



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

PPPPP02

Comment concevoir un
Power Delivery Network?

Pascal-Emmanuel Lachance

Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- Protection de court-circuit
- Protection de inrush current
- Undervoltage Lockout
- Protection complète
- 120V

2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

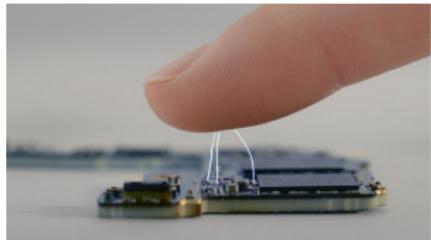
- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- Protection de court-circuit
- Protection de inrush current
- Undervoltage Lockout
- Protection complète
- 120V

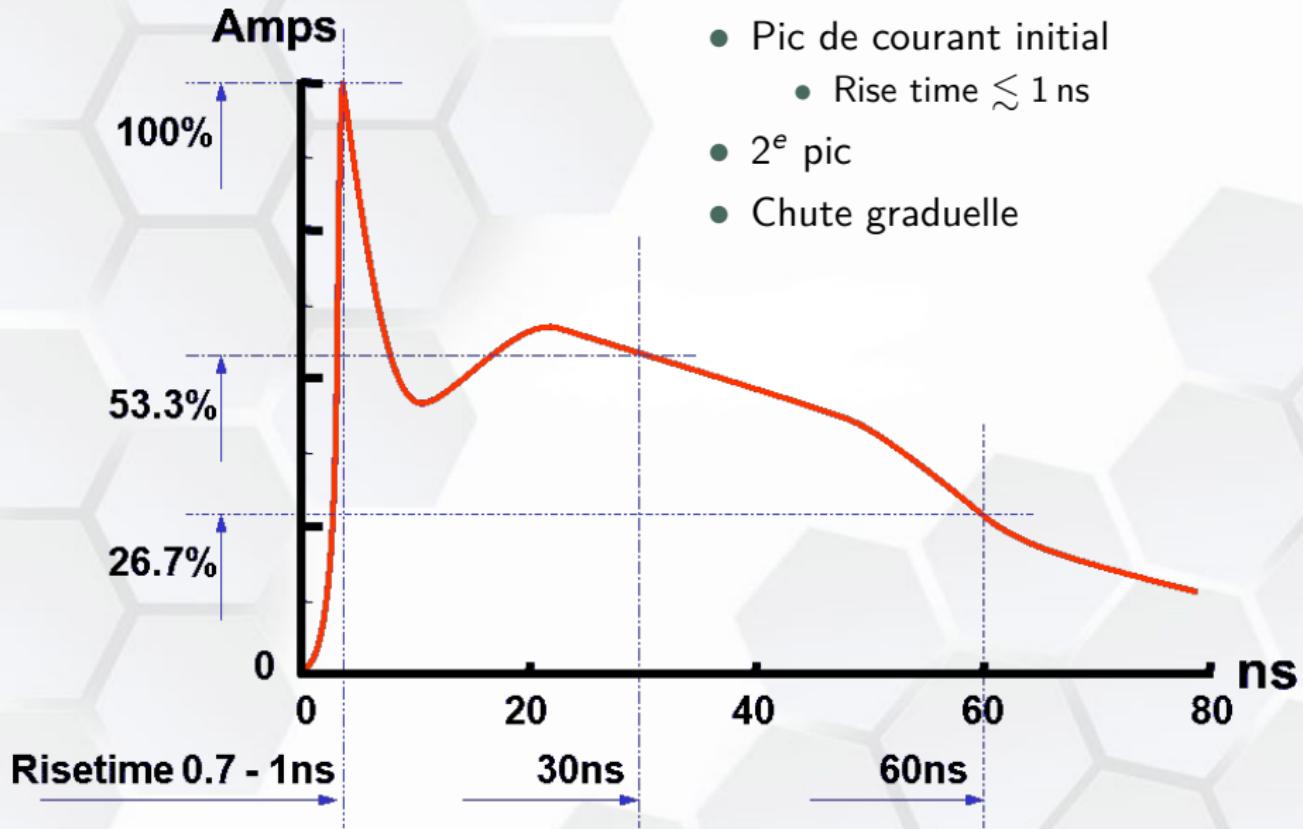
2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

- Norme IEC-61000-4-2
 - Types de décharges
 - Méthodologies de tests & certification
 - 4 catégories de produits
 - Jusqu'à $\pm 8 \text{ kV}$ / $\pm 15 \text{ kV}$
- Deux types de chocs statiques
 - **Contact Discharge** - Toucher directement chaque pin avec un ESD gun
 - **Air Discharge** - ESD gun proche du DUT jusqu'à décharge





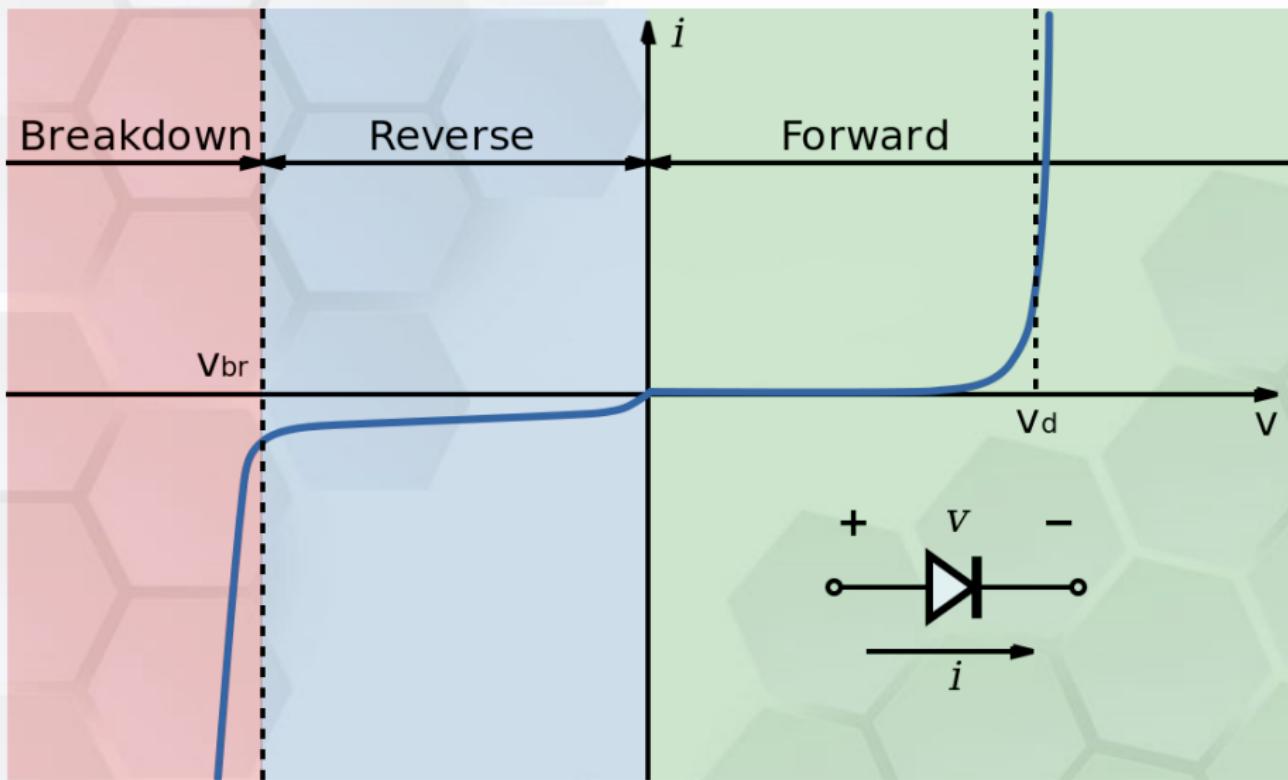
Circuit protégé antistatiquement - Zener



 $i_{\text{ESD}}(t) \rightarrow 8 \text{ kV}$

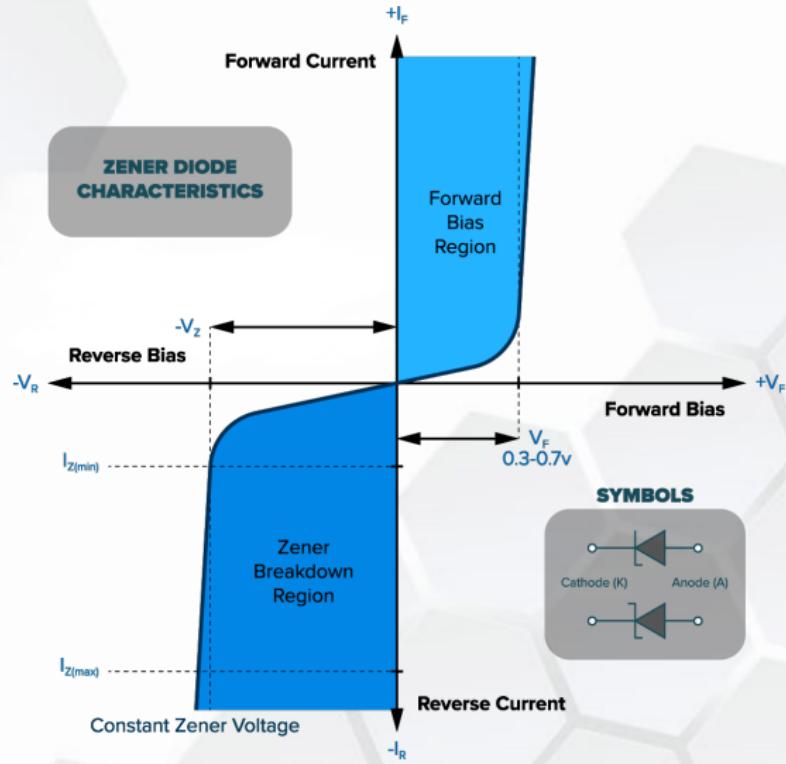


Diode Normale - IV Curve



- Faite pour être mise à l'envers!

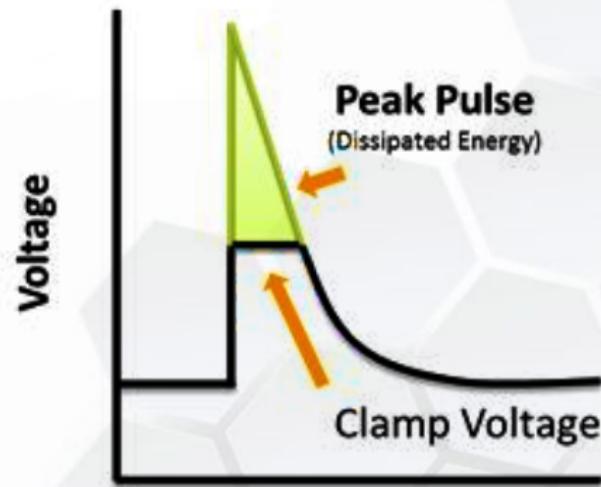
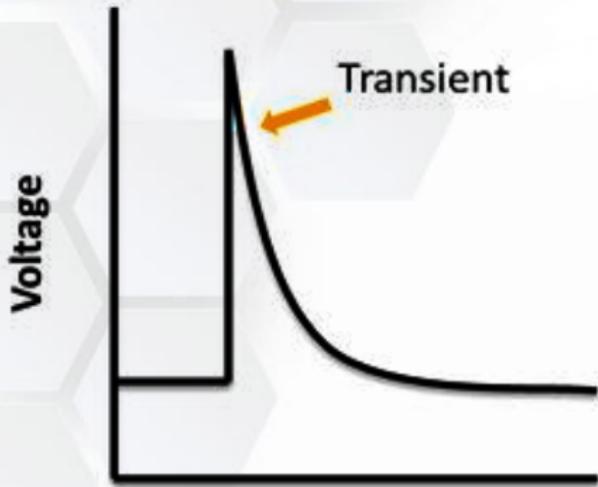
- V_Z contrôlé
- Beaucoup de courant en avalanche
- N'endommage pas la diode
- Utilisé dans des références de tension
- Utilisé comme protection antistatique



 $i_{\text{ESD}}(t) \rightarrow 8 \text{ kV}$



- Clamp le pulse à V_Z
- Protège les dispositifs par apprès
- Pas l'option la plus rapide
- Ne protège pas contre un pulse négatif



Circuit protégé antistatiquement - TVS

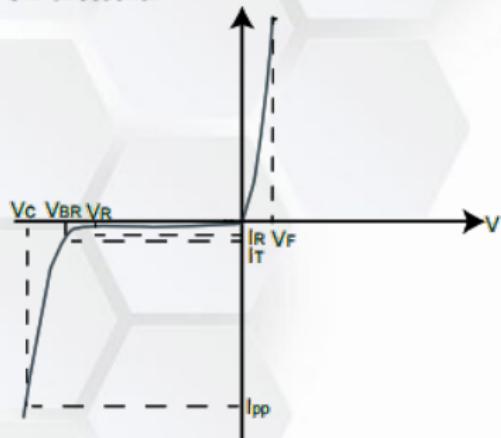


 $i_{\text{ESD}}(t) \rightarrow \pm 8 \text{ kV}$



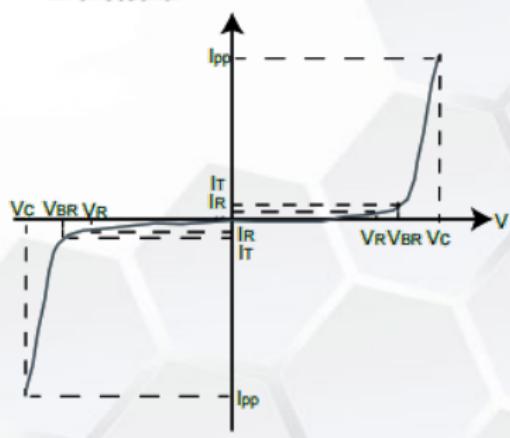
- Faite pour protection antistatique!
- Bidirectionnel!!

Uni-directional



- Deux diodes Zener qui se font face
- iv curve symétrique

Bi-directional



 $i_{\text{ESD}}(t) \rightarrow \pm 8 \text{ kV}$



Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

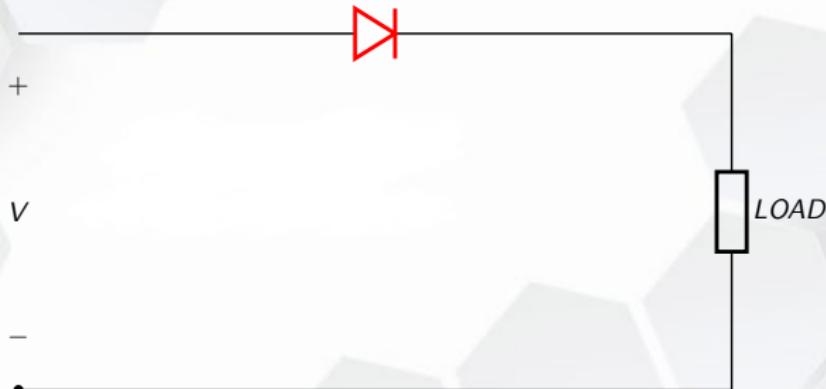
- Protection antistatique
- **Protection de tension inverse**
- Protection de court-circuit
- Protection de inrush current
- Undervoltage Lockout
- Protection complète
- 120V

2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

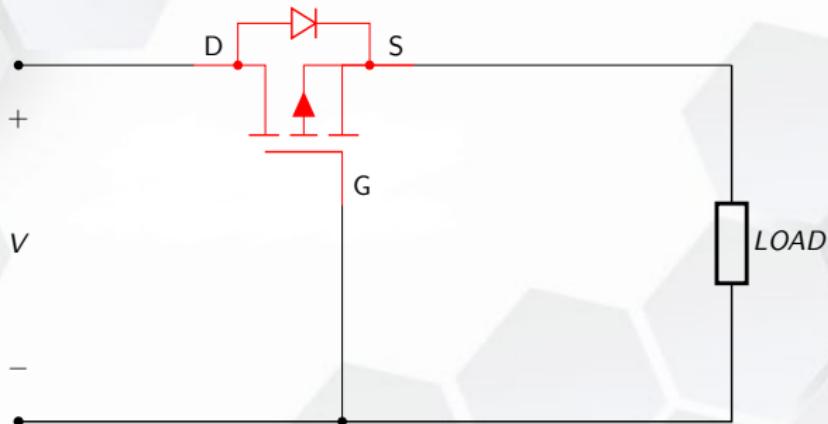
- Ne conduit que dans un sens
- Drop de tension V_f
- $P = I \cdot V_f$



- Ne conduit que dans un sens
- Drop de tension V_f plus petite
- $P = I \cdot V_f$
- Plus cher pour même rating de courant



- Ne conduit que dans un sens
- Drop de tension vraiment plus petite ($R_{ds_{on}} \cdot I$)
- Tension maximale supportée



Transistor MOSFET P-Channel (PMOS)



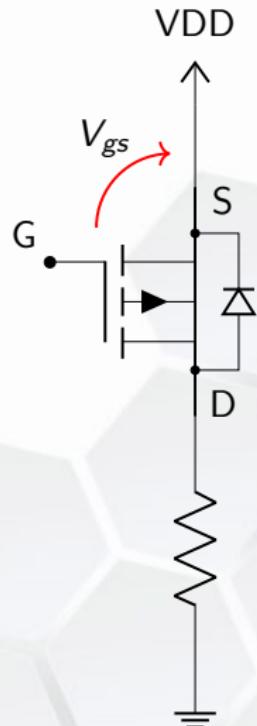
V_{gs} négatif!

$$V_{gs} < -V_t$$

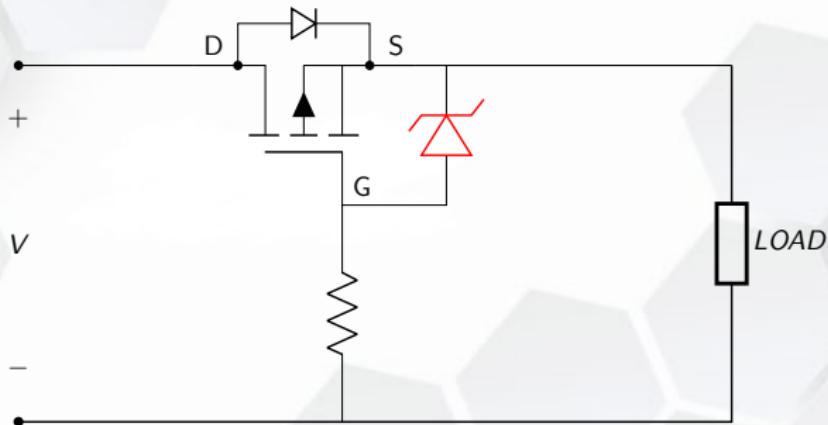
Faire attention au V_{gsmax}

- $V_G = 0 \text{ V}$
- $V_{gs} = -VDD$
- $-VDD < -V_t$
- Conduit!

- $V_G = VDD$
- $V_{gs} = 0 \text{ V}$
- $0 \text{ V} > -V_t$
- Ne conduit pas



- Ne conduit que dans un sens
- Drop de tension vraiment plus petite ($R_{ds_{on}} \cdot I$)
- Supporte toutes les tensions!



Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

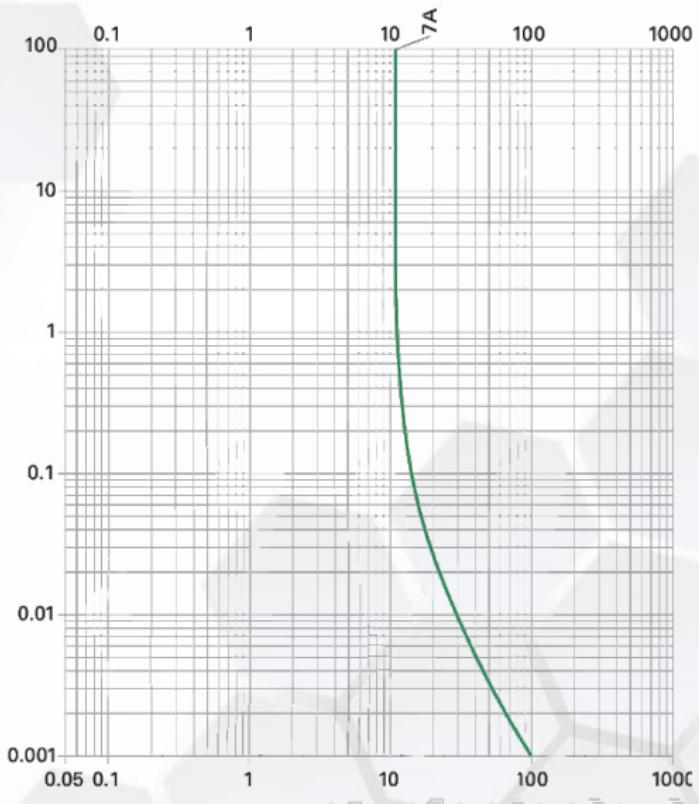
- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- **Protection de court-circuit**
- Protection de inrush current
- Undervoltage Lockout
- Protection complète
- 120V

2 Quels sont les types de régulateurs?

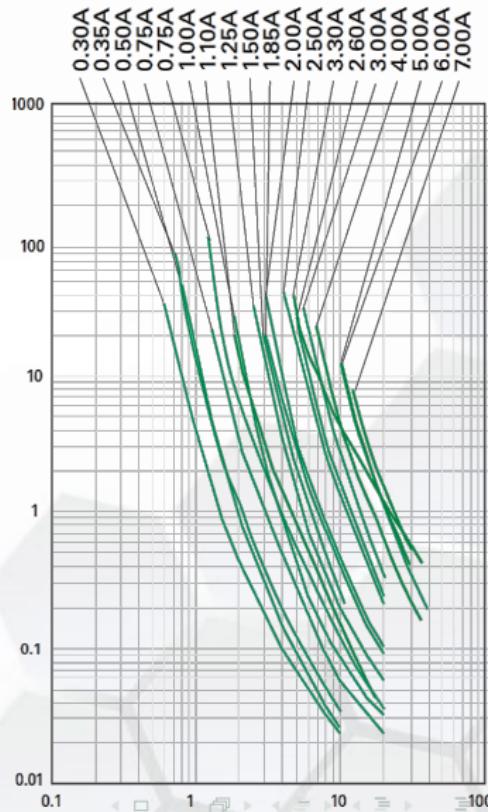
3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

- Chauffage d'un filament central
- Coupe un circuit lorsque trop de courant passe
- Usage unique
- Lent à agir



- *Positive Temperature Coefficient*
- Augmente sa résistance alors qu'il chauffe
- Utilisé comme thermistor
- Usage multiple
- Lent à agir
- Prend du temps à se self-reset



Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- Protection de court-circuit
- **Protection de inrush current**
- Undervoltage Lockout
- Protection complète
- 120V

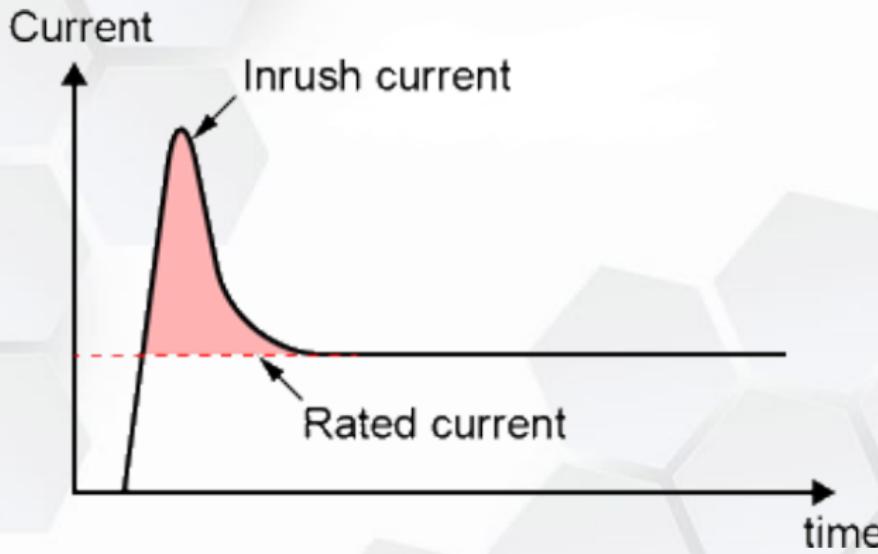
2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

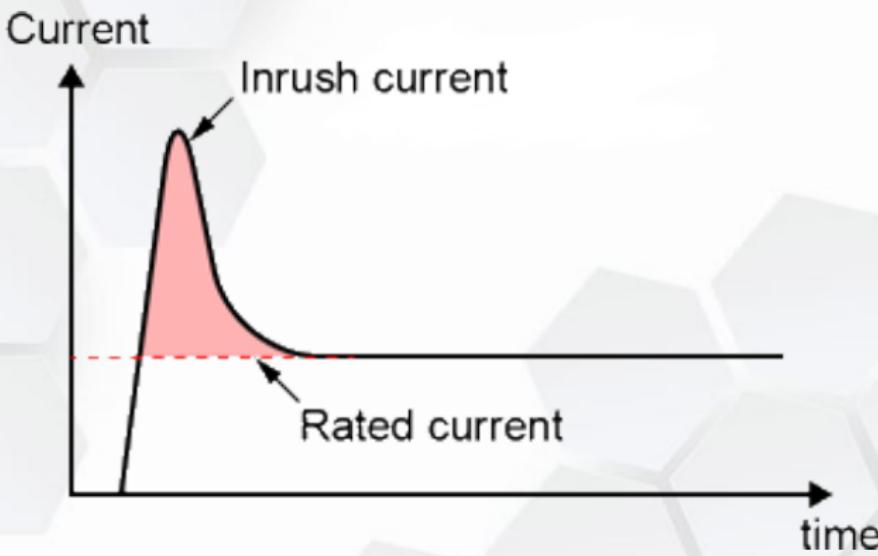
Inrush Current

- Tous les condensateurs d'un circuit sont des court-circuits
- Courant qui dépasse les spécifications pour charger les condensateurs



Inrush Current

- Tous les condensateurs d'un circuit sont des court-circuits
- Courant qui dépasse les spécifications pour charger les condensateurs
- Spécification USB 2.0: $10 \mu\text{F}$



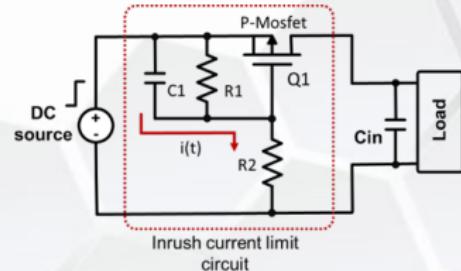
Comment limiter la surge initiale?

- NTP
 - *Negative Temperature Coefficient*
 - Conduit de plus en plus alors qu'il chauffe!



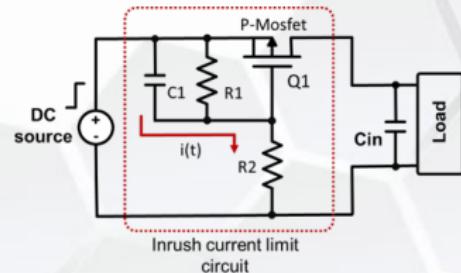
Comment limiter la surge initiale?

- NTP
 - *Negative Temperature Coefficient*
 - Conduit de plus en plus alors qu'il chauffe!
- Circuit de MOSFET
 - Charge d'un condensateur à la gate
 - Laisse passer de plus en plus de courant

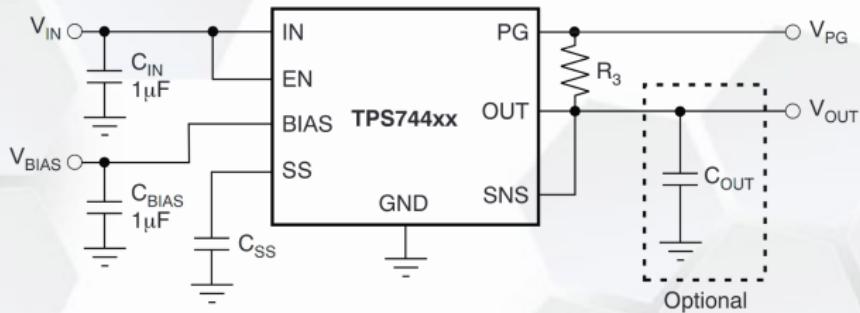
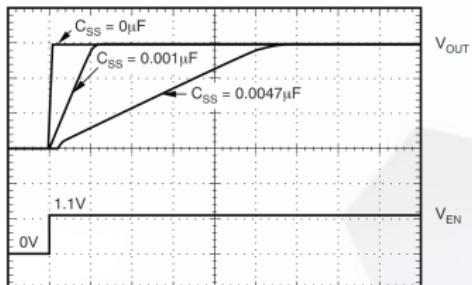


Comment limiter la surge initiale?

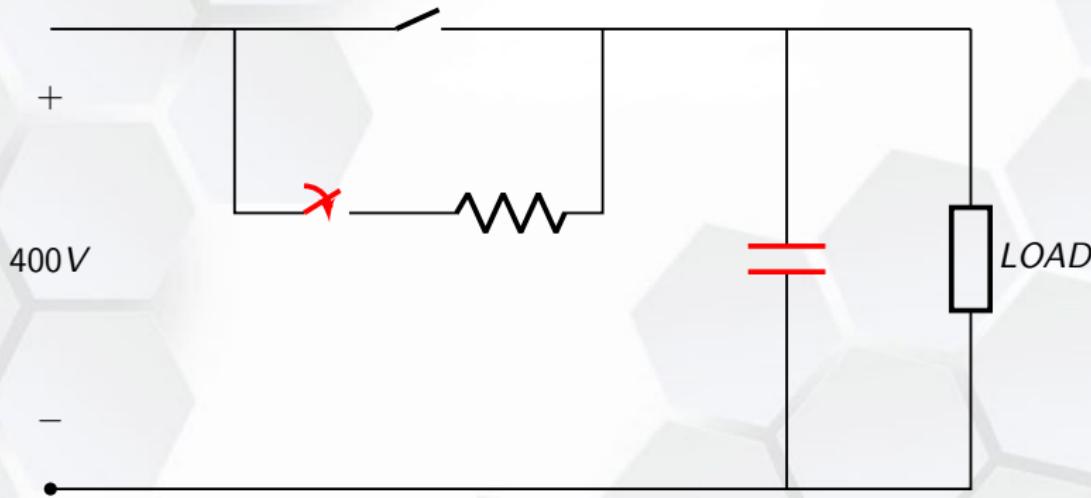
- NTP
 - *Negative Temperature Coefficient*
 - Conduit de plus en plus alors qu'il chauffe!
- Circuit de MOSFET
 - Charge d'un condensateur à la gate
 - Laisse passer de plus en plus de courant
- *Soft-Start*
- *Pre-Charge*



- Fonctionnalité de certains régulateurs de tension
- Pente de la tension de sortie
- Ajustée avec un condensateur C_{SS}



- Pour les systèmes haut-voltage
- Contacteur avec une limite de courant
- Permet de charger les condensateurs
- Activation du contacteur principal après



Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

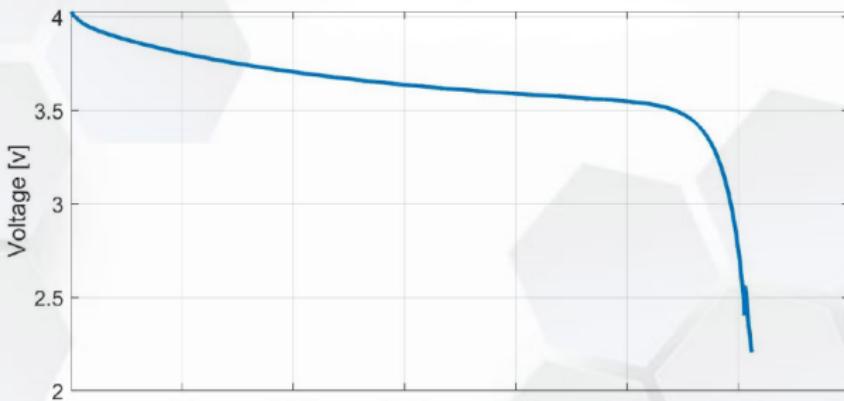
- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- Protection de court-circuit
- Protection de inrush current
- **Undervoltage Lockout**
- Protection complète
- 120V

2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

-  Couper l'alimentation si entrée trop faible
-  Protection de batterie
-  Efficacité
-  Garantie de fonctionnement
-  Du OVP (*Overvoltage Protection*) ça existe aussi



Undervoltage Lockout (UVLO) - Enable

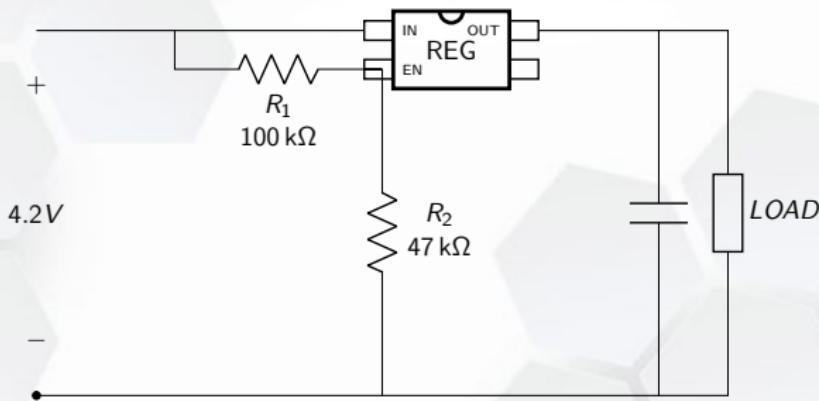


- Batterie $V_{max} = 4.2\text{ V}$
- Batterie $V_{min} = 3.7\text{ V}$
- Tension EN $V_{ref} = 1.2\text{ V}$

Poser $R_2 = 47\text{ k}\Omega$

$$V_{ref} = V_{min} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = 100\text{ k}\Omega$$



Comment protéger une alimentation?

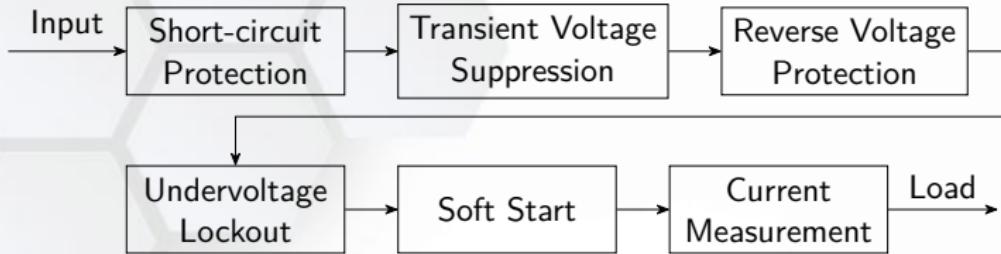
1 Comment protéger une alimentation?

- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- Protection de court-circuit
- Protection de inrush current
- Undervoltage Lockout
- **Protection complète**
- 120V

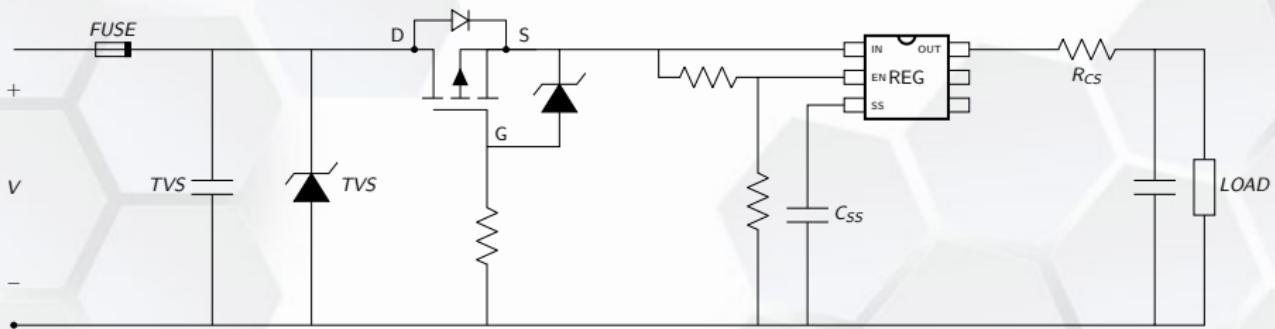
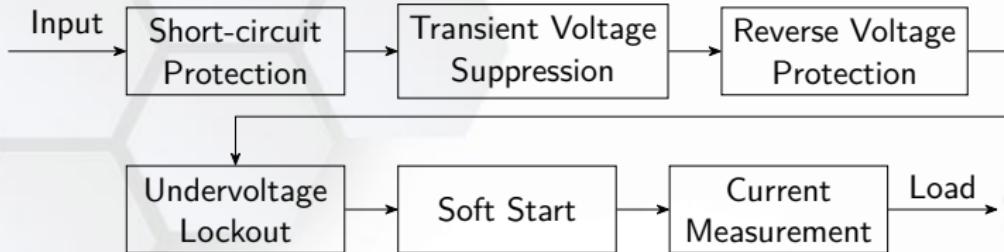
2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?



Protection complète - Circuit électrique



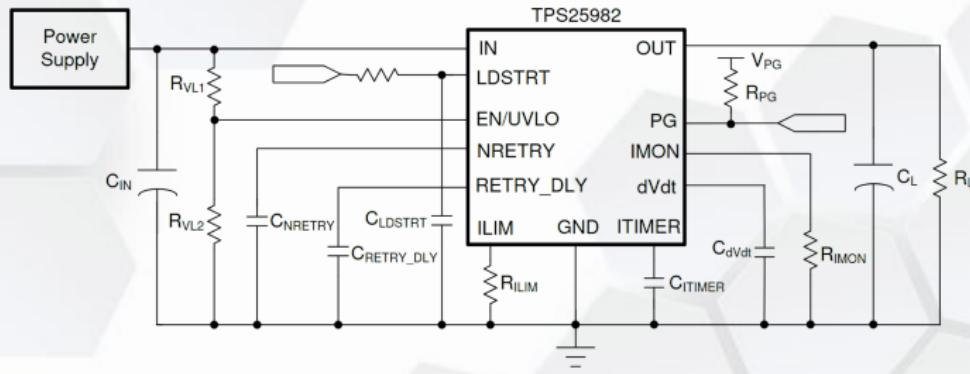
Catégorie de device:

- *eFuse*
- *Load Switch*
- *Ideal Diode*

Une seule chip qui:

Catégorie de device:

- eFuse
- Load Switch
- Ideal Diode
- RVP
- TVS
- Short-Circuit
- Current Limit
- Current Monitoring
- Soft-Start
- UVLO / OVP
- Très faibles pertes
- Température



Comment protéger une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

- Protection antistatique
- Protection de tension inverse
- Protection de court-circuit
- Protection de inrush current
- Undervoltage Lockout
- Protection complète
- 120V

2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

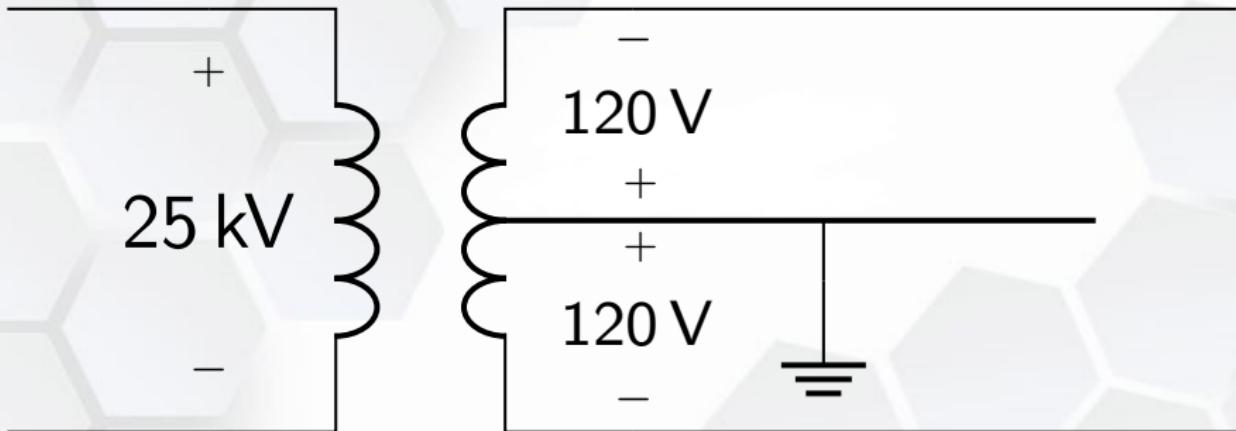
4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

- Vivant (*Live*)
- Neutre (*Neutral*)
- Masse (*Ground*)

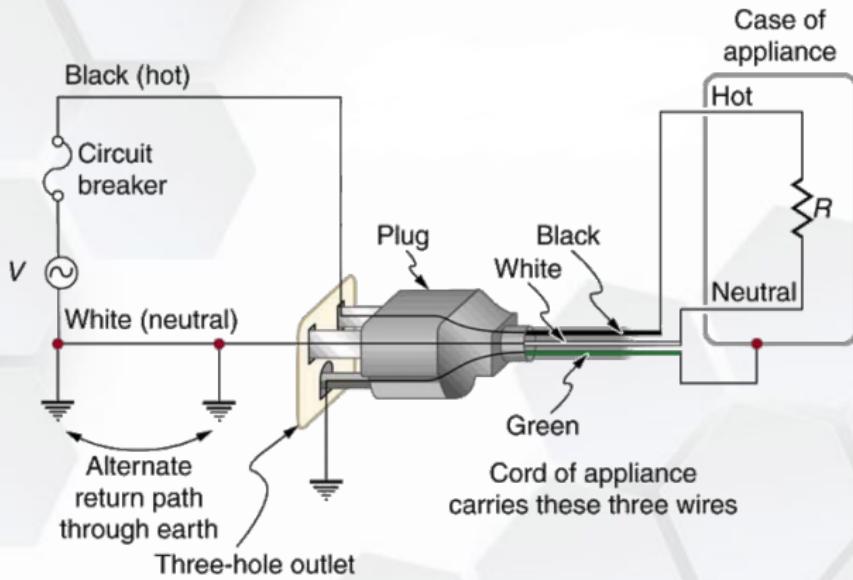


- Vivant (*Live*)
 - Neutre (*Neutral*)
 - Masse (*Ground*)
-
- Pas le même GND que dans ton circuit
 - GND du circuit provient du Neutre!
 - **NE PAS CONNECTER ENSEMBLE**

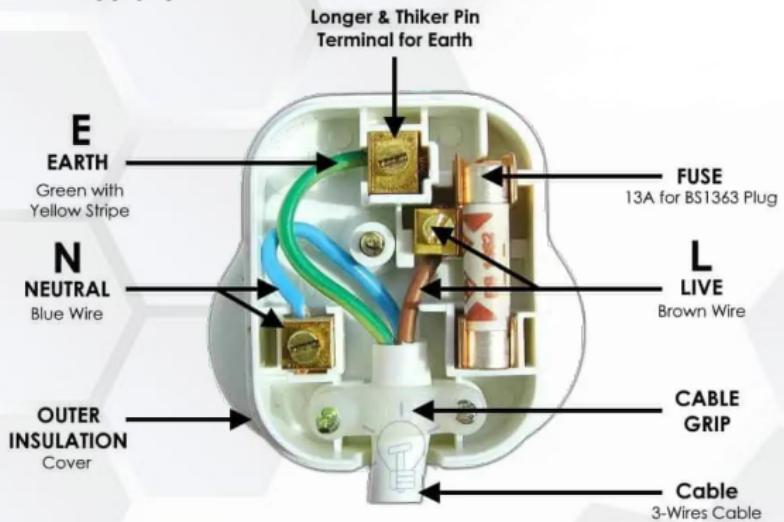




- Grounder les châssis des appareils
- Permet d'éviter d'avoir un châssis connecté au Live
- Retourne se connecter au panneau électrique
- Wiré séparément au Neutre

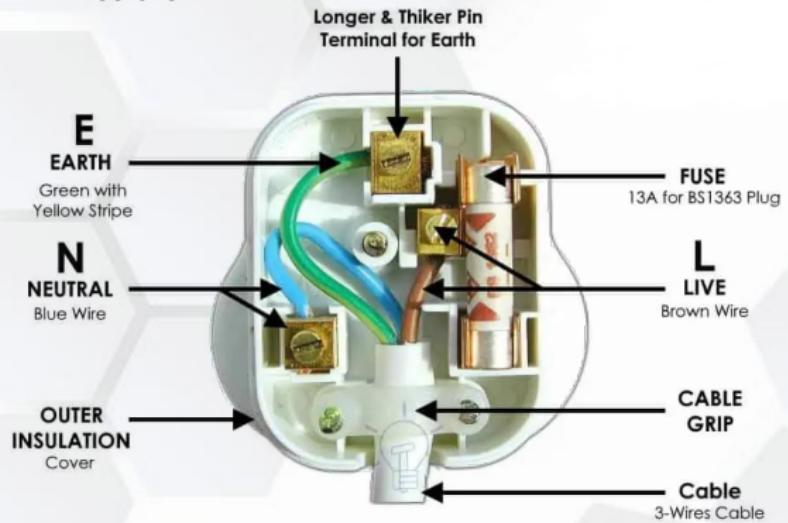


- Garder le fil de GND plus long que les autres
- Mettre le LIVE plus court que les autres
- Toujours mettre du strain relief sur un câble



- Garder le fil de GND plus long que les autres
- Mettre le LIVE plus court que les autres
- Toujours mettre du strain relief sur un câble

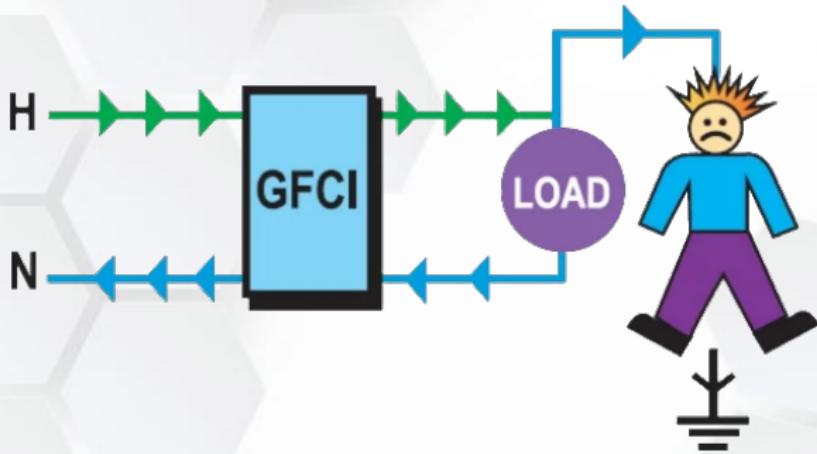
- Grounder toutes les parties d'un boîtier
- Busbar de GND



Ground Fault Circuit Interrupter



- Mesure le courant qui passe par Live & Neutral
- Coupe dès que $V_{in} \neq V_{out}$



Quels sont les types de régulateurs?

1 Comment protéger une alimentation?

2 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

	Critère	Régulateur Linéaire	Régulateur Switching
\$	Coût	Faible ✓	Moyen à Élevé ✗
🧩	Complexité	Faible ✓	Moyen à Élevé ✗
%	Efficacité	Faible ✗	Très Efficace ✓
⠇	Bruit	Faible ✓	Moyen à Élevé ✗
⚡	V_{out}	$V_{out} < V_{in}$ ✗	$V_{out} \subseteq \mathbb{R}$ ✓
⚡	Courant	Faible à Moyen ✗	Moyen à Élevé ✓
🌡	Température	Élevée ✗	Faible à Moyenne ✓

Quels sont les types de régulateurs?

1 Comment protéger une alimentation?

2 Quels sont les types de régulateurs?

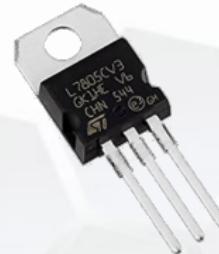
- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

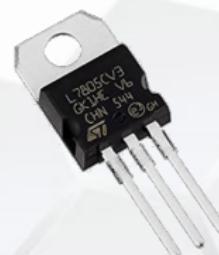
- Régulateur très simple
 - IC
 - Pièces autours

Régulateur Linéaire	
\$	Faible ✓
叟	Faible ✓



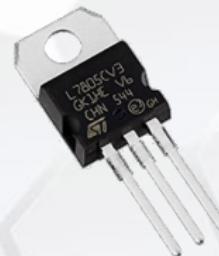
- Régulateur très simple
 - IC
 - Pièces autours
- Output très stable
 - PSRR

☰	Régulateur Linéaire
\$	Faible ✓
✚	Faible ✓
⚡	Faible ✓



- Régulateur très simple
 - IC
 - Pièces autours
- Output très stable
 - PSRR
- $V_{in} > V_{out} > 0.5 \text{ V}$

≡	Régulateur Linéaire
\$	Faible ✓
igsaw	Faible ✓
wavy line	Faible ✓
✗	$V_{out} < V_{in}$ ✗



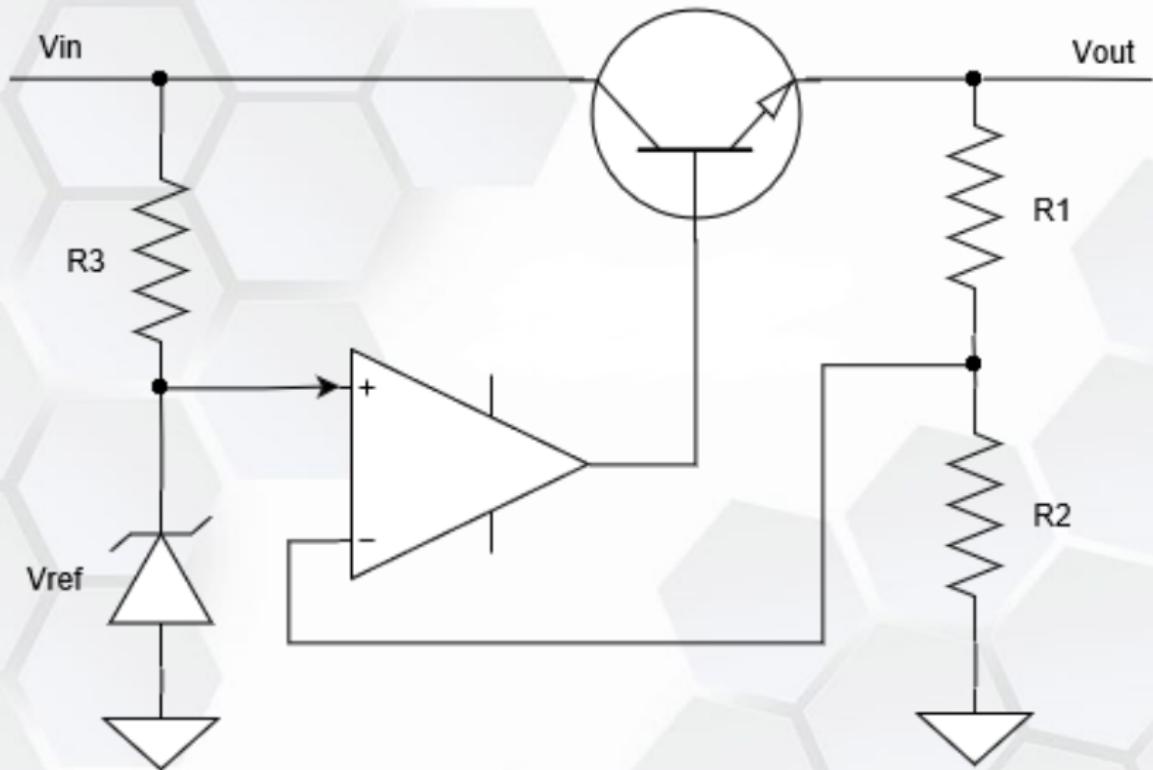
- Régulateur très simple
 - IC
 - Pièces autours
- Output très stable
 - PSRR
- $V_{in} > V_{out} > 0.5 \text{ V}$
- Très peu efficace
 - $I_{in} = I_{out}$
 - $eff = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$

Régulateur Linéaire	
\$	Faible ✓
榫	Faible ✓
〽	Faible ✓
☒	$V_{out} < V_{in}$ ✗
%	Faible ✗

- Régulateur très simple
 - IC
 - Pièces autours
- Output très stable
 - PSRR
- $V_{in} > V_{out} > 0.5 \text{ V}$
- Très peu efficace
 - $I_{in} = I_{out}$
 - $eff = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$
- Power dissipée en chaleur!
- Limite le courant

	Régulateur Linéaire
\$	Faible ✓
榫	Faible ✓
⟳	Faible ✓
☒	$V_{out} < V_{in}$ ✗
%	Faible ✗
🌡	Élevée ✗
⚡	Faible à Moyen ✗

Régulateur Linéaire - Fonctionnement



Power Supply Ripple Reduction



$$PSRR = \frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_{out}}$$

$$PSRR = \frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_{out}}$$

$$PSRR(dB) = -20 \log \left(\frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_{out}} \right)$$

- Réduction du bruit
- À une fréquence

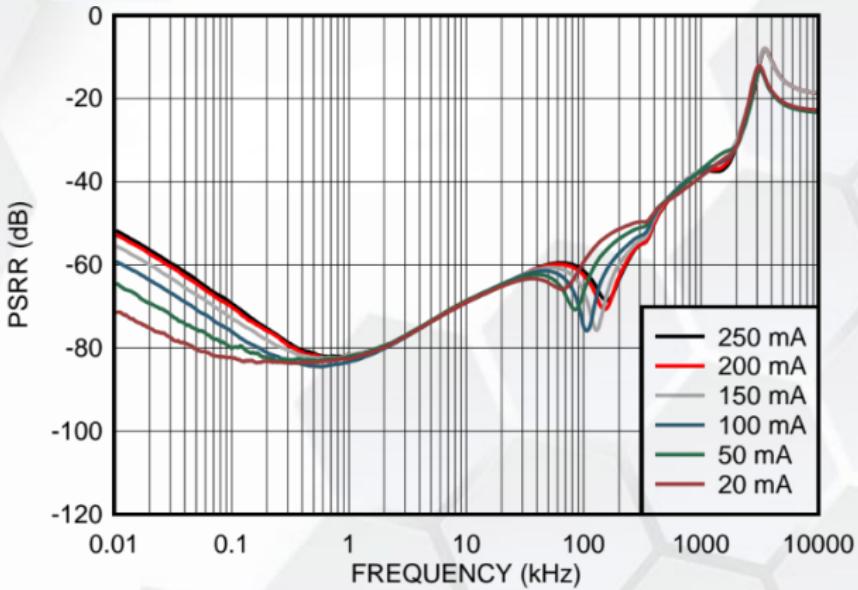
Power Supply Ripple Reduction



$$PSRR = \frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_{out}}$$

$$PSRR(dB) = -20 \log \left(\frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_{out}} \right)$$

- Réduction du bruit
- À une fréquence
- Graphique PSRR
- Dépend du courant



- \$ Low-Cost
- ⚡ Peu de courant
- 📐 Peu d'espace
- 〽 Bruit très important
- % Efficacité peu importante
- 💡 Utiliser avec des régulateurs switching!

Quels sont les types de régulateurs?

1 Comment protéger une alimentation?

2 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*

3 Comment filtrer une alimentation?

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment filtrer une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

- Filtrer l'entrée
- Filtrer la sortie d'un régulateur
- Filtrer au IC

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment filtrer une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

2 Quels sont les types de régulateurs?

3 Comment filtrer une alimentation?

- Filtrer l'entrée
- Filtrer la sortie d'un régulateur
- Filtrer au IC

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment filtrer une alimentation?

- 1 Comment protéger une alimentation?
- 2 Quels sont les types de régulateurs?
- 3 Comment filtrer une alimentation?
 - Filtrer l'entrée
 - **Filtrer la sortie d'un régulateur**
 - Filtrer au IC
- 4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment filtrer une alimentation?

1 Comment protéger une alimentation?

2 Quels sont les types de régulateurs?

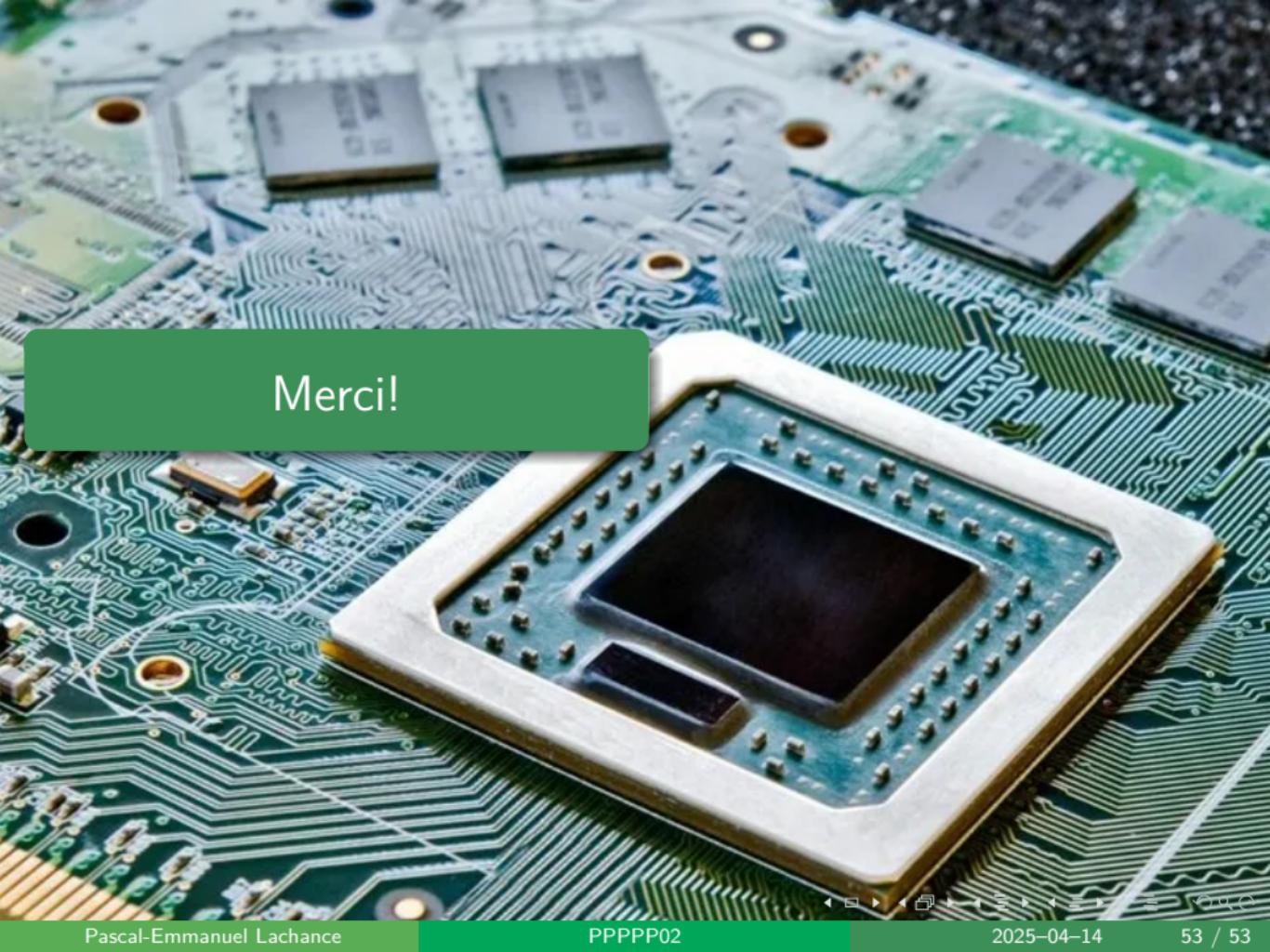
3 Comment filtrer une alimentation?

- Filtrer l'entrée
- Filtrer la sortie d'un régulateur
- Filtrer au IC**

4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment concevoir un arbre d'alimentation?

- 1 Comment protéger une alimentation?
- 2 Quels sont les types de régulateurs?
- 3 Comment filtrer une alimentation?
- 4 Comment concevoir un arbre d'alimentation?



Merci!