtre pour $x = \dfrac{\omega}{\omega_0} = 5{,}0$.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | , | | | | | | | | | |
| + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

**Exercice n°5 AAp03** Dans le circuit schématisé ci-dessous on a $u_e(t) = U_e.cos(\omega t)$.
La tension $u_s(t)$ est, en régime établi, de la forme $u_s = U_s.cos(\omega t + \varphi)$. Les résistances sont identiques de valeur $R = 3{,}6\,k\Omega$ et le condensateur a une capacité $C = 360\,nF$.




1. La fonction de transfert peut se mettre sous la forme $\underline{H}(j\omega) = \dfrac{\underline{u_s}(t)}{\underline{u_e}(t)} = A\dfrac{jX - 1}{jX + 1}$.

— Quelle est la valeur de $A$ ?

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| + | , | | | | | | | | | |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

— $X$ s'écrit $R^aC^b\omega^c$. Que vaut le triplet $(a, b, c)$ ?

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ | ⇒ | + | - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $b$ | ⇒ | + | - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $c$ | ⇒ | + | - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

2. Le gain de ce montage est constant. Calculer la valeur de $G_{dB}$ en $dB$.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| + | , | | | | | | | | | |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

3. $\varphi$ s'écrit $b + c.Arctan(X)$.

— Quelle est la valeur de $b$, en radians, donnant $\varphi$ dans l'intervalle $[0\,;2\pi[$ ?

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | , | | | | | | | | | |
| + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

— Quelle est la valeur de $c$ ?

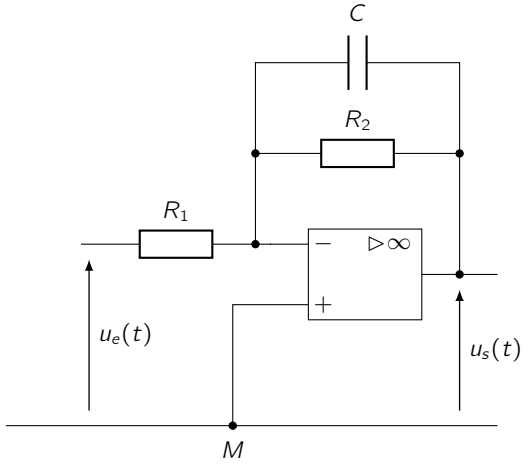
| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| − | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

4. Pour quelle valeur de $\omega$ (en $rad.s^{-1}$) la tension $u_s(t)$ est-elle en quadrature avance sur $u_e(t)$ ?

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

©Tous droits réservés / D. Stoessel

**Exercice n°6 AAp03** On considère le filtre actif schématisé ci-dessous. Les tensions de saturation de l'AOp sont égales à $\pm 14\ V$.
$R_1 = 550\ \Omega$, $R_2 = 5100\ \Omega$.




1. Il s'agit d'un filtre

   ☐ passe-bas ☐ passe-bande

   ☐ passe-haut ☐ coupe-bande

2. Calculer la valeur du gain maximal $G_{max}$ de ce filtre.

   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   ,
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

3. Calculer la valeur de la capacité $C$, en $nF$, pour que la fréquence de coupure de ce filtre soit égale à $400\ Hz$. On rappelle que $f_c$ est définie comme la fréquence à laquelle $G = \frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$.

   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   ,
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

4. Calculer la valeur du déphasage $\varphi$ de $u_s(t)$ par rapport à $u_e(t)$ à la fréquence $f_c$. Donner la valeur en degrés dans l'intervalle $[0; 360[$.

   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

**FIN du SUJET**

©Tous droits réservés / *D. Stoessel*