



UNIVERSITÉ DE  
**SHERBROOKE**

## PPPPP02

Qu'est-ce qu'une impédance?

Pascal-Emmanuel Lachance

- ❶ Qu'est-ce qu'une impédance?
- ❷ Pourquoi une impédance?
- ❸ Où une impédance?
- ❹ Quand une impédance?
- ❺ Comment une impédance?
- ❻ Qui une impédance?



# Qu'est-ce qu'une impédance?

## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

- Réactance
- Réactance Capacitive
- Réactance Inductive
- Filtres
- Ligne de transmission

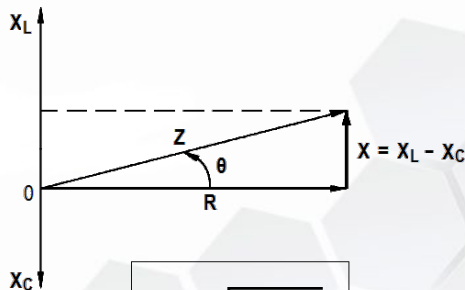
## 2 Pourquoi une impédance?

## 3 Comment une impédance?

La section suivante contient des  
équations mathématiques

- Dénotté  $Z$ , en  $\Omega$
- Résistance électrique à une certaine fréquence
- Composé de:
  - Résistance ( $R$ )
  - Réactance Inductive ( $X_L$ )
  - Réactance Capacitive ( $X_C$ )
- Les réactances s'opposent sur l'axe imaginaire!

$$V = ZI$$



$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

# Qu'est-ce qu'une impédance?

## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

- Réactance
  - Réactance Capacitive
  - Réactance Inductive
- Filtres
- Ligne de transmission

## 2 Pourquoi une impédance?

- Réflections

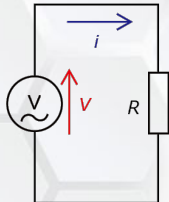
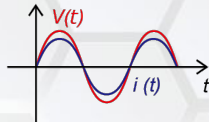
## 3 Comment une impédance?

- Opposition à un courant alternatif
  - Posé par une bobine (Réactance Inductive  $X_L$ )
  - Posé par un condensateur (Réactance Capacitive  $X_C$ )
- Pas de dissipation en chaleur!
- Emmagasine l'énergie et la relâche plus tard
  - Champ magnétique ( $X_L$ )
  - Champ électrique ( $X_C$ )
- Entraîne un changement de phase dans un signal!

# Différence de phase entre réactances

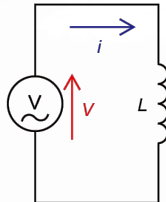
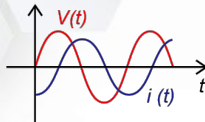


Voltage and current are in phase



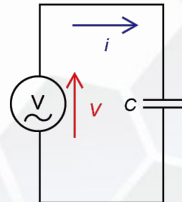
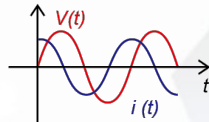
$$i(t) = \frac{V_{\max}}{R} \sin \omega t$$

The current lags behind the voltage by a phase of  $90^\circ$



$$i(t) = \frac{V_{\max}}{\omega L} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

The current leads the voltage by a phase of  $90^\circ$



$$i(t) = \omega C V_{\max} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$



- S'oppose à tout courant
- Mauvais conducteur d'électricité
- Friction / Restriction
- Dissipe l'énergie en chaleur
- *Fonctionne pareillement à toutes fréquences*

$$V = RI$$



# Qu'est-ce qu'une impédance?

## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

- Réactance
- **Réactance Capacitive**
- Réactance Inductive
- Filtres
- Ligne de transmission

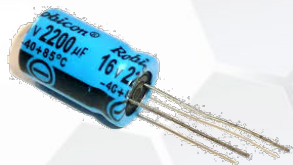
## 2 Pourquoi une impédance?

- Réflections

## 3 Comment une impédance?

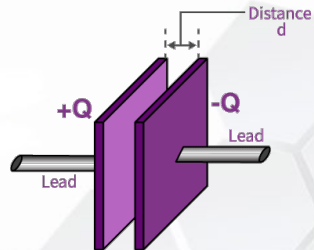
- S'oppose aux changements de tension
- Ne conduit pas en DC
- Emmagazine l'énergie dans les champs électriques
- Charges accumulées sur les plaques du condensateur
- *Conduit plus à des fréquences plus élevées*

$$Q = CV$$



- Deux plaques espacées, avec un matériau entre les plaques
- Des charges s'accumulent entre les plaques
- Différence de potentiel entre les plaques
- Énergie emmagasinée dans les champs électriques

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$



*Parallel Plate Capacitor*

- Quantité de Charge = Capacitance \* Tension
- Dérivée selon le temps
- Ampère = Coulomb / Seconde
- Plus de courant passe au travers du cap quand changements de tension
- Plus un changement est rapide ( $\frac{dV}{dt}$ ), plus de courant passe

$$Q = CV$$

$$\frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt}$$

$$I = C \frac{dV}{dt}$$

$$\text{Posons } V = \sin(2\pi t) = e^{j2\pi ft} = e^{j\omega t}$$

$$I = C \cdot \frac{de^{j\omega t}}{dt}$$

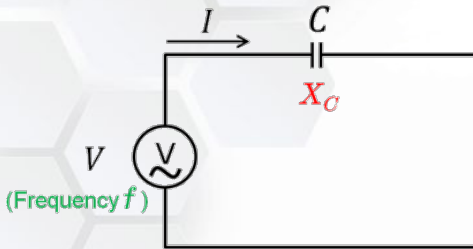
$$I = Cj\omega \cdot e^{j\omega t}$$

$$I = Cj\omega \cdot V$$

$$\frac{V}{I} = \frac{1}{Cj\omega}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

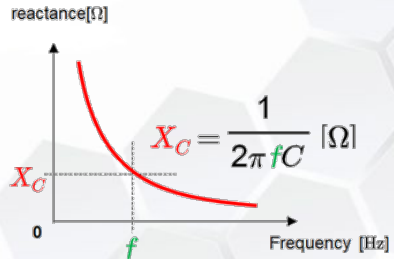
Capacitive reactance :  $X_C$



$C$  [F] : Capacitance

$V$  [V] : Alternating Voltage

$I$  [A] : Alternating Current



$$X_C \propto 1/f$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{V}{I}$$

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$I = V \cdot \omega C = V \cdot 2\pi fC$$



$$I = V \cdot 2\pi fC$$

# Qu'est-ce qu'une impédance?

## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

- Réactance
- Réactance Capacitive
- **Réactance Inductive**
- Filtres
- Ligne de transmission

## 2 Pourquoi une impédance?

- Réflexions

## 3 Comment une impédance?

- S'oppose aux changements de courant
- Conduit en DC
- Emmagasine l'énergie dans les champs magnétique
- *Conduit plus à des basses fréquences*

$$L = \frac{V \cdot dt}{I}$$

- Bobine de fil enroulé autour d'un matériau
- Flux magnétique généré par un  $\frac{dI}{dt}$  dans le fil
- Flux magnétique fait circuler du courant dans les conducteurs autour
  - *Self-induction*
- Énergie emmagasinée dans les champs magnétiques

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 A}{l}$$

- Inductance = Tension / taux de change du courant
- Déjà dérivée selon le temps
- Plus de tension aux bornes de l'inductance quand changement de courant
- Plus un changement est rapide ( $\frac{dl}{dt}$ ), plus la tension monte.

$$L = \frac{V \cdot s}{I}$$

$$V = L \frac{dl}{dt}$$

Posons  $I = \sin(2\pi t) = e^{j2\pi ft} = e^{j\omega t}$

$$V = L \cdot \frac{de^{j\omega t}}{dt}$$

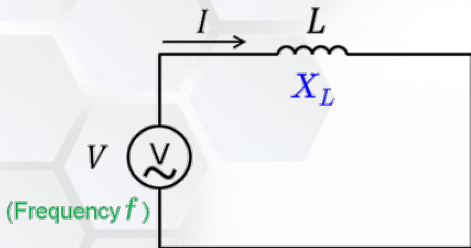
$$V = Lj\omega \cdot e^{j\omega t}$$

$$V = Lj\omega \cdot I$$

$$\frac{V}{I} = Lj\omega$$

$$X_L = 2\pi fL$$

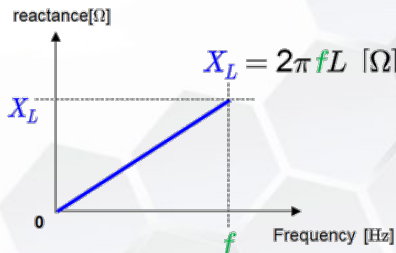
Inductive reactance :  $X_L$



$L$  [H] : Inductance

$V$  [V] : Alternating Voltage

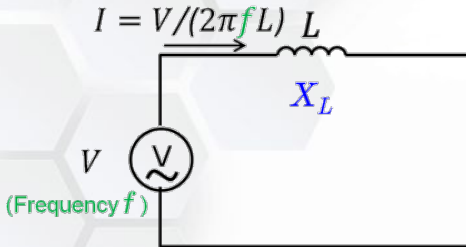
$I$  [A] : Alternating Current



$$X_L \propto f$$

$$V = I \cdot 2\pi fL$$

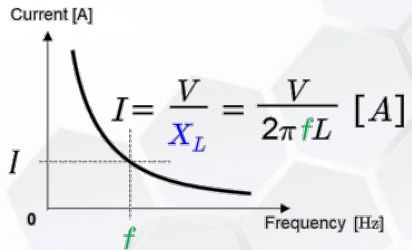
Inductive circuit current



$L$  [H]: Inductance

$V$  [V]: Alternating Voltage

$I$  [A]: Alternating Current



$$I \propto 1/f$$



# Qu'est-ce qu'une impédance?

## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

- Réactance
- Réactance Capacitive
- Réactance Inductive
- **Filtres**
- Ligne de transmission

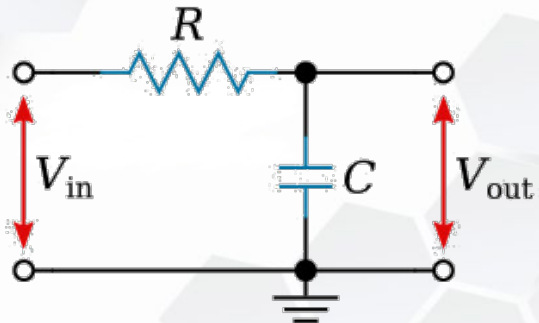
## 2 Pourquoi une impédance?

- Réflexions

## 3 Comment une impédance?

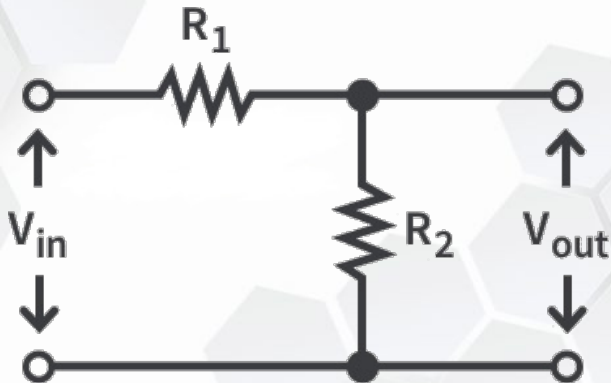
$$-3\text{dB} = \frac{1}{2} \text{ puissance}$$

$$R = \frac{1}{2\pi fC}$$



$$R = \frac{1}{2\pi fC}$$

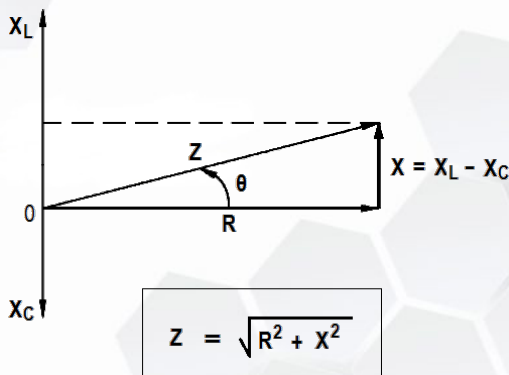
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$



- Amplitude défini la "résistance" réelle du circuit
- Phase défini le décalage du courant par rapport à la tension
- Power Factor

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_L = 2\pi fL$$



# Qu'est-ce qu'une impédance?

## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

- Réactance
- Réactance Capacitive
- Réactance Inductive
- Filtres
- Ligne de transmission

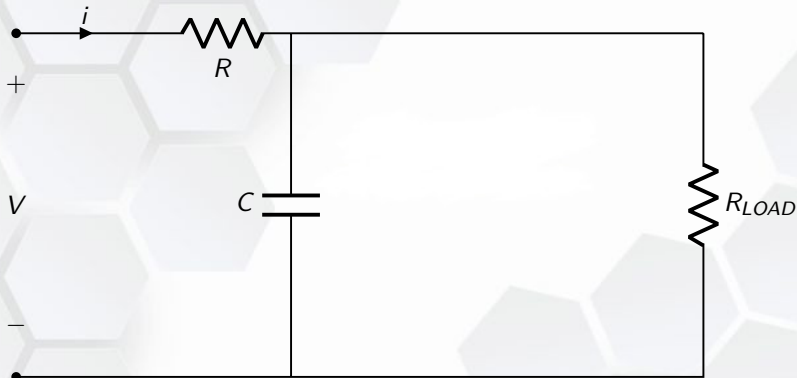
## 2 Pourquoi une impédance?

- Réflexions

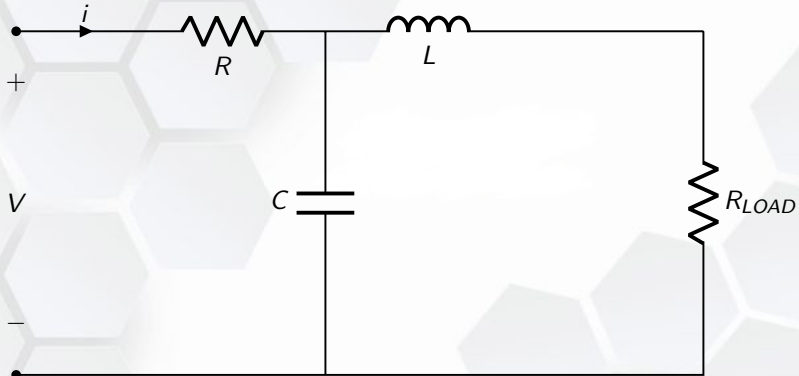
## 3 Comment une impédance?

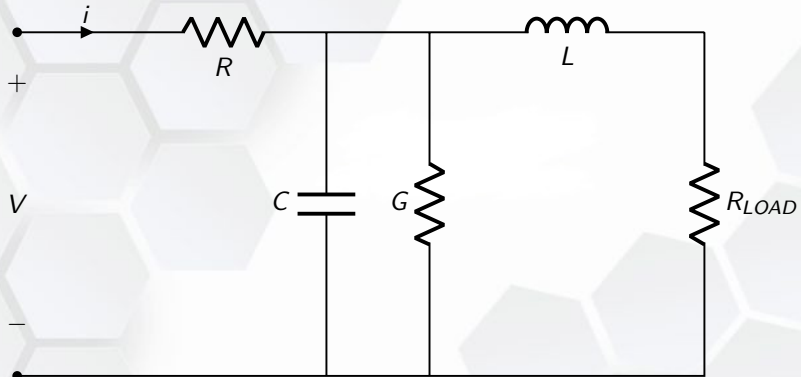


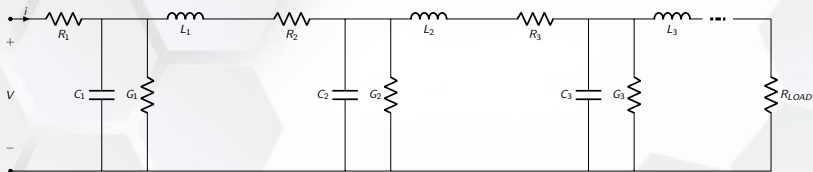




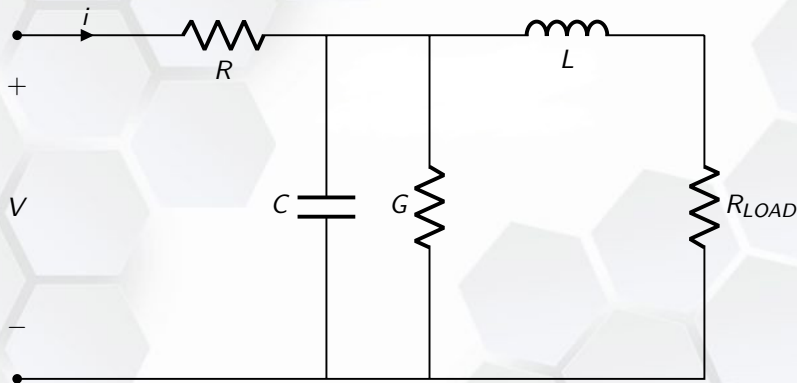








$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

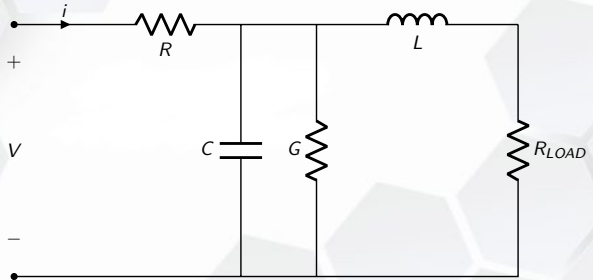


$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

$$G \rightarrow 0$$
$$R \ll \omega L$$

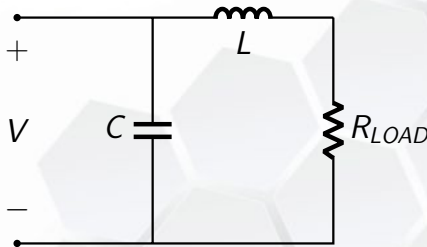
$$Z_0 = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$



$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

- Ne dépend pas de la fréquence
- Tout circuit a un  $Z_0$
- Ratio tension/courant se déplaçant



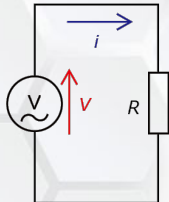
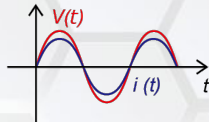
# Pourquoi une impédance?

- 1 Qu'est-ce qu'une impédance?
- 2 Pourquoi une impédance?
  - Réflexions
- 3 Comment une impédance?

# Différence de phase entre réactances

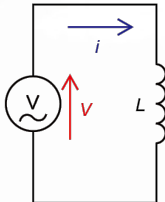
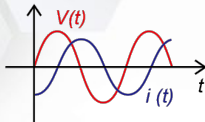


Voltage and current are in phase



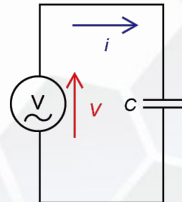
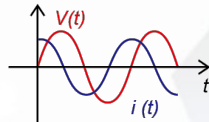
$$i(t) = \frac{V_{\max}}{R} \sin \omega t$$

The current lags behind the voltage by a phase of  $90^\circ$



$$i(t) = \frac{V_{\max}}{\omega L} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

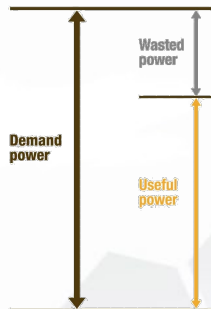
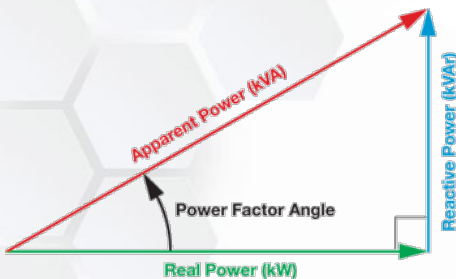
The current leads the voltage by a phase of  $90^\circ$



$$i(t) = \omega C V_{\max} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$



- Ratio du *vrai* power ( $kW$ ) au power *apparent* ( $kVA$ ).
- Avec impédance imaginaire vient puissance imaginaire
- Seule la puissance réelle est utile



# Pourquoi une impédance?

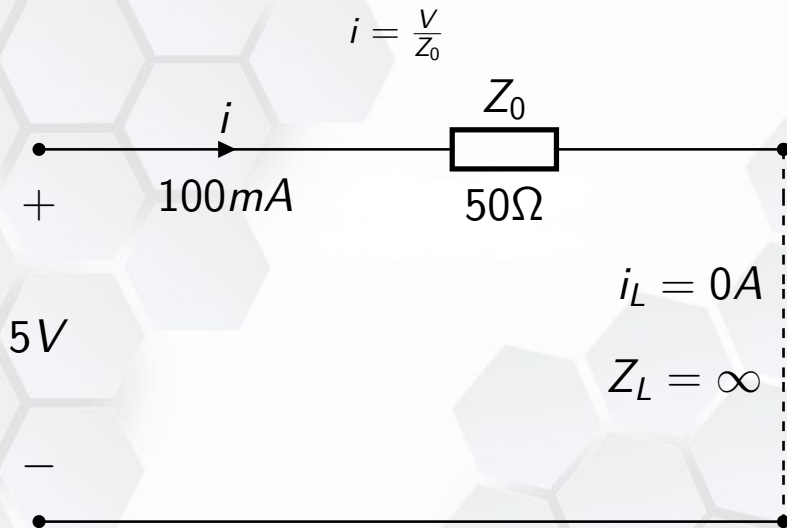
## 1 Qu'est-ce qu'une impédance?

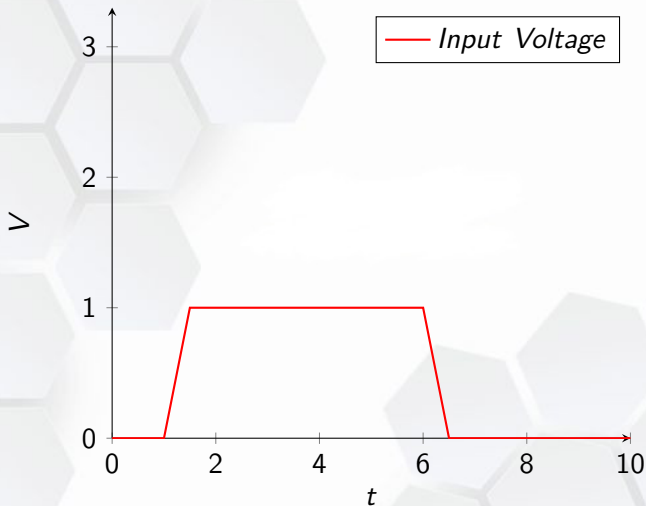
- Réactance
- Réactance Capacitive
- Réactance Inductive
- Filtres
- Ligne de transmission

## 2 Pourquoi une impédance?

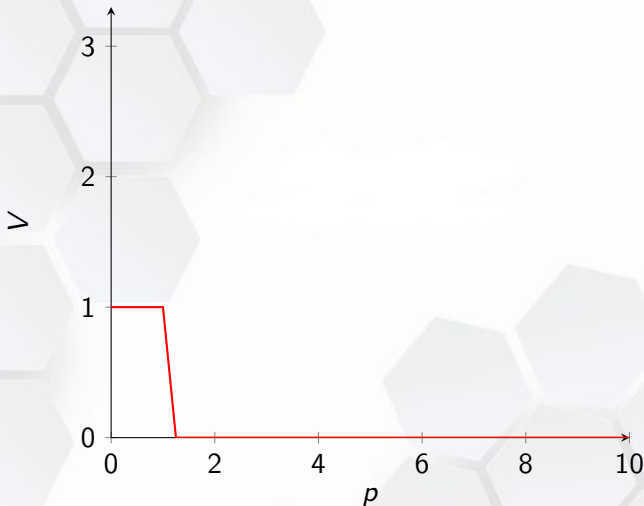
- Réflexions

## 3 Comment une impédance?

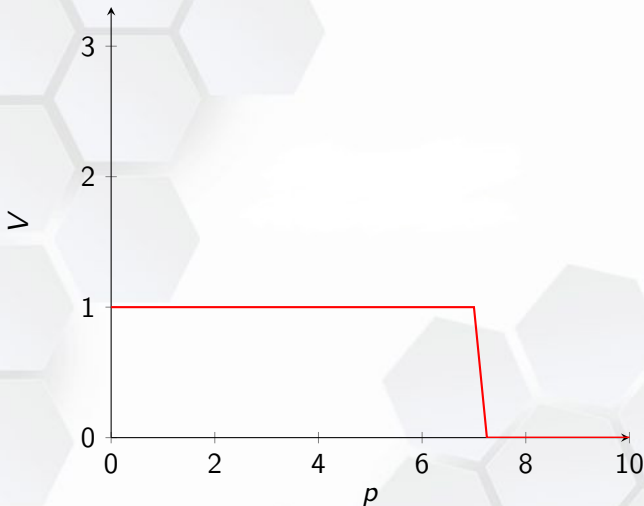




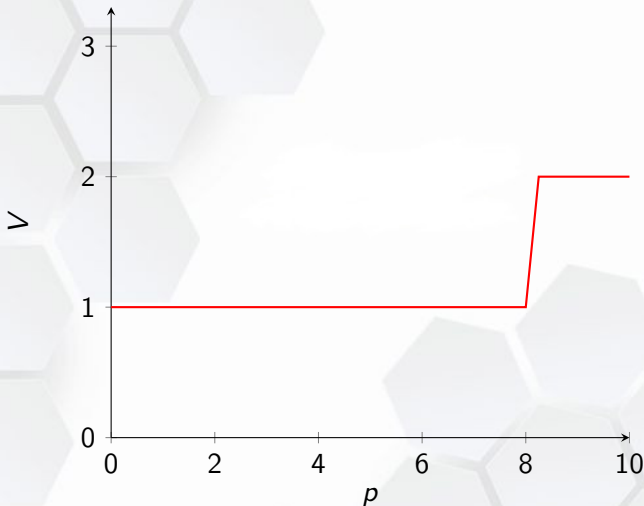
$t = 2$



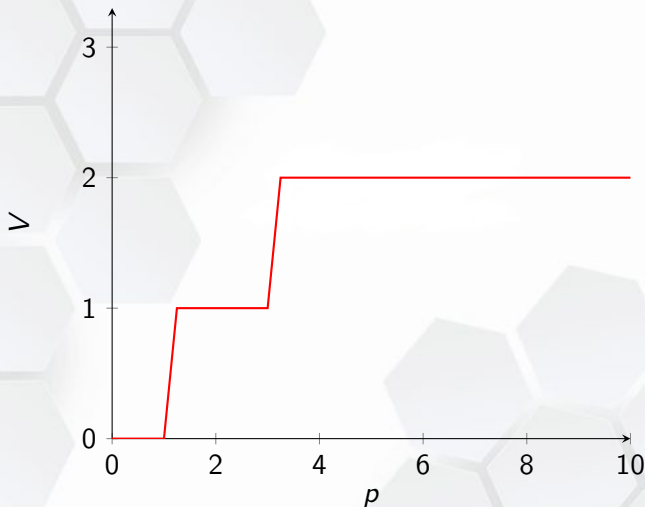
$t = 3$



$t = 4$

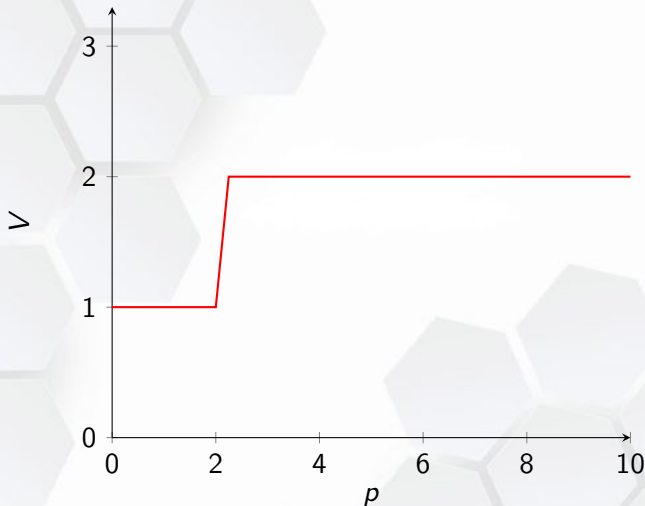


$t = 7$

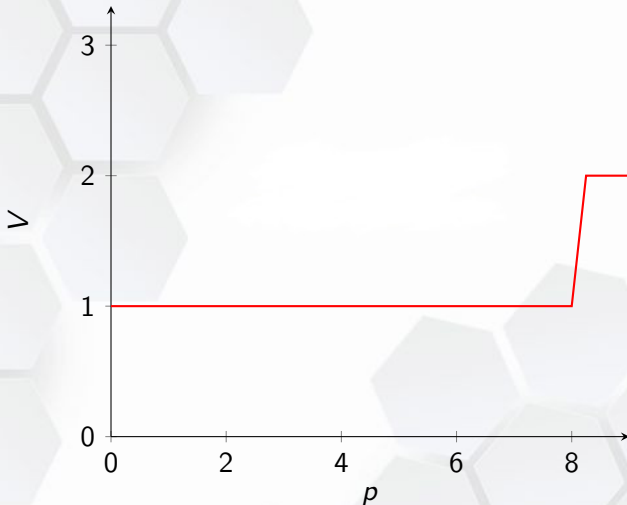




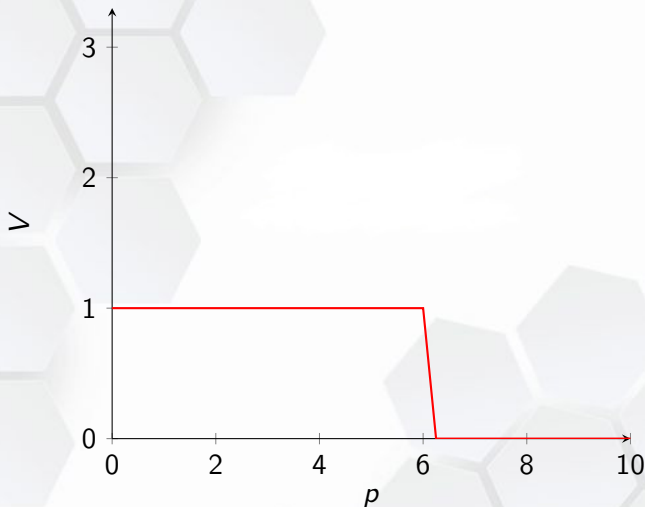
$t = 8$



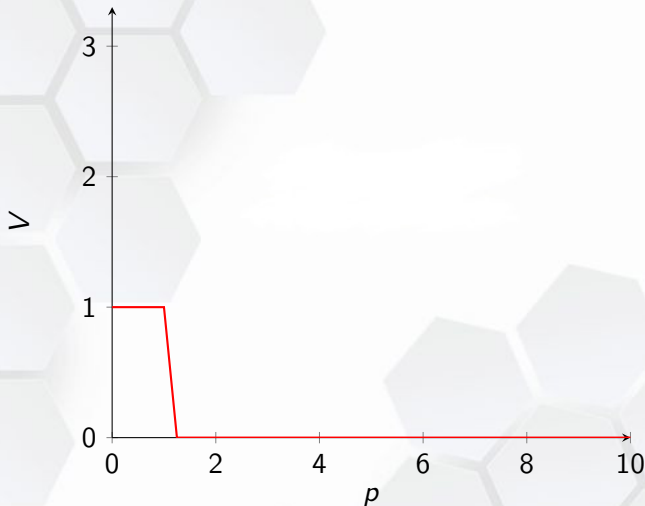
$t = 10$



$t = 10$



$t = 11$



# Comment une impédance?

- 1 Qu'est-ce qu'une impédance?
- 2 Pourquoi une impédance?
- 3 Comment une impédance?**



Merci!