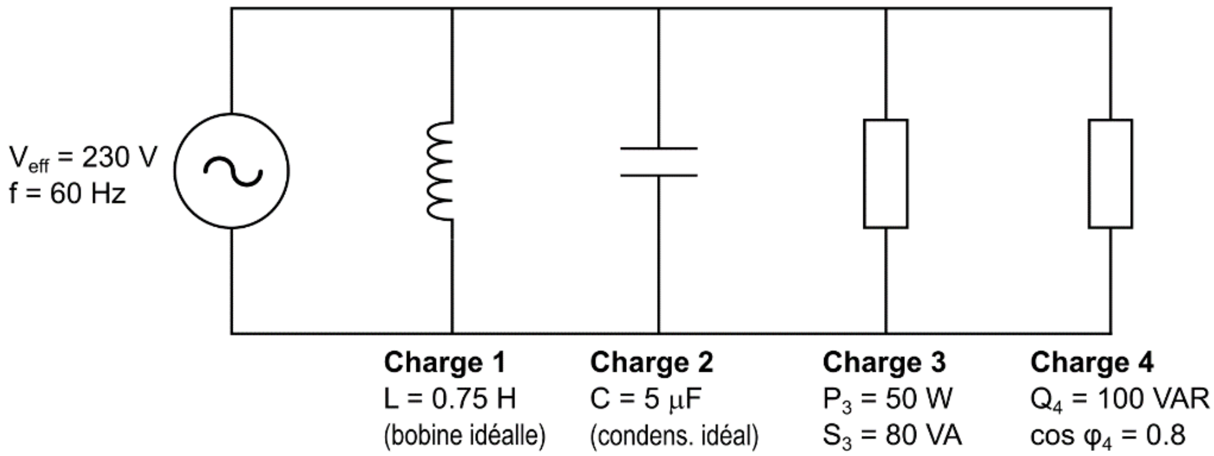
Licence « Sciences pour l'ingénieur »
DS 2.3 - Énergétique et circuits électriques
Examen « 2e chance » (90 minutes) - 2024/2025

- L'utilisation du téléphone portable, même en mode calculatrice, ainsi que de tout autre appareil électronique est strictement interdite.
- Seuls documents autorisés : aide-mémoires préparés par l'enseignant et distribués pendant les TD.
- Calculatrice autorisée.
- Vous pouvez utiliser un crayon (évite les ratures et fait gagner du temps).
- Justifiez vos résultats !

Exercice 1 : Puissance AC (40 min, 10/20 points)

La figure suivante représente une installation composée de quatre charges connectées en parallèle.



Calculer

a. Les puissances active, réactive et apparente de l'installation (P, Q, S). Dessiner le triangle de puissance.
b. Le facteur de puissance (cos φ) de l'installation et designer le triangle de puissance.
c. Le courant efficace à l'entrée de l'installation.
d. L'impédance équivalente de l'installation **Z=R+jX**. Dessiner le triangle d'impédance
e. La capacité du condensateur à installer en parallèle de l'installation pour obtenir un cosφ égal à 1.0 (donc φ = 0°).
f. Le courant efficace à l'entrée de l'installation après avoir connecté le condensateur.

Aide-mémoire trigonométrie / triangle de puissance / triangle d'impédance :

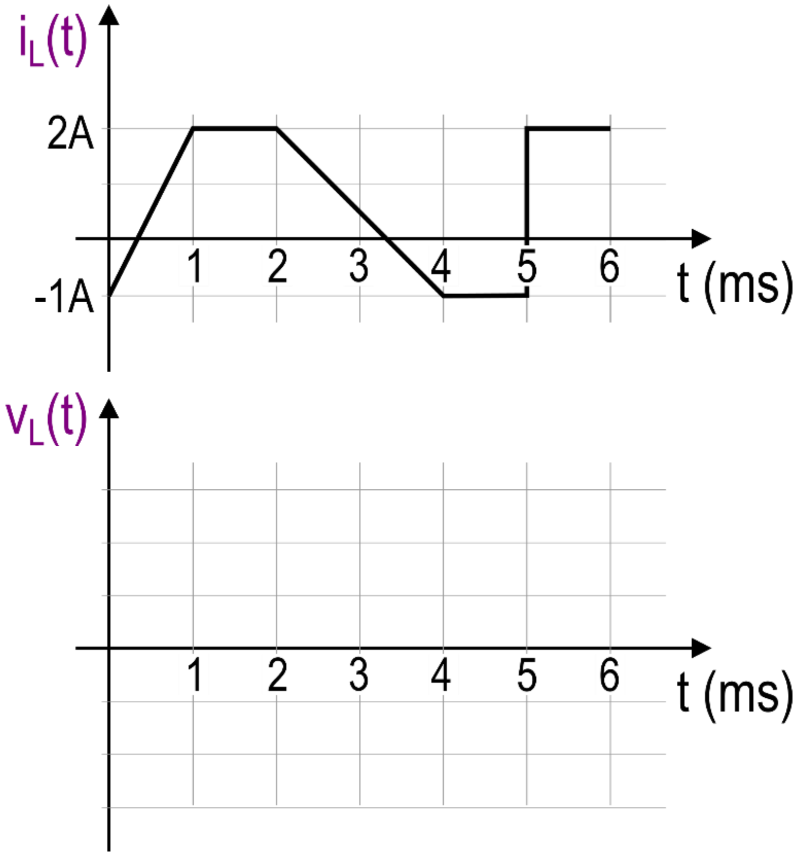
$\cos\varphi = \dfrac{P}{\lvert S\rvert}$	$\cos\varphi = \dfrac{R}{\lvert Z\rvert}$
$\sin\varphi = \dfrac{Q}{\lvert S\rvert}$	$\sin\varphi = \dfrac{X}{\lvert Z\rvert}$
$\tan\varphi = \dfrac{Q}{P}$	$\tan\varphi = \dfrac{X}{R}$
$\lvert S\rvert = \sqrt{P^2+Q^2} = V_{ef} I_{ef}$	$\lvert Z\rvert = \sqrt{R^2+X^2} = \dfrac{V_{ef}}{I_{ef}}$

Exercice 2 : Inductance/condensateur (15 min, 4/20 points)

On considère une bobine de 1 mH, traversée par un courant dont l'évolution est donnée ci-dessous.

a. Calculer la tension aux bornes de la bobine. Si nécessaire, utiliser la fonction delta de Dirac (avec l'aire correspondante) pour représenter les variations instantanées.

b. Calculer l'énergie stockée dans la bobine à t = 6 ms.



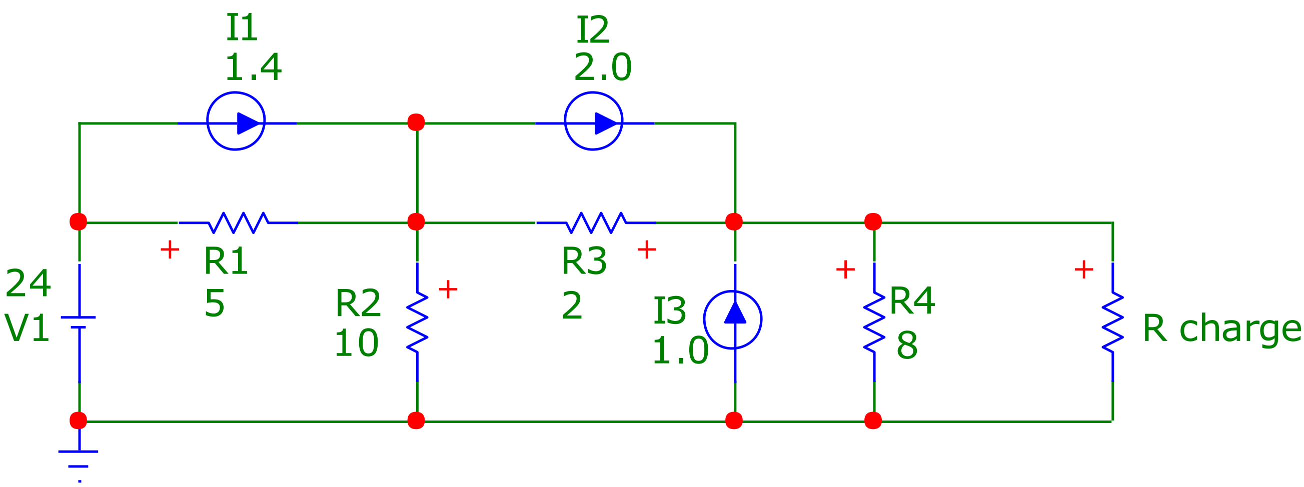
Exercice 3 : Thevenin (35 min, 6/20 points)

La figure ci-dessous représente un circuit comprenant une source de tension continue V1=24 V, trois résistances R1=5 Ω, R2=10 Ω et R3=2 Ω, et trois sources de courant **indépendantes**, nommées I1, I2 et I3. Le circuit est connecté à une résistance de charge.

a. Calculer la résistance de Thévenin R_{TH} vues depuis les bornes de la résistance de charge.

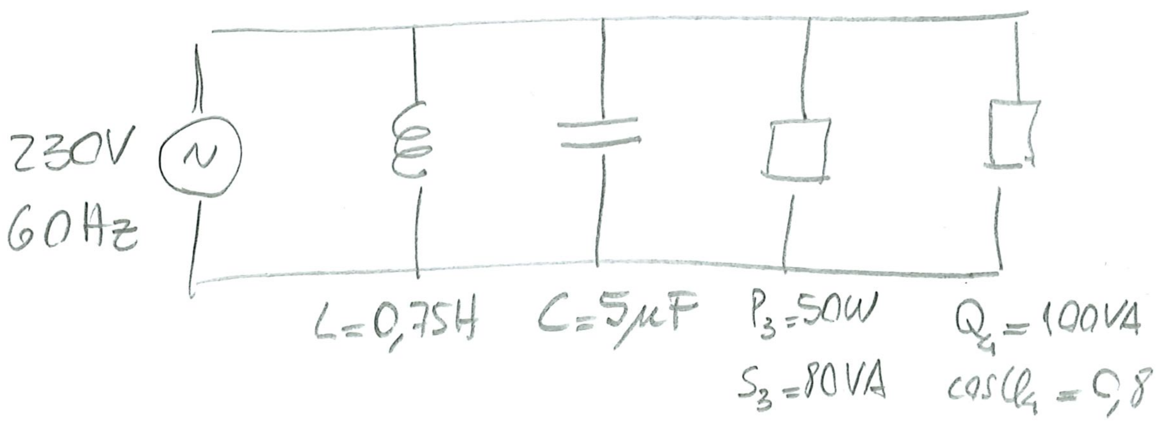
b. Calculer la tension de Thévenin V_{TH} en appliquant la méthode des nœuds.

c. Calculer la tension aux bornes de la résistance de charge si celle-ci vaut 4 Ω.



Examen 2e chance 2024/2025 ①

1)



a)

Charge 1:

$\underline{P_1 = 0W}$, (bobine pure)

$$Q_1 = \frac{V_{ef}^2}{\omega L} = \frac{V_{ef}^2}{2\pi f . L} = \frac{230^2}{2\pi . 60 . 0,75} = \underline{187,1 \text{ VAR}}$$

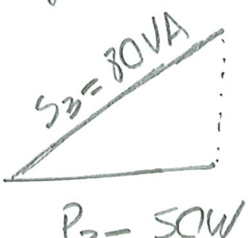
Charge 2:

$\underline{P_2 = 0W}$ (condensateur parfait)

$$Q_2 = V_{ef}^2 . \omega . C = V_{ef}^2 . 2\pi f . C =$$

$$= 230^2 . 2 . \pi . 60 . 5\times10^{-6} = \underline{-99,7 \text{ VAR}}$$

Charge 3:



$$\cos\varphi_3 = \frac{P_3}{S_3} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$\varphi_3 = \arccos(0,625) = 51,32°$$

$$Q_3 = P_3 . tg(\varphi_3) = 50 . tg(51,32°) = \underline{62,4 \text{ VAR}}$$

Charge 4 :

$Q_4 = 100 VAR$

$\cos\varphi_4 = 0,8$

$\varphi_4 = \arccos(0,8) = 36,87°$

$$P_4 = \frac{Q_4}{tg\,\varphi_4} = \frac{100}{tg(36,87)} = \underline{133,\overline{3}\ W}$$

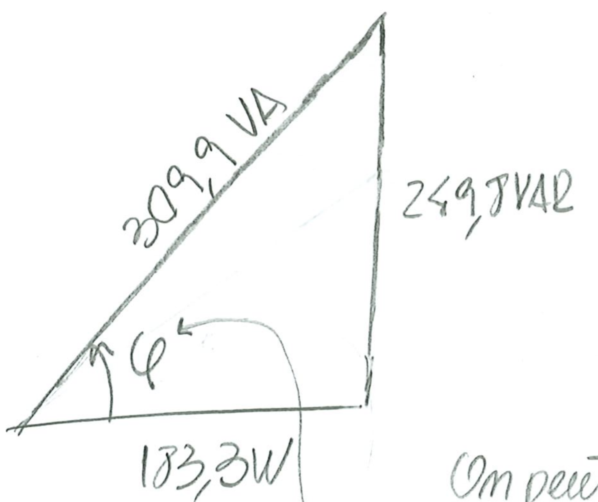
— x —

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$
$$= 0 + 0 + 50 + 133,3 = \underline{183,3\ W}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$
$$= 187,1 + (-99,7) + 62,4 + 100 = \underline{249,8\ VAR}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{183,3^2 + 249,8^2} = \underline{309,9\ VA}$$

— x —



b) $$\cos\varphi = \frac{P_T}{S_T} = \frac{183,3}{309,9}$$
$$= \underline{0,5916 = FP}$$

On peut calculer φ :

$$\varphi = \arccos(0,5916) = \underline{53,72°}$$

c) $S_T = V_{ef} \cdot I_{ef} \Rightarrow \underline{I_{ef}} = \dfrac{S_T}{V_{ef}} = \dfrac{309,9}{230} =$

$= \underline{1,35\,A}$

d) $|Z| = \dfrac{V_{ef}}{I_{ef}} = \dfrac{230\,V}{1,35\,A} = 170,7\,\Omega$

$\Rightarrow \underline{Z} = |Z| \angle \varphi$ ← même angle φ que celui du triangle de puissance !

$= \underline{170,7 \angle 53,72°}$ (forme polaire)

en forme rectangulaire :

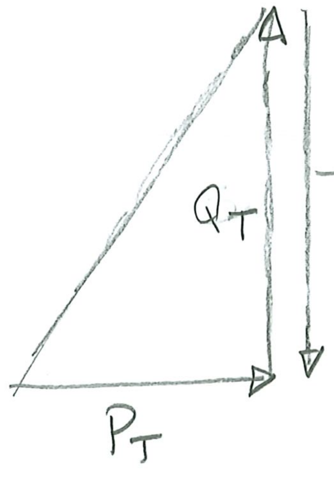
$\underline{Z} = |Z| \cdot \cos\varphi + j\,|Z| \cdot \sin\varphi$

$= 170,7 \cdot \cos(53,72°) + j\,170,7 \cdot \sin(53,72°)$

$= \underline{(101,0 + j\,137,6)\,\Omega}$

— x —

e)



$\rightarrow Q_{cond} = -Q_T = -249{,}8\ VAR$

Pour un condensateur :

$$Q = -V_{ef}^2 . \omega . C = -V_{ef}^2 . 2\pi f . C$$

$$\Rightarrow \quad \cancel{-} Q_T = \cancel{-} V_{ef}^2 . 2\pi f . C$$

$$\underline{C} = \frac{Q_T}{V_{ef}^2 . 2\pi f} = \frac{249{,}8}{230^2 . 2\pi 60} = 1{,}25 \times 10^{-5} F$$

$$= 12{,}5 \times 10^{-6} F$$

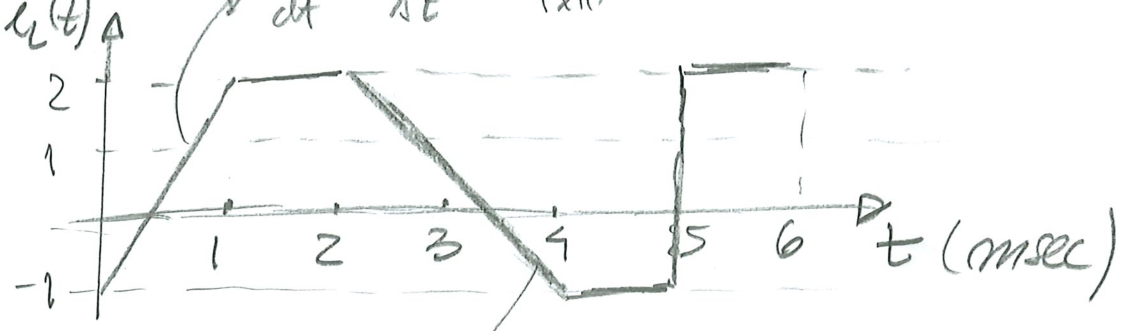
$$= \underline{12{,}5 \mu F}$$

f) Dans le nouveau triangle de puissance $Q = 0$ (car $\varphi = 0$) $\Rightarrow S_{new} = P_T$ (côté adjacent = hypoténuse)

$$S_{new} = V_{ef} . I_{ef\,new} \Rightarrow \underline{I_{ef\,new}} = \frac{S_{new}}{V_{ef}} = \frac{P_T}{V_{ef}} = \frac{183{,}3}{230} = \underline{0{,}79 A}$$

2)

$$\frac{di}{dt} = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{3}{1\times10^{-3}} = 3000\ \frac{A}{s}$$



$$\frac{di}{dt} = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{-3}{2\times10^{-3}} = -1500\ \frac{A}{s}$$

- t : 0 ... 1 ms

$$v_L = L\cdot\frac{di}{dt} = 1\times10^{-3}\cdot 3000 = \underline{3\,V}$$

- t : 1 ... 2 ms

$$v_L = L\cdot\underbrace{\frac{di}{dt}}_{0} = \underline{0\,V}$$

- t = 2 ... 4 ms

$$v_L = L\cdot\frac{di}{dt} = 1\times10^{-3}\cdot(-1500) = \underline{-1{,}5\,V}$$

- t : 4 ... 5 ms

$$v_L = L\cdot\underbrace{\frac{di}{dt}}_{0} = \underline{0\,V}$$

- t = 5 ms : saut de courant ⇒ pic de tension

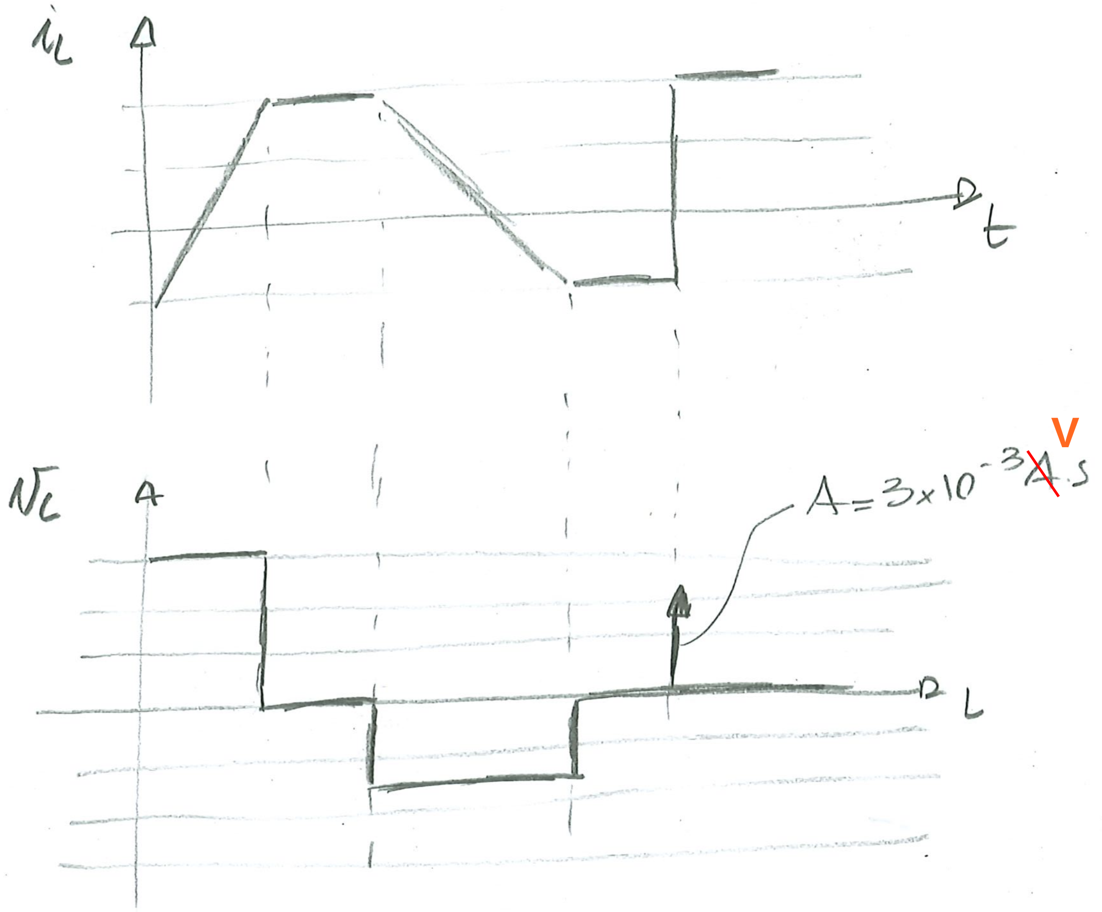
Aire pic de tension $= L \cdot \Delta i =$

$$= 1\times10^{-3} \cdot (2-(-1))$$

$$= \underline{3\times10^{-3}\ \cancel{A}\,V \cdot s}$$

• t : 5...6 ms

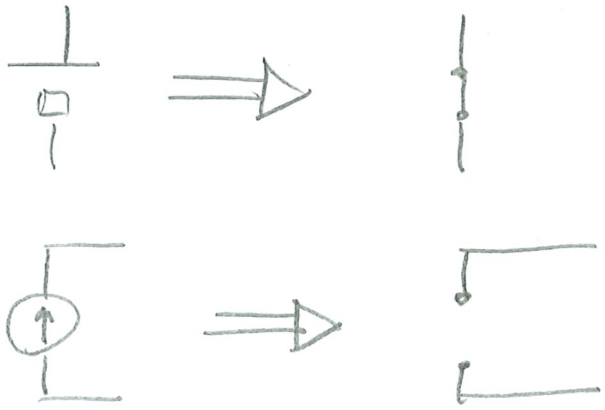
$$\underline{v_L = L \cdot \underbrace{\frac{di}{dt}}_{0} = 0\,V}$$



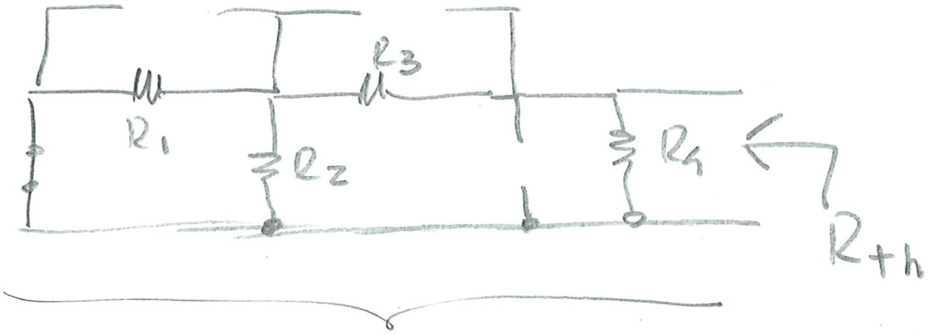
c) $\underline{E(6ms)} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2(6ms) = \frac{1}{2} \cdot 1\times10^{-3} \cdot 2^2 = 0{,}002\,J$

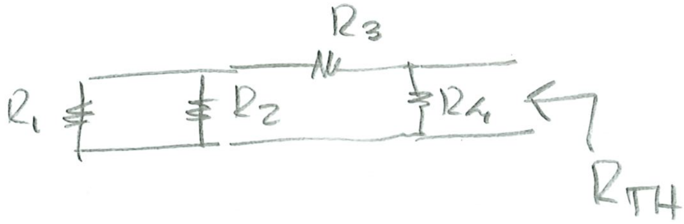
$$= \underline{2\,mJ}$$

3) a) R_{th} : neutralisation des sources indépendantes :



Donc :





$$R_{th} = R_4 // \left[R_3 + \underbrace{(R_2 // R_1)} \right]$$

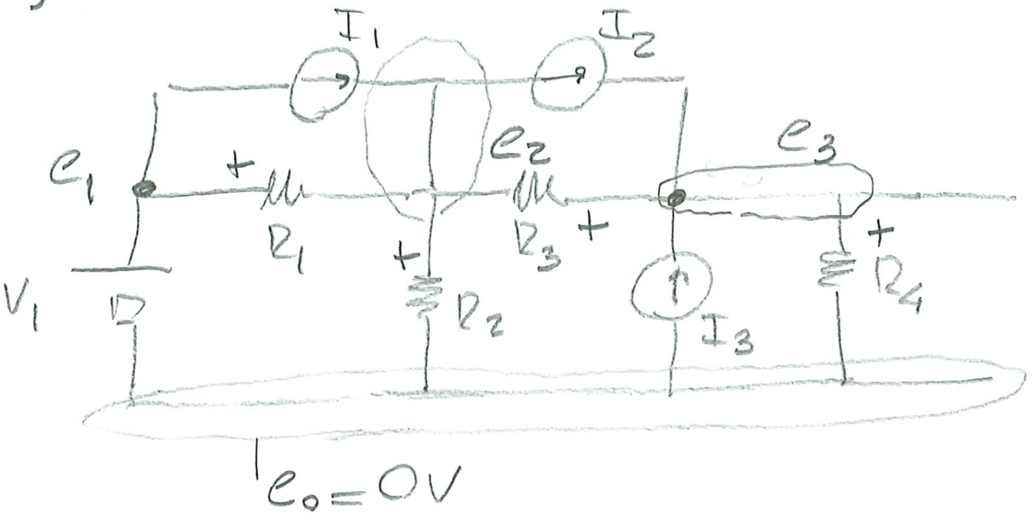
$$\frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5.10}{15} = 3,\overline{3}\ \Omega$$

$$2 + 3,\overline{3} = 5,\overline{3}\ \Omega$$

$$\frac{8 . 5,\overline{3}}{8 + 5,\overline{3}} = \underline{3,2\ \Omega}$$

$$\boxed{R_{th} = 3,2\ \Omega}$$

b) Méthode noeuds:



* $e_0 = 0V$ (référence)

* $e_1 = 24V$

* LKC sur e_2: $$\frac{\overset{24V}{e_1} - e_2}{R_1} + \frac{e_3 - e_2}{R_3} - \frac{e_2}{R_2} + \overset{1,4A}{I_1} - \overset{2A}{I_2} = 0$$

Facteur commun:

$$e_2\left(-\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3}\right) + \frac{e_3}{R_3} + \frac{\overset{24V}{e_1}}{R_1} + \overset{1,4A}{I_1} - \overset{2A}{I_2} = 0$$

$$-e_2\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{2}\right) + \frac{e_3}{2} + \frac{24}{5} + 1,4 - 2 = 0$$

$$-0,8\,e_2 + 0,5\,e_3 = -4,2$$

Eq #1: $0,8e_2 - 0,5e_3 = 4,2$

* LKC sur e_3 :

$$-\frac{e_3 - e_2}{R_3} - \frac{e_3}{R_4} + I_2 + I_3 = 0$$

$$\frac{e_2}{R_3} - e_3\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right) + I_2 + I_3 = 0$$

$$\frac{e_2}{2} - e_3\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8}\right) + 2 + 1 = 0$$

Eq 2: $0{,}5\, e_2 - 0{,}625\, e_3 = -3$

— x —

Donc :

Eq. 1: ① $0{,}8\, e_2 - 0{,}5\, e_3 = 4{,}2$

Eq. 2: ② $0{,}5\, e_2 - 0{,}625\, e_3 = -3$

① $e_2 = \dfrac{4{,}2 + 0{,}5\, e_3}{0{,}8}$

② $0{,}5 \cdot \left(\dfrac{4{,}2 + 0{,}5\, e_3}{0{,}8}\right) - 0{,}625\, e_3 = -3$

$$\frac{0,5}{0,8} \cdot 4,2 + \frac{0,5^2}{0,8} e_3 - 0,625\, e_3 = -3$$

$$e_3 \left(\frac{0,5^2}{0,8} - 0,625 \right) = -3 - \frac{0,5}{0,8} \cdot 4,2$$

$$-0,3125\, e_3 = -5,625$$

$$e_3 = \frac{5,625}{0,3125}$$

$$\boxed{e_3 = 18V}$$

$$\Rightarrow \underline{V_{TH} = e_3 = 18V}$$

— x —

Nota bene : on peut calculer e_2, même si n'est pas nécessaire :

$$e_2 = \frac{4,2 + 0,5 e_3}{0,8} = \frac{4,2 + 0,5 \cdot 18}{0,8} = \underline{16,5V}$$

$$\Rightarrow \boxed{\begin{aligned} e_1 &= 24V \\ e_2 &= 16,5V \\ e_3 &= 18V \end{aligned}}$$