

# les Repair Cafés

- Charte 2009 (Pays-Bas) :
  - co-réparer gratuitement des appareils,  
le plus souvent électriques ou électroniques,
  - partager des connaissances
- Sur internet, chercher : « repair café »  
« repair café paris » et « RCP5 formation »

# Consignes de sécurité

- Ces formations ne sont que des initiations pas des cours complets
- Le mieux est d'aller dans un repair café pour vous faire aider et poursuivre cette formation
- Si vous travaillez chez vous, **TOUJOURS** débrancher l'appareil du secteur
- Même débranché, il peut y avoir des composants dangereux = condensateurs
- Démontez en forçant peut être dangereux

# Condensateurs

# Motivations

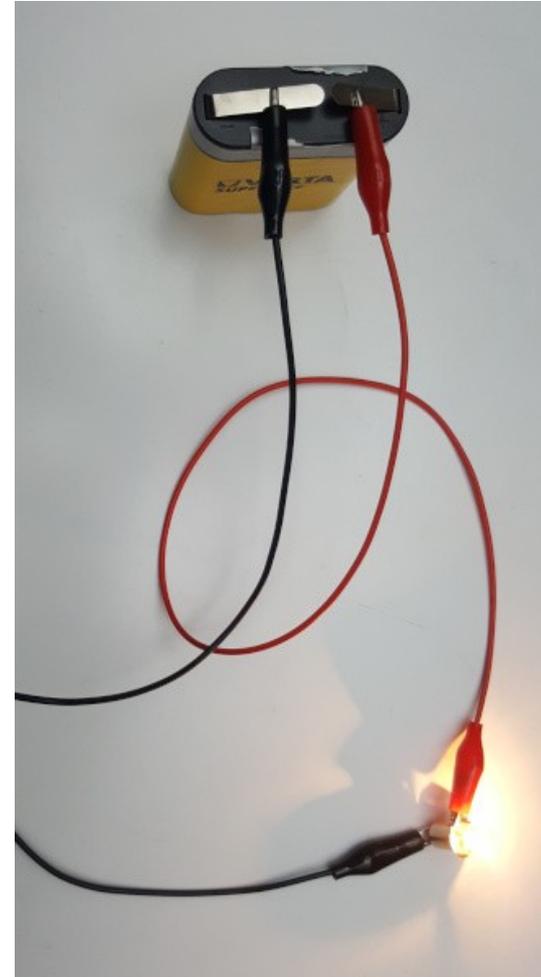
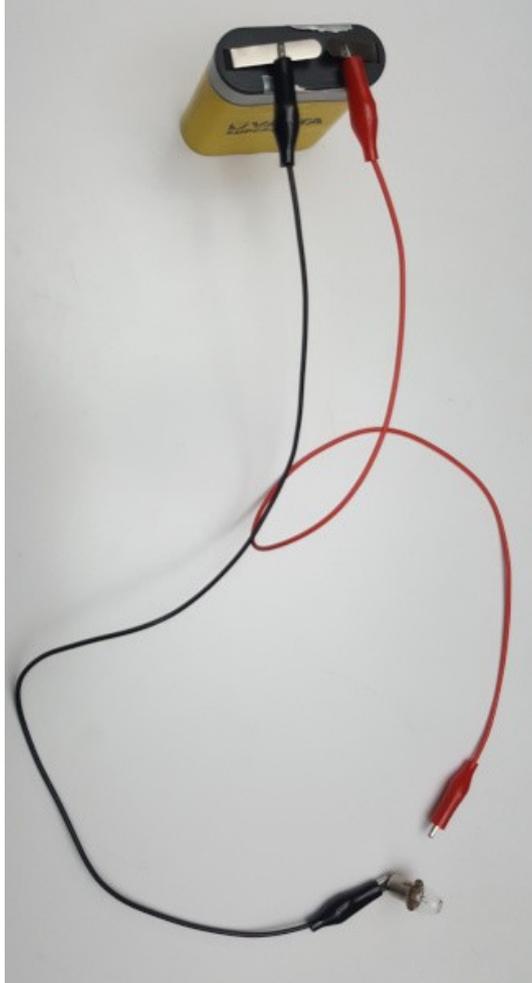
- Après la résistance, un des composants le plus important en électricité
- Accumuler de l'électricité
- Temporiser une mise/arrêt sous tension
- Lisser une tension non continue

# Déroulé de la séance

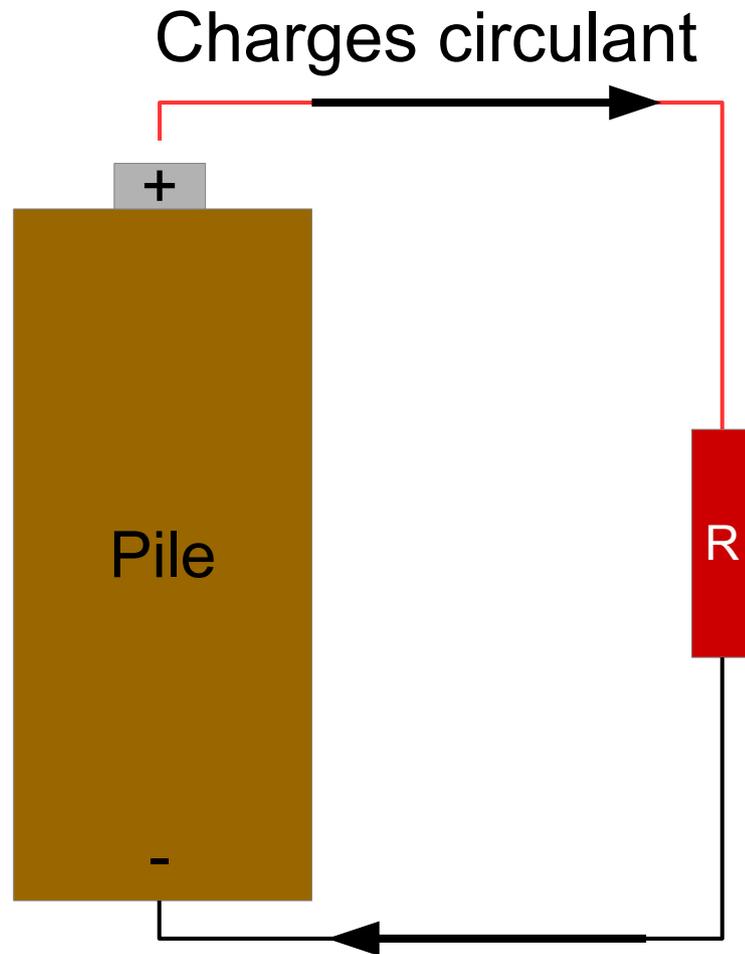
- 1) Rappel de notions utiles
- 2) Capacité d'un condensateur
- 3) Charge et décharge d'un condensateur
- 4) Quelques applications

# **1) Rappel de notions utiles**

# Courant électrique - expérience

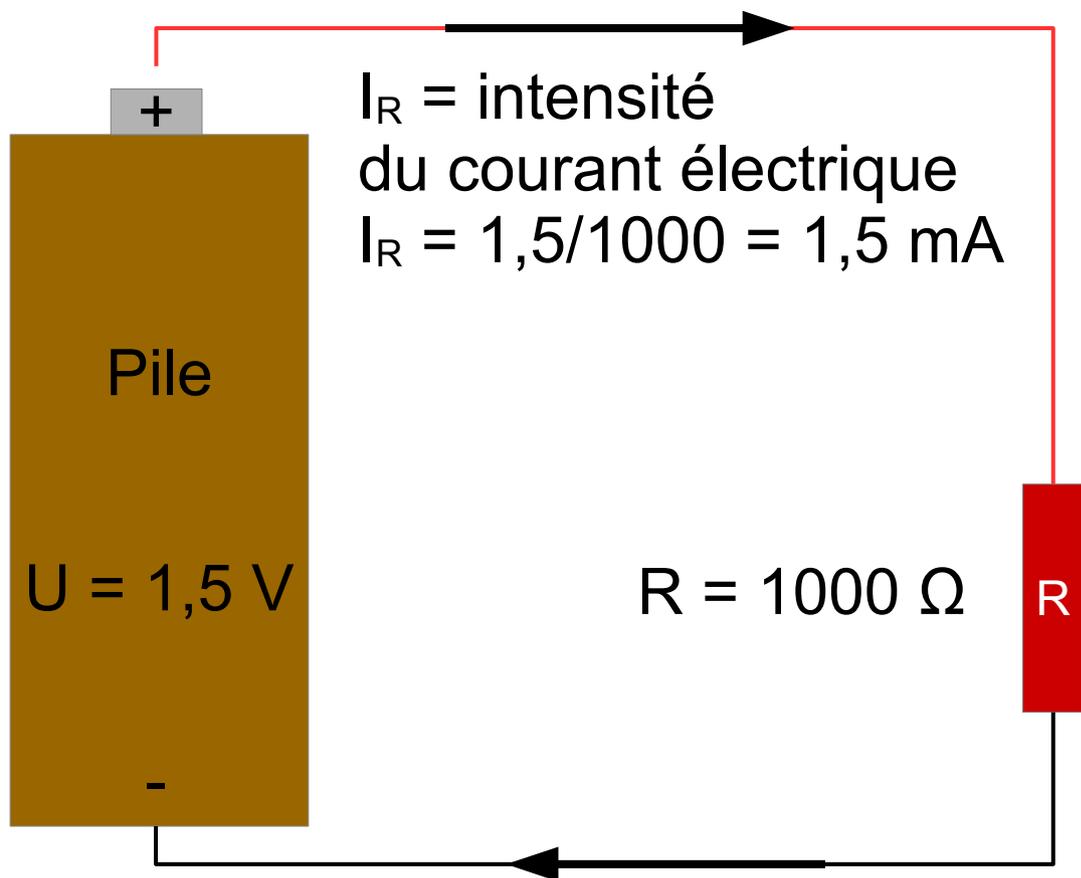


# Courant électrique - schéma



- Circuit fermé => le courant électrique peut circuler
- Courant de charges électriques allant de la borne + à - = intensité
- Pas d'accumulation de charge dans la résistance

# Grandeurs et unités



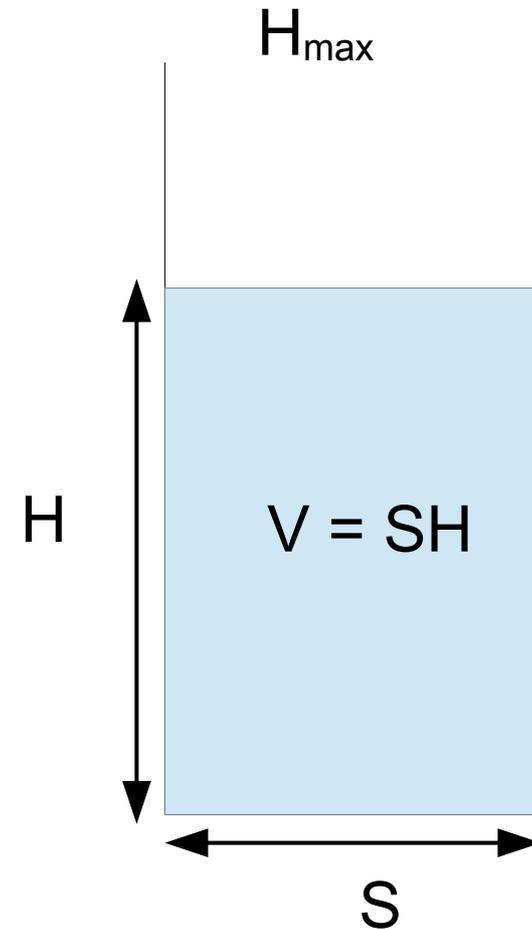
- Intensité (Ampère A)
- Tension ou **différence de potentiel** (ddp) (Volt V)
- Résistance (Ohm  $\Omega$ )

**2) Capacité**

**d'un condensateur**

# Capacité d'une bouteille

- Récipient d'eau
- Hauteur maximale
- Surface de base
- Volume maximal
- $V = S \times H$
- $V_{\max} = S \times H_{\max}$



# Modèle du condensateur 1

Courant électrique

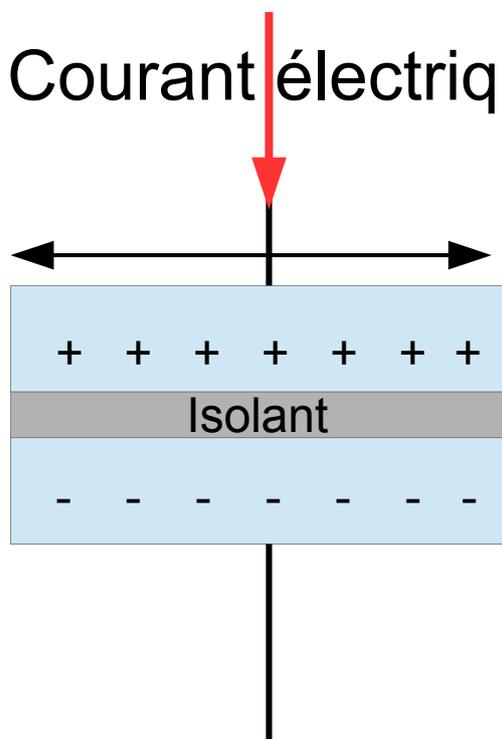
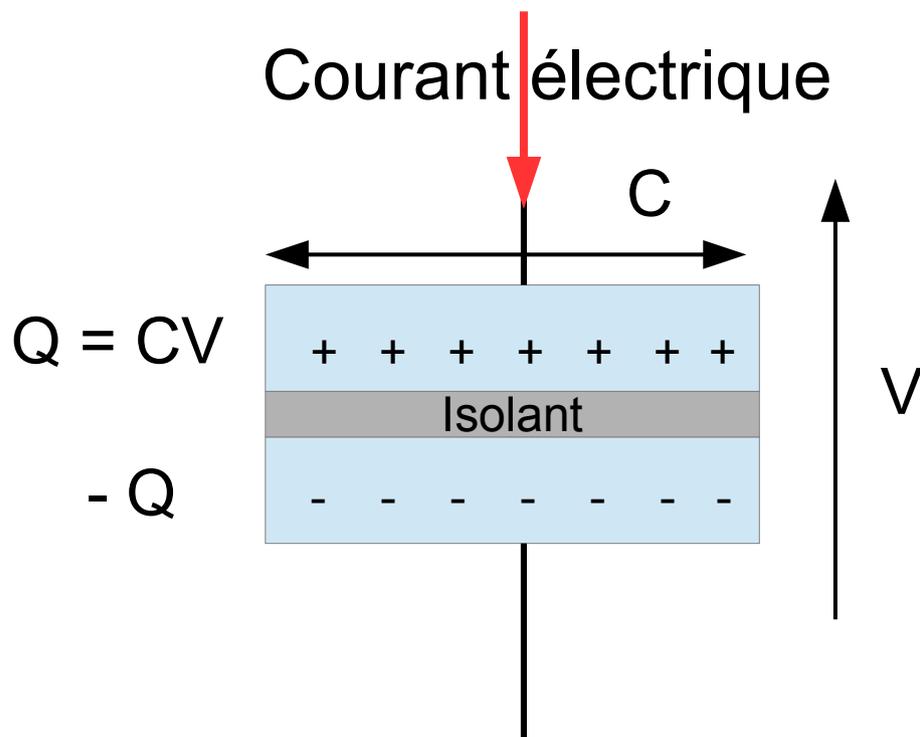


Schéma du condensateur

- Deux plaques avec un isolant entre elles
- Emmagasinent des charges dépendant de la tension et de la capacité
- Charges opposées sur les deux plaques

# Modèle du condensateur 2



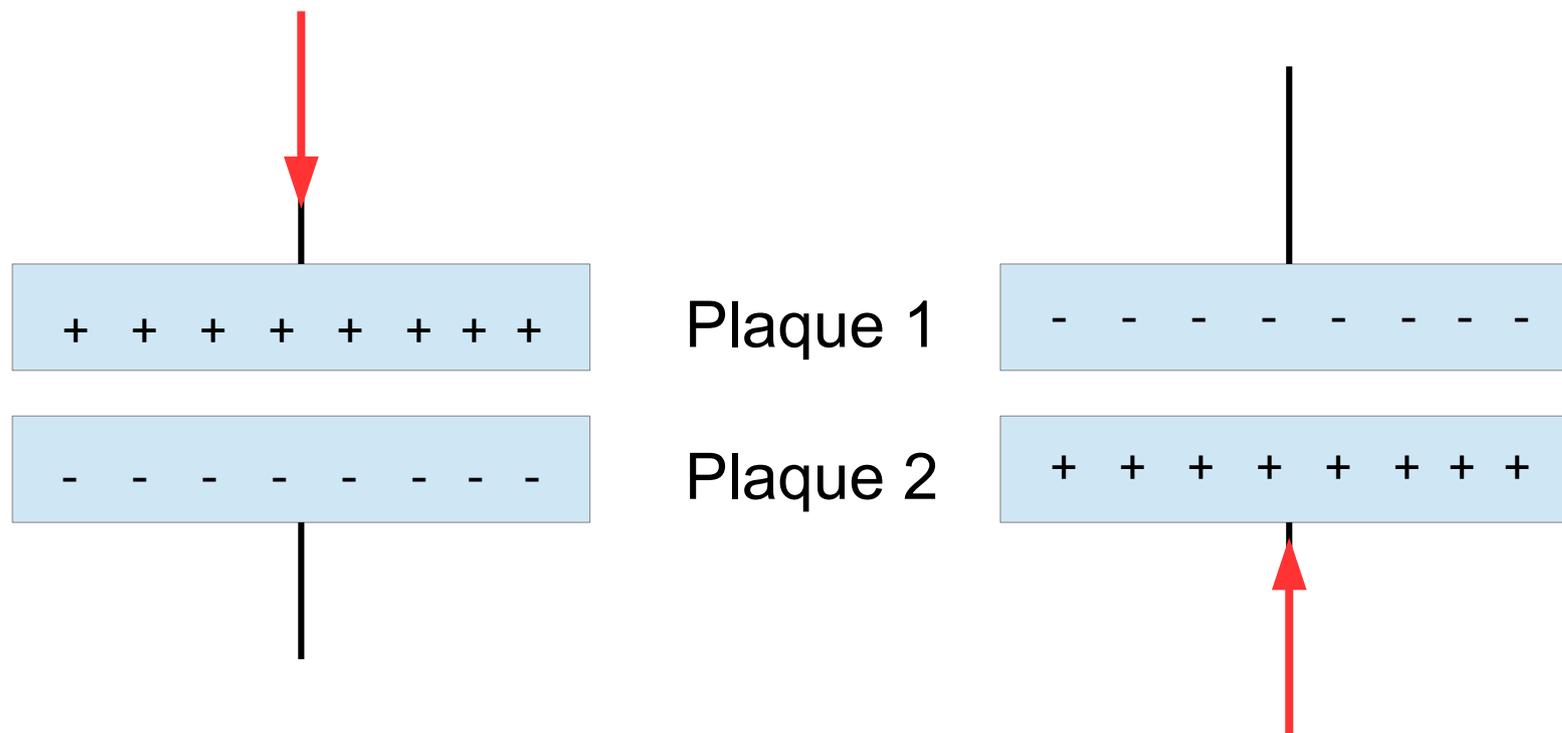
- Charge  $Q$  dépend de la tension et de la capacité

$$Q = C \times U$$

Coulombs = Farad x Volt

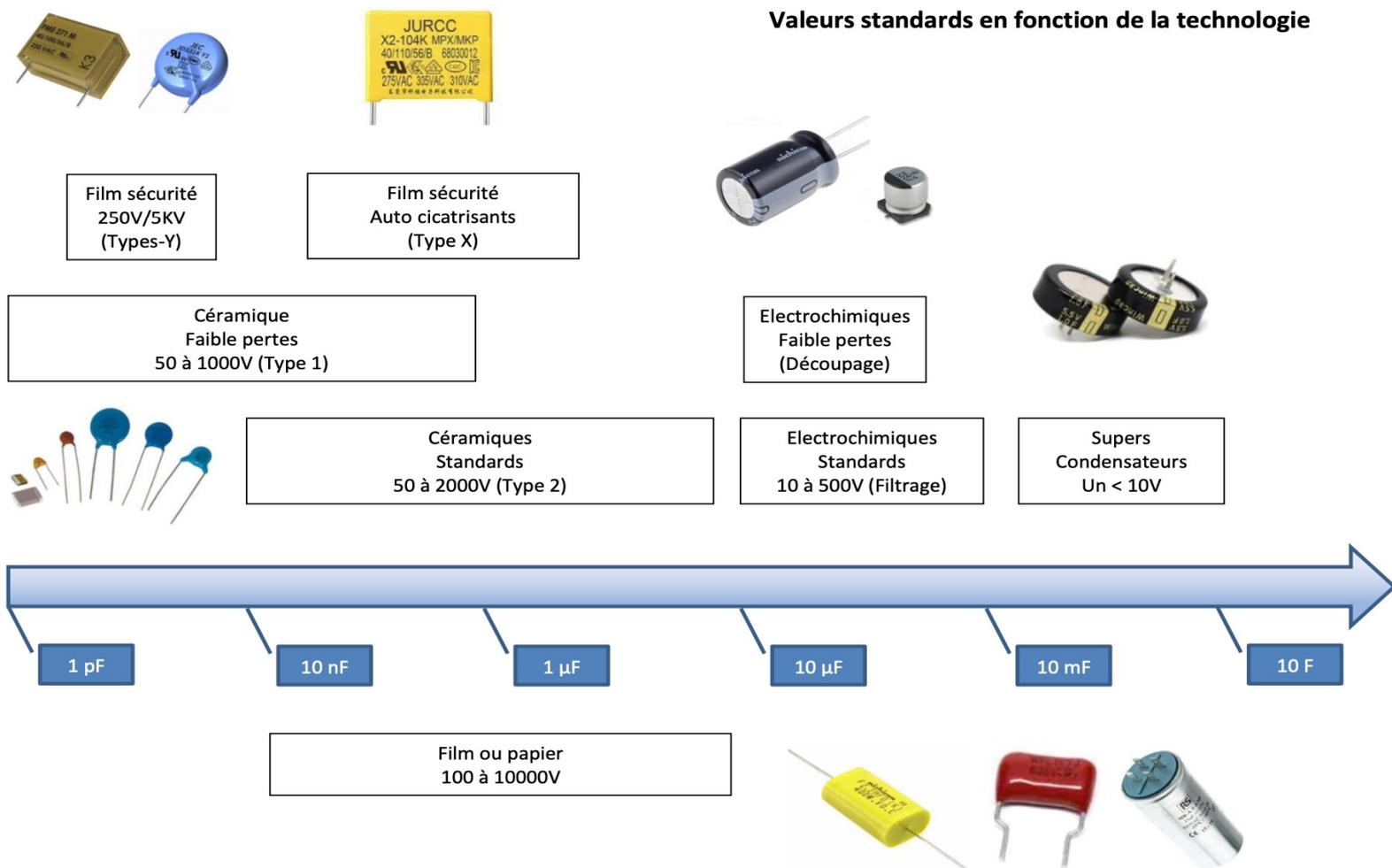
- ATTENTION :  
Tension max =  $U_{\max}$

# Polarisation d'un condensateur



Condensateurs polarisés : seule une de ces deux configurations est acceptée. Attention au sens, sinon le condensateur peut exploser.

# Condensateur réel 1



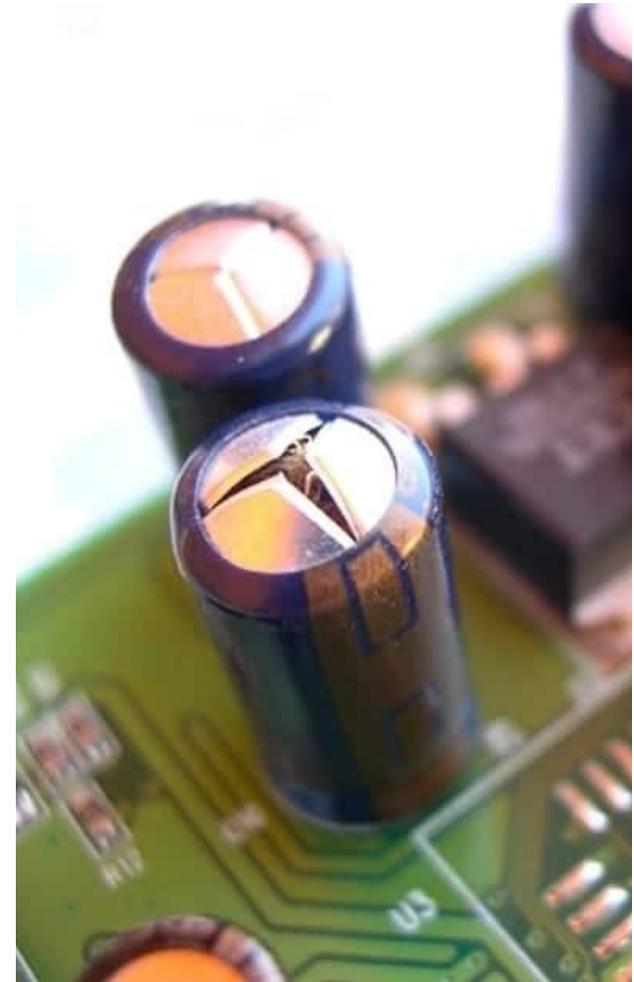
# Condensateur réel 2

- Pour augmenter la surface, on enroule les plaques
- C dépend de la taille et de la distance entre les plaques

Technologie	Gamme de valeur typique	Gamme de tension	Caractéristiques clés	Utilisation
Céramiques Type 1	1 pF à 1 $\mu$ F	50V à 1000V	Très Faibles pertes	Radio HF, Filtrage HF
Céramiques Type 2	10 nF à 10 $\mu$ F	50V à 2000V	Taille réduite	Usage courant
Sécurité classe Y	100 pF à 10 nF	250V 50Hz, 8KV pic	Protégé contre court circuit	Filtrage Ph/T ou N/T
Sécurité classe X	100 nF à 5 $\mu$ F	250V 50Hz, 3KV pic	Protégé contre court circuit	Filtrage Ph/N
Film ou papier	10 nF à 10 $\mu$ F	100V à 10KV	Faible pertes	Moyenne et haute tension
Electrochimique faibles pertes	1 $\mu$ F à 5000 $\mu$ F	10V à 500V	Polarisé, forte capa volumique, faible $R_s$	Filtrage HF (sortie découpage)
Electrochimique	1 $\mu$ F à 10000 $\mu$ F	10V à 500V	Polarisé, forte capacité volumique	Filtrage BF, constante de temps, réserve d'énergie
Super capa	0.5 F à 10 F	2 à 5,5 V	Polarisé, très forte capacité volumique	Pile de sauvegarde, réserve d'énergie

# Condensateur électrochimique HS

- Composant le moins fiable en électronique  
=> condensateur électrochimique
- Réactions chimiques créent du gaz => une surpression => couvercle bombé

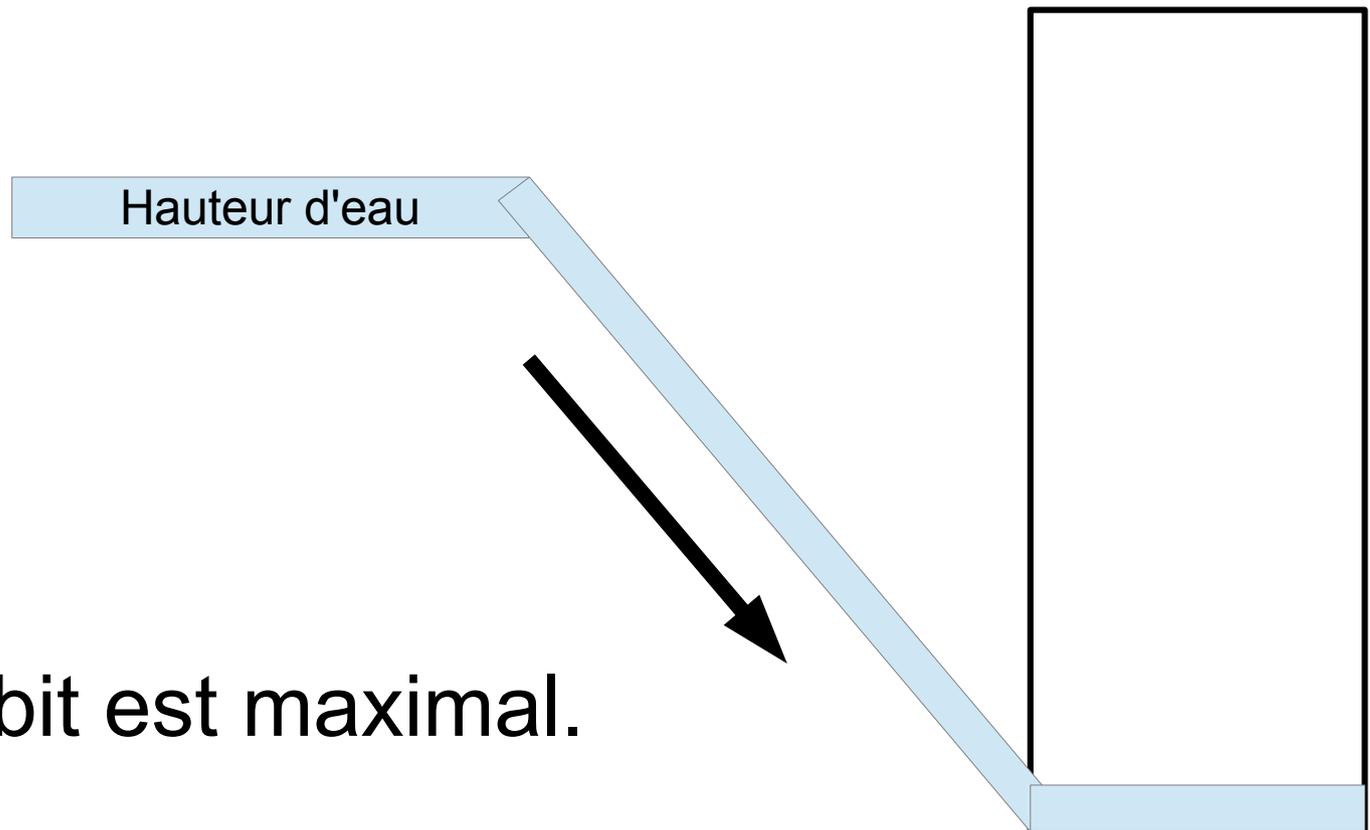


# TP – Trouver les informations

- Avec un multimètre moderne, fonction capacité
- Sinon lire sur le condensateur  $C$  et  $U_{\max}$
- Reconnaître un condensateur polarisé et savoir le sens des bornes
- Tester la résistance d'un condensateur, elle doit être infinie
- Si un condensateur a une tension de 12 V et une capacité de 0,1 mF, quelle charge contient-il ?

# **3) Charge et décharge d'un condensateur**

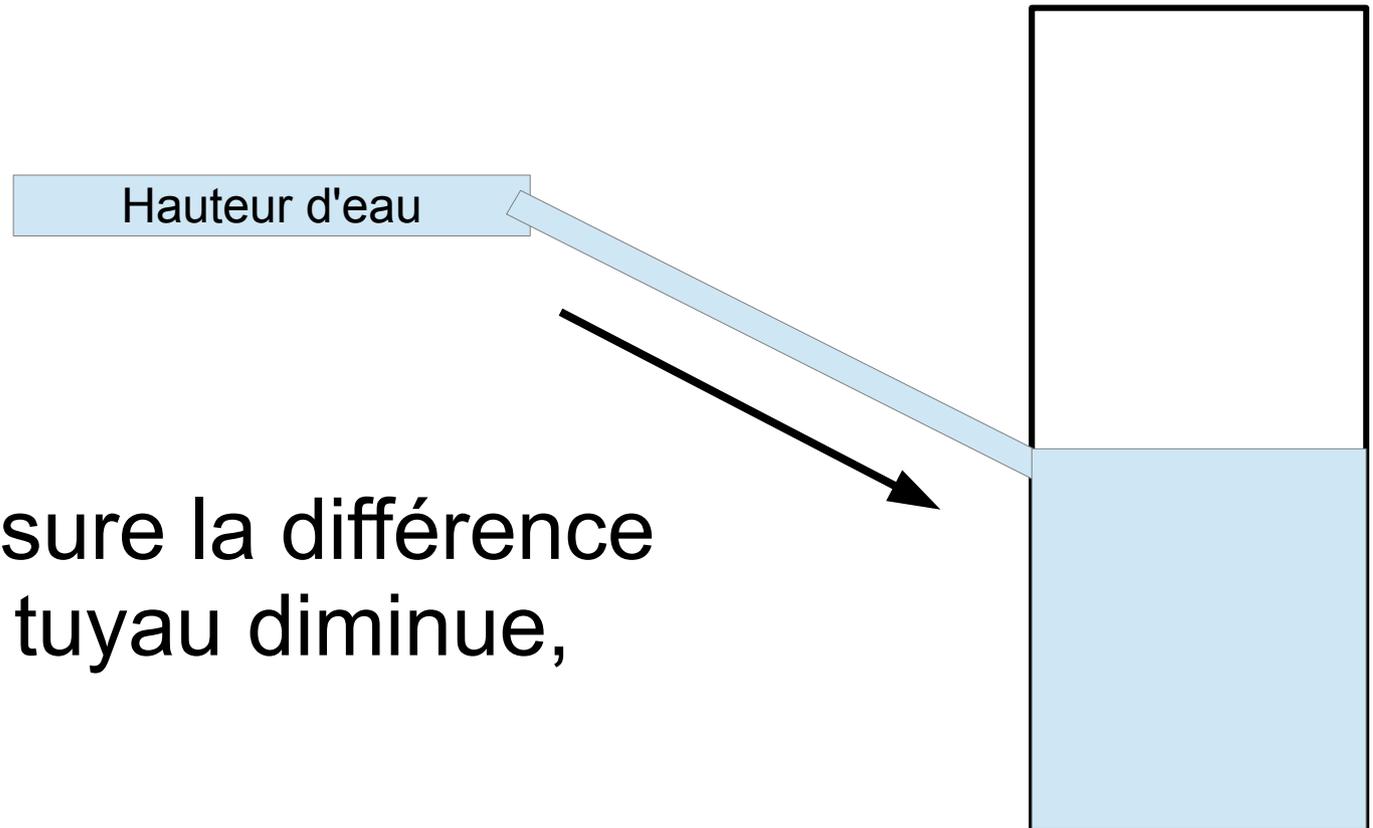
# Analogie charge d'un condensateur



Au début le débit est maximal.

La hauteur d'eau est petite dans la bouteille.

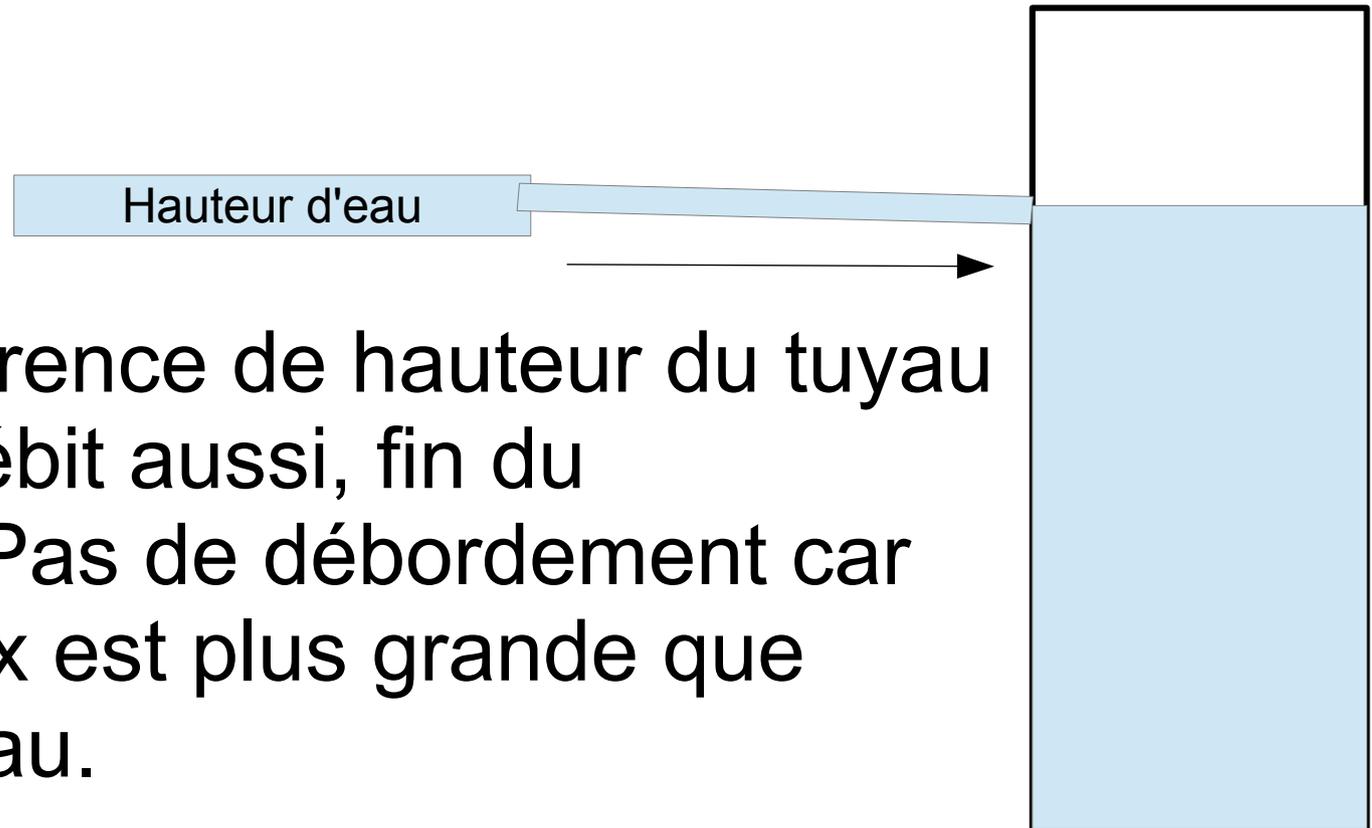
# Analogie charge d'un condensateur



Au fur et à mesure la différence de hauteur du tuyau diminue, le débit aussi.

La hauteur d'eau de la bouteille augmente

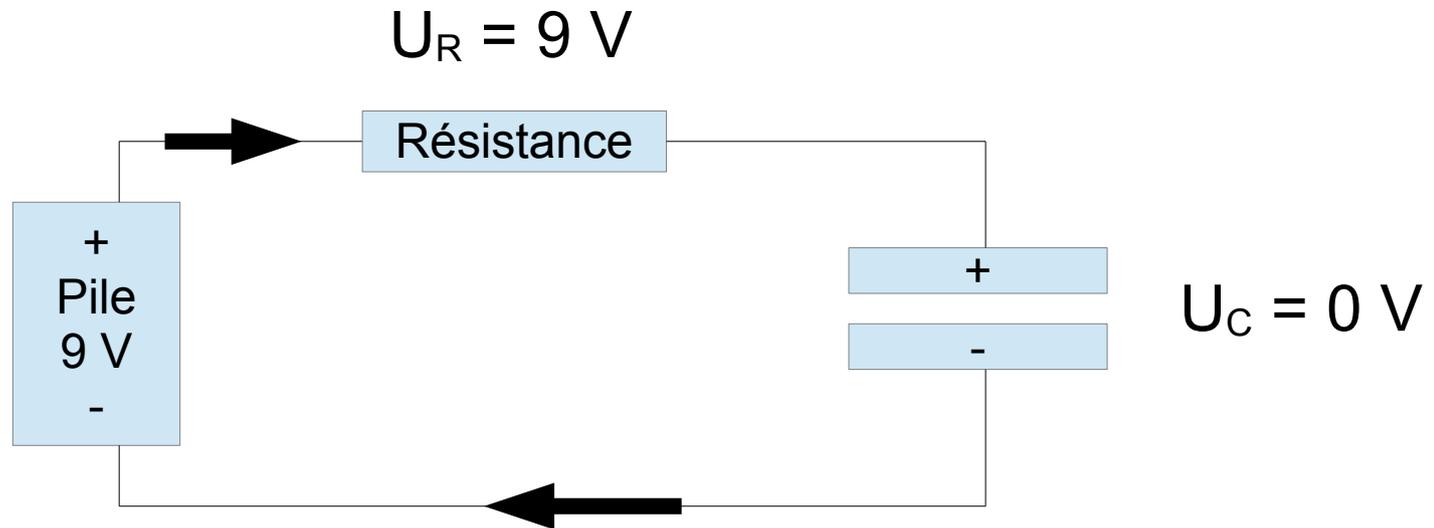
# Analogie charge d'un condensateur



A la fin la différence de hauteur du tuyau est nulle, le débit aussi, fin du remplissage. Pas de débordement car la hauteur max est plus grande que la hauteur d'eau.

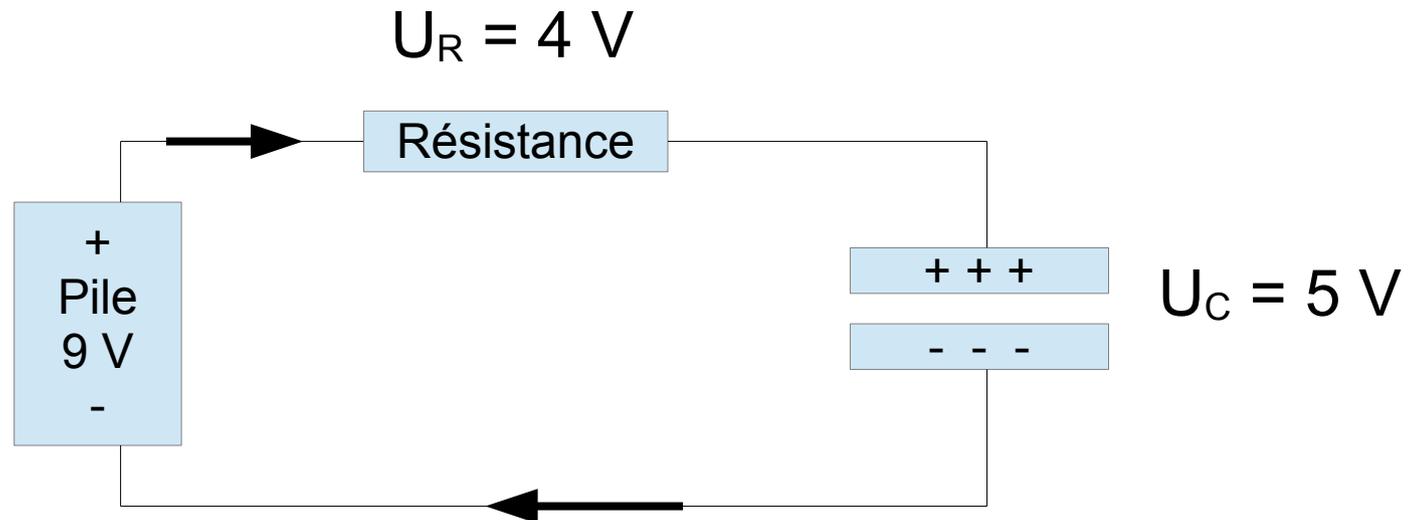
La hauteur d'eau est celle du tuyau.

# Charge d'un condensateur



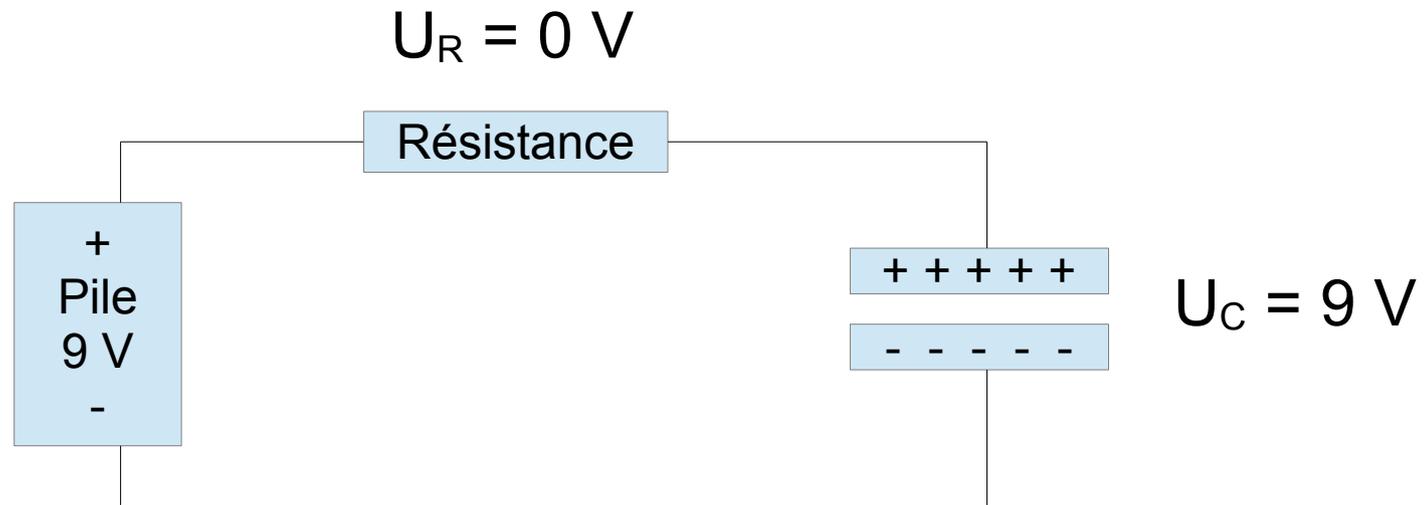
Au début, le condensateur est comme un court-circuit, l'intensité est  $U/R$ . La plaque 1 commence à se charger de charge positive venant du pôle + de la pile. De l'autre côté, pour garder la neutralité, la plaque 2 se charge négativement.

# Charge d'un condensateur



Au fur et à mesure, le condensateur se charge, la tension à ses bornes grandit. Donc la tension aux bornes de la résistance diminue ainsi que l'intensité.

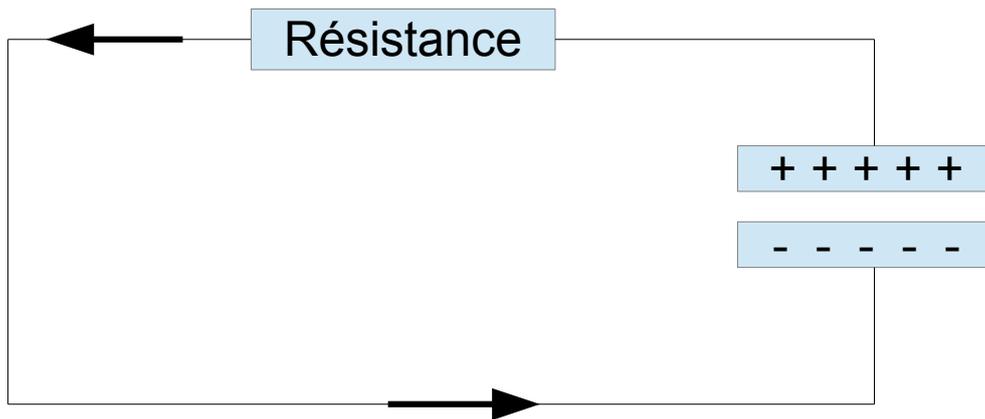
# Charge d'un condensateur



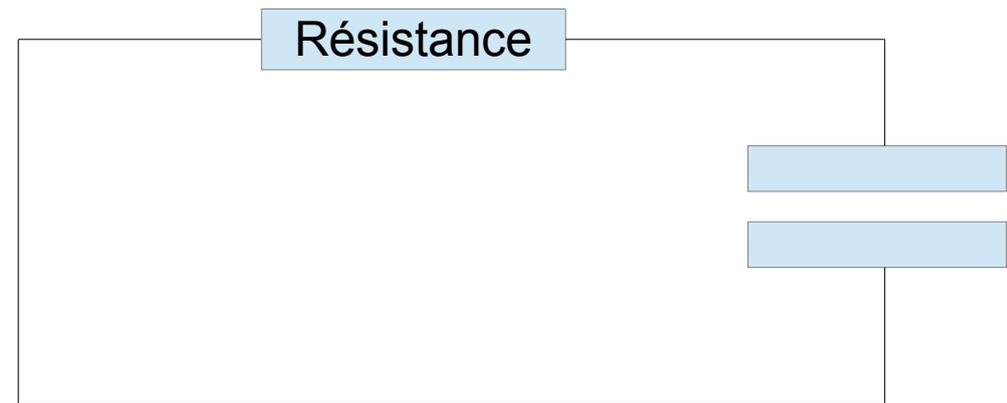
Au final, la tension aux bornes du condensateur vaut 9 V. Donc celle aux bornes de la résistance est nulle et d'après la loi d'Ohm l'intensité aussi. Il ne se passe plus rien. Le condensateur se comporte comme un circuit ouvert.

# Décharge d'un condensateur

Début de la décharge

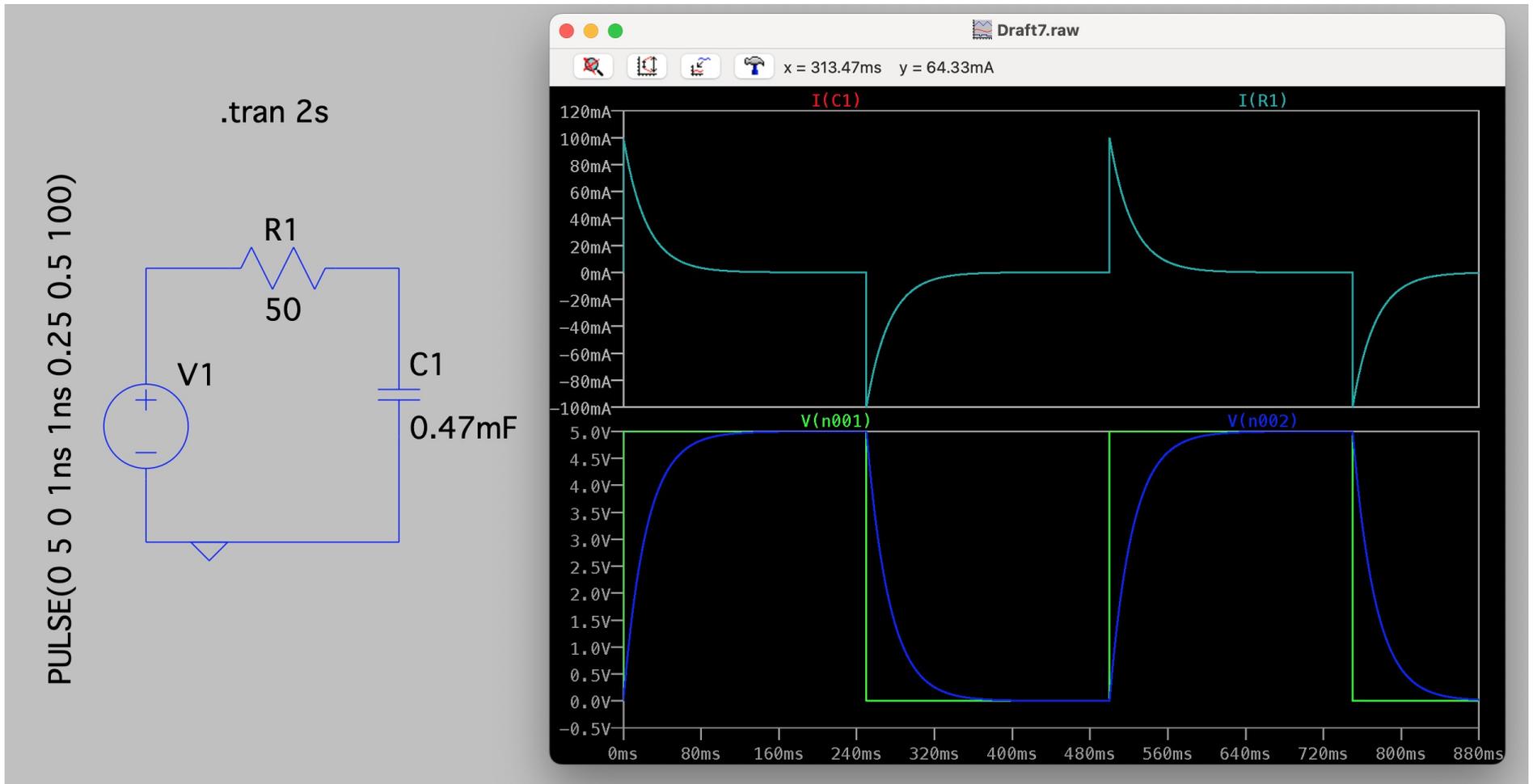


Fin de la décharge



Le condensateur va jouer le rôle d'une petite pile. Le courant va dans le sens inverse dû fait des polarités. Les charges positives s'annulent avec celles négatives. Après un moment le condensateur n'a plus de charges, il n'y a donc plus de mouvement, plus d'intensité.

# Graphique de l'évolution



# Constante de temps de charge, T

- Forte résistance  
=> - courant  
=> + temps charge
- T proportionnel R
- Forte capacité  
=> + charges  
=> + temps charge
- T proportionnel C

# Constante de temps de charge, T

- Forte résistance  
=> - courant  
=> + temps charge
- T proportionnel R
- Forte capacité  
=> + charges  
=> + temps charge
- T proportionnel C

T(s) proportionnel à  $R(\Omega) \times C(F)$

Après T, condensateur chargé à 63%

Après 3T, condensateur chargé à 95%

Après 5T, condensateur chargé à 99%

# Constante de temps

- Temps de charge =  $5 \cdot RC$
- Exemple 1 :  
Si  $R = 50 \Omega$  et  $C = 0,47 \text{ mF} = 470 \mu\text{F}$ ,  
Alors  $RC = 50 \cdot 0,47 / 1000 = 0,05 \cdot 0,47$   
 $RC = 0,0235 \text{ s} = 23 \text{ ms}$   
Donc  $T = 5 \cdot RC = 5 \cdot 23 = 115 \text{ ms} = 0,1 \text{ s}$
- Exemple 2 :  
 $R = 5 \text{ k}\Omega$  et  $C = 0,47 \text{ mF}$ ,  
alors  $RC = 5 \cdot 0,47 = 2,35 \text{ s}$   
donc  $T = 5 \cdot RC = 11,75 \text{ s}$

# Sécurité pour condensateur

- Dans un micro-onde condensateur de près d'1uF mais chargé à plus de 2000 V
- Le condensateur possède une résistance interne (qq 10 MΩ) pour assurer sa décharge (temps caractéristique qq 10s)  
=> si vous ouvrez un micro-onde que vous venez d'utiliser, attendez 50 secondes de décharge avant de faire un court circuit sur le condensateur par sécurité

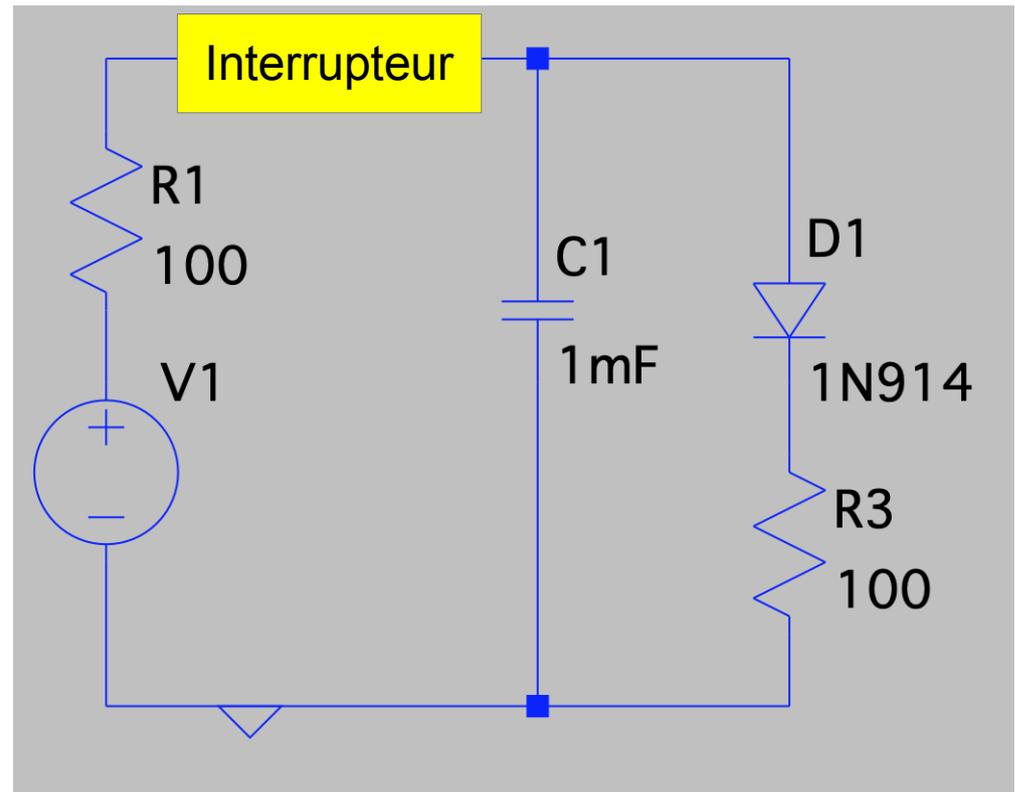
# TP – Mesurer la constante de temps

- Bien choisir le condensateur et la résistance pour avoir une constante de temps de l'ordre de la seconde
- Faire le circuit Résistance-Condensateur
- Mesurer en combien de temps la tension aux bornes du condensateur devient presque celle de la pile à 1% près
- Comparer avec le temps théorique
- Placer une LED sur le circuit pour voir le changement d'intensité

# **5) Applications**

# Temporiser une tension continue

- Utiliser la charge et décharge d'un condensateur pour retarder une mise sous tension ou une baisse de tension

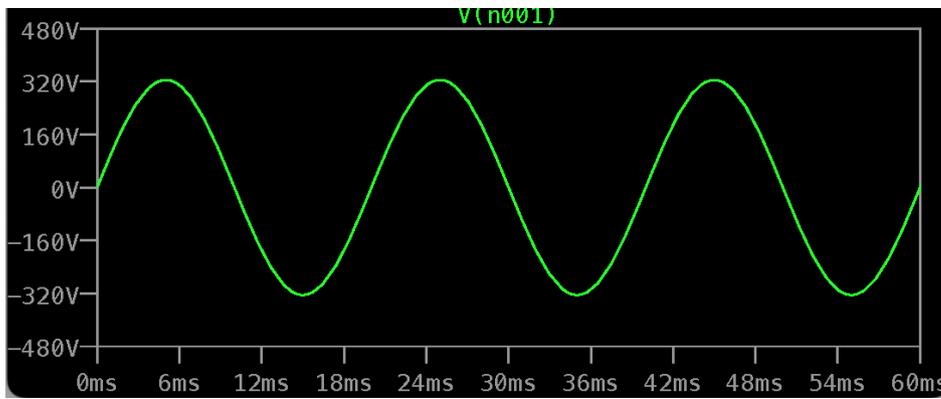


# Temporiser une tension continue : utilité

- Pour contrôler des minuteurs type IC 555
- Dans le découpage à basses tensions, pour contrôler quand couper le signal
- ...

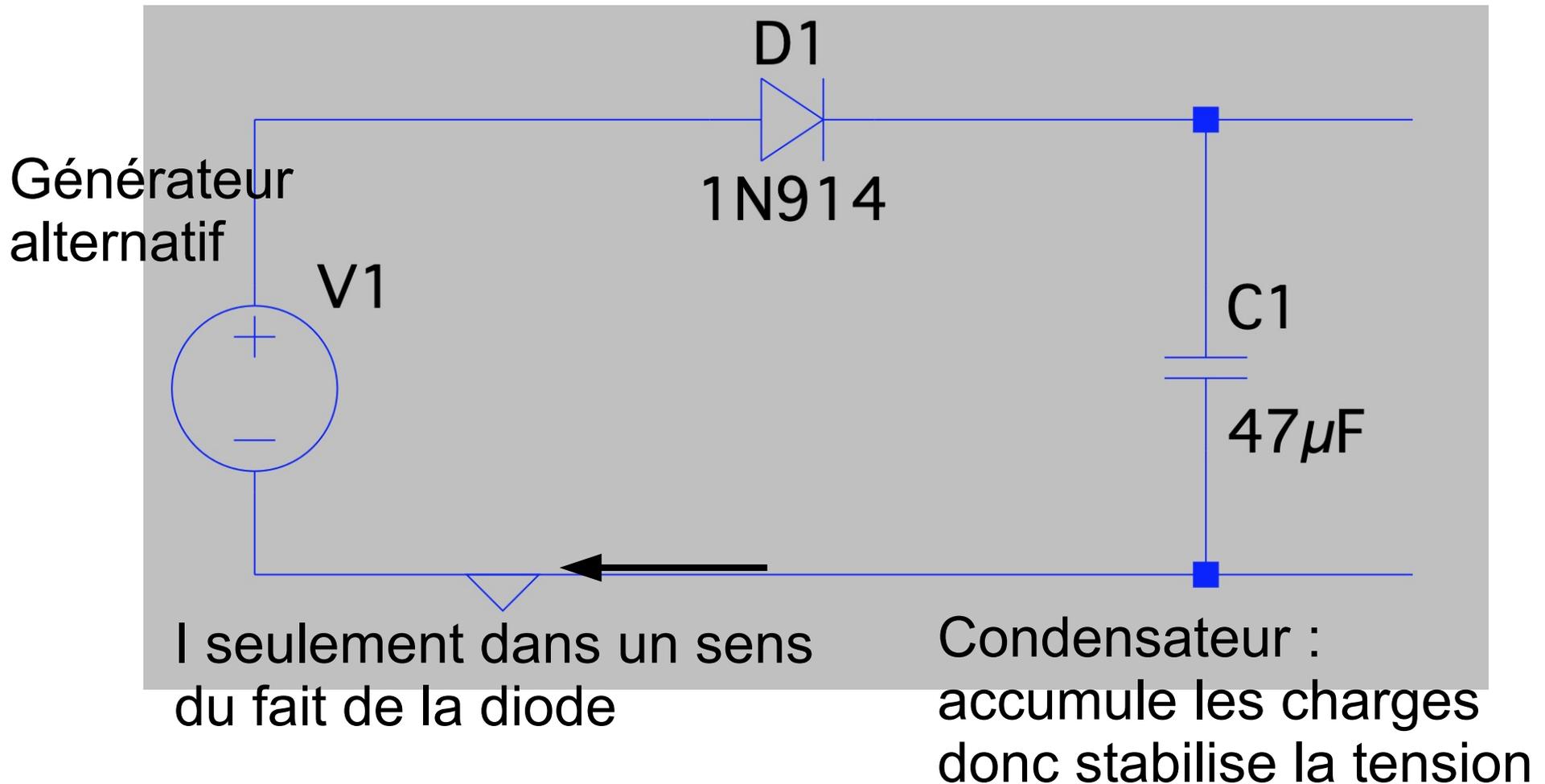
# Récupérer la tension crête d'une tension alternative - Motivation

- Problème : nous avons une tension alternative mais nous en voulons une continue qui ait pour valeur le max de la tension alternative : la tension crête
- Utile pour créer des alimentations continues



# Récupérer la tension crête d'une tension alternative - Schéma

Diode : interdit la décharge du condensateur

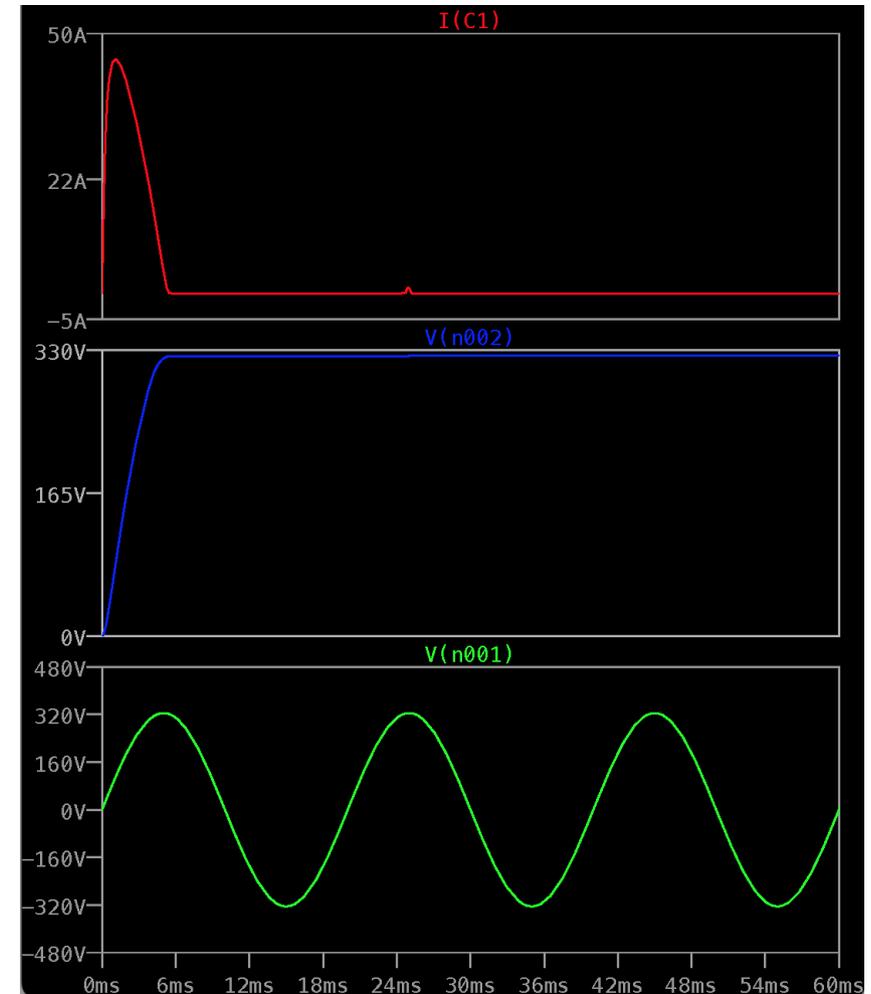


# Récupérer la tension crête d'une tension alternative - Graphes

Intensité du courant passant dans le condensateur.  
Nulle quand il est plein

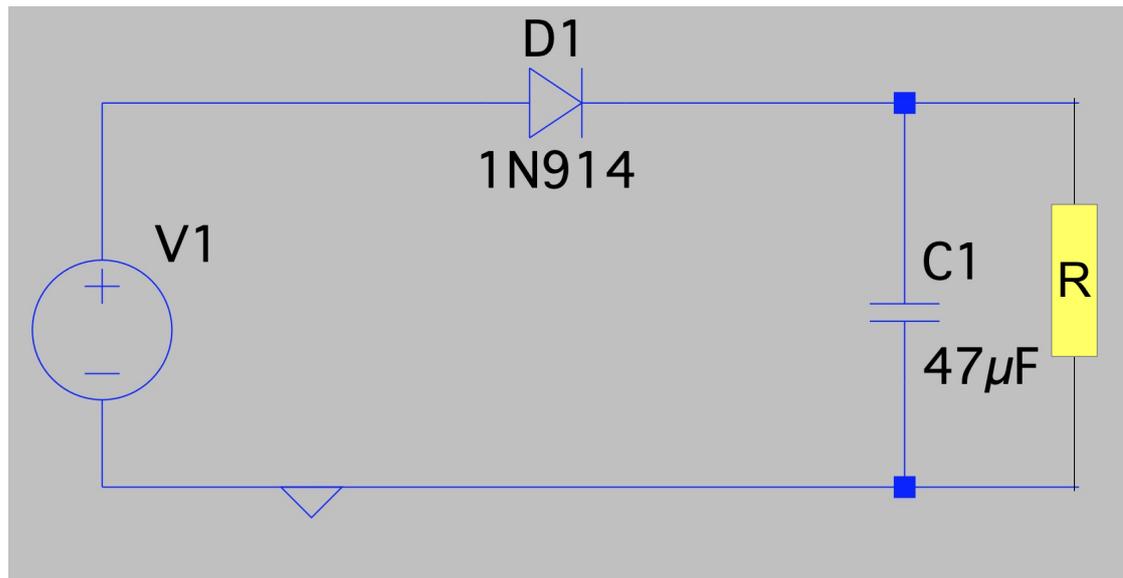
Tension du condensateur qui augmente jusqu'à la valeur crête du générateur

Tension sinusoïdale du générateur de tension

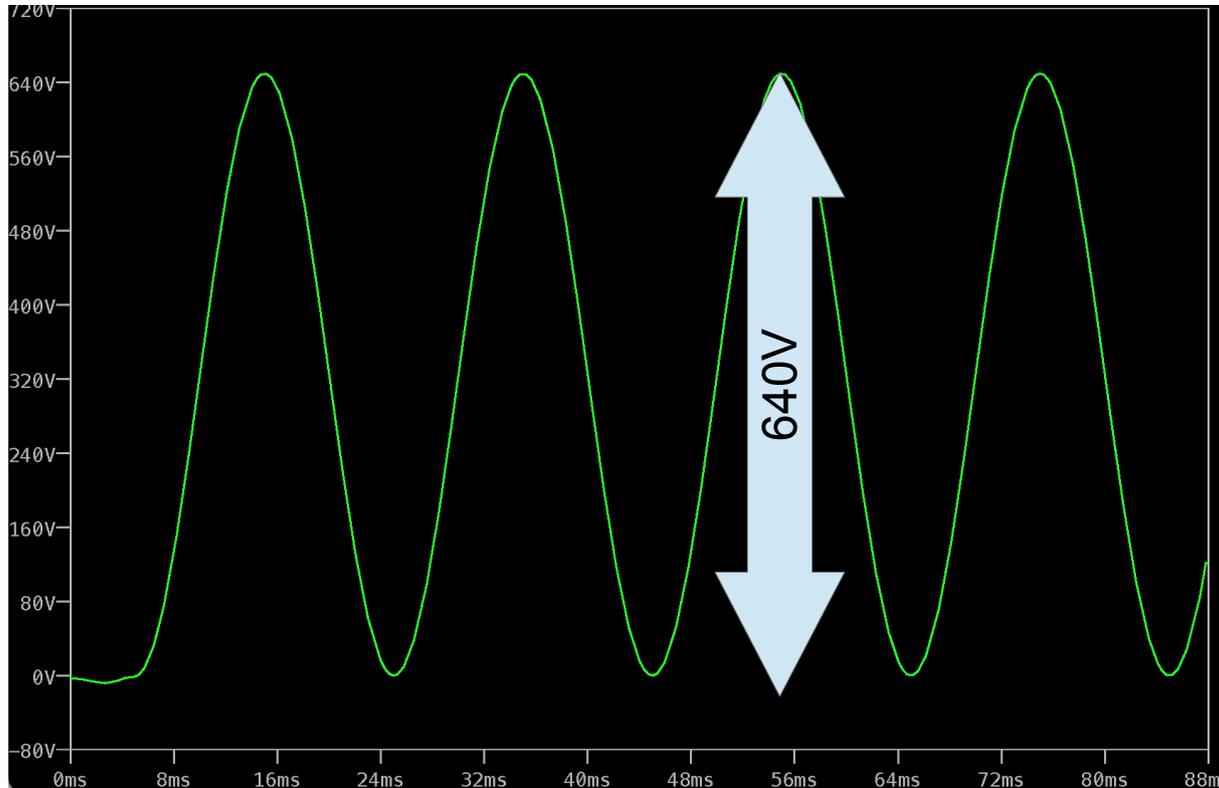


# Récupérer la tension crête d'une tension alternative

- Reproduire le schéma ci dessous
- Mesurer la tension aux bornes du condensateur
- Puis mettre une résistance (fortes valeurs puis plus faibles) aux bornes du condensateurs

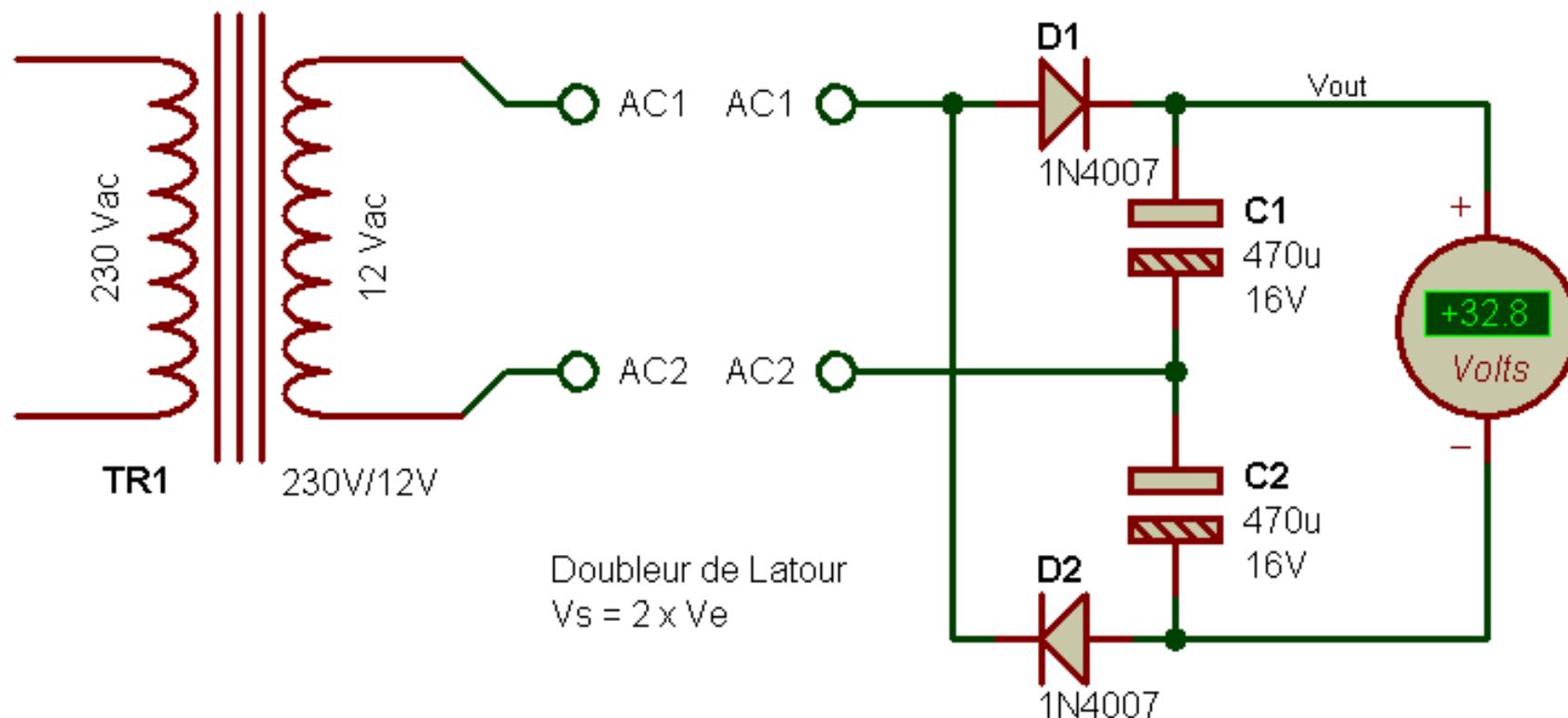


# Bonus : décaler une tension alternative



Pour le même circuit, tension aux bornes de la diode  
= tension du générateur décalée allant de 0 V à  $2 \times U_{\text{crête}}$   
Utile dans un micro-onde pour passer de 2000 à 4000 Volts

# Doubleur de Latour



Exemple d'un schéma de doubleur de Latour

[https://sonelec-musique.com/electronique\\_theorie\\_multiplicateurs\\_tension.html](https://sonelec-musique.com/electronique_theorie_multiplicateurs_tension.html)

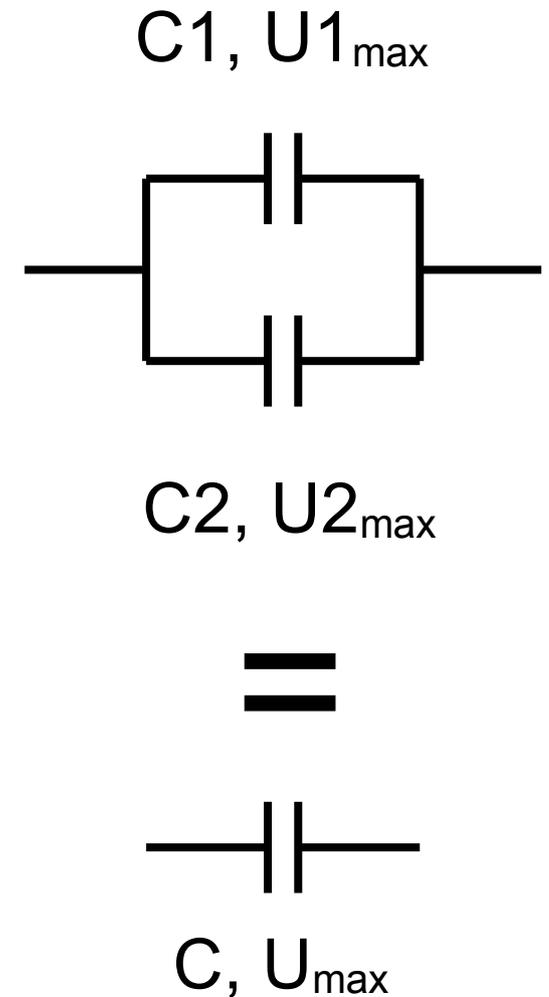
**Annexe**

# Charge d'un condensateur à courant constant

- Courant constant
- Charge augmente linéairement comme la tension
- De manière générale :  
 $Q(T+dt) = Q(T) + i(t) \cdot dt$
- Donc  $Cdu(t) = i(t)dt$  et  $Cu'(t) = i(t)$

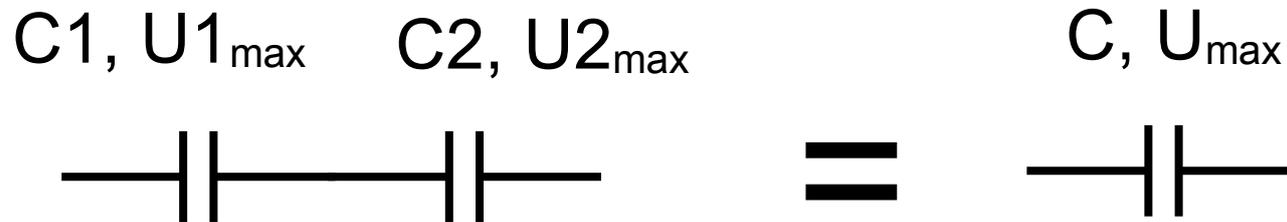
# Condensateurs en parallèle

- Deux condensateurs en parallèle équivaut à  
=> un condensateur de
  - Capacité =  $C = C1 + C2$
  - !!  $U_{\max} = \min$  entre  $U1_{\max}$  et  $U2_{\max}$
- Si  $C1 = C2$  et  $U1_{\max} = U2_{\max}$   
=>  $C = 2xC1$ ,  $U_{\max} = U1_{\max}$
- Permet d'augmenter la capacité maximale, mais ne supporte que la plus petite tension maximale



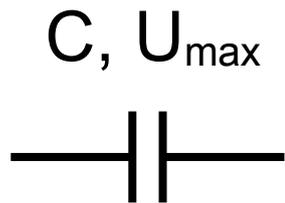
# Condensateurs en série

- Deux condensateurs en série équivaut à  
=> un condensateur de plus petite capacité
  - Capacité =  $C = (C1 \times C2) / (C1+C2)$
  - !!  $U_{\max} = \min \text{ entre } U1_{\max} \times C/C1 \text{ et } U2_{\max} \times C/C2$
- Si  $C1 = C2$  et  $U1_{\max} = U2_{\max}$   
=>  $C = C1 / 2, U_{\max} = 2 \times U1_{\max}$

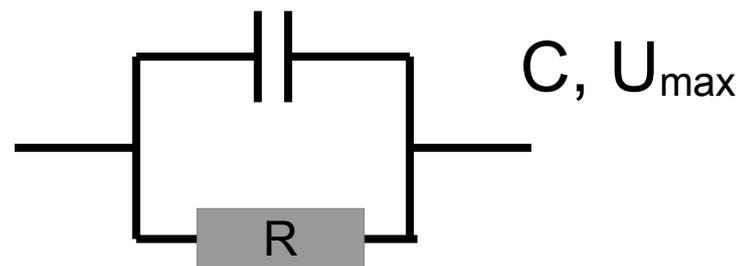


# Résistance interne en parallèle

- Un condensateur n'est jamais un isolant parfait entre ces plaques
- Existe une résistance interne très grande (ordre Mohm) due au fuite chimique interne
- Chargé mais laissé seul, il se déchargera lentement comme avec une résistance externe



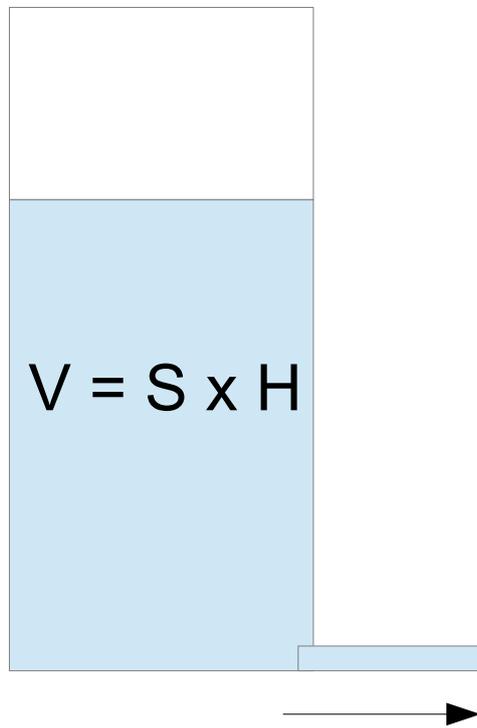
Condensateur parfait



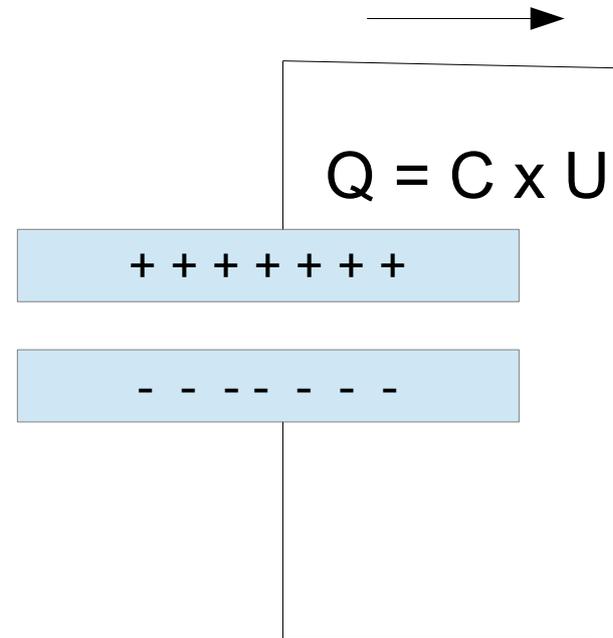
Condensateur réel

# **Energie d'un condensateur**

# Puissance d'un condensateur



Débit d'eau  
Energie mécanique totale  
 $E = 1/2 * (\rho * S * g) * H^2$



Débit de charges  
Energie électrique totale  
 $E(J) = 1/2 * C(F) * U(V)^2$

# Energie d'un condensateur

- Son énergie pour la tension  $U$  est :  
$$E = \frac{1}{2} C \times U^2$$
- Si  $U = 5 \text{ V}$  et  $C = 0,47 \text{ mF}$ ,  
alors  $E = \frac{1}{2} * 0,47/1000 * 5^2 = 5,8 \text{ mJ}$   
 $E = 5,8 \text{ mJ} = 1,6 \text{ uWh}$  (1 Wh = 3600 J)
- Si  $U = 230 \text{ V}$  et  $C = 1\text{mF}$ ,  
alors  $E = \frac{1}{2} * 0,001 * 230^2 = 26 \text{ J} = 7,2 \text{ mWh}$

# Puissance d'une décharge

- La puissance non constante :

$$P(t) = U(t) \times I(t) = U(t)^2 / R$$

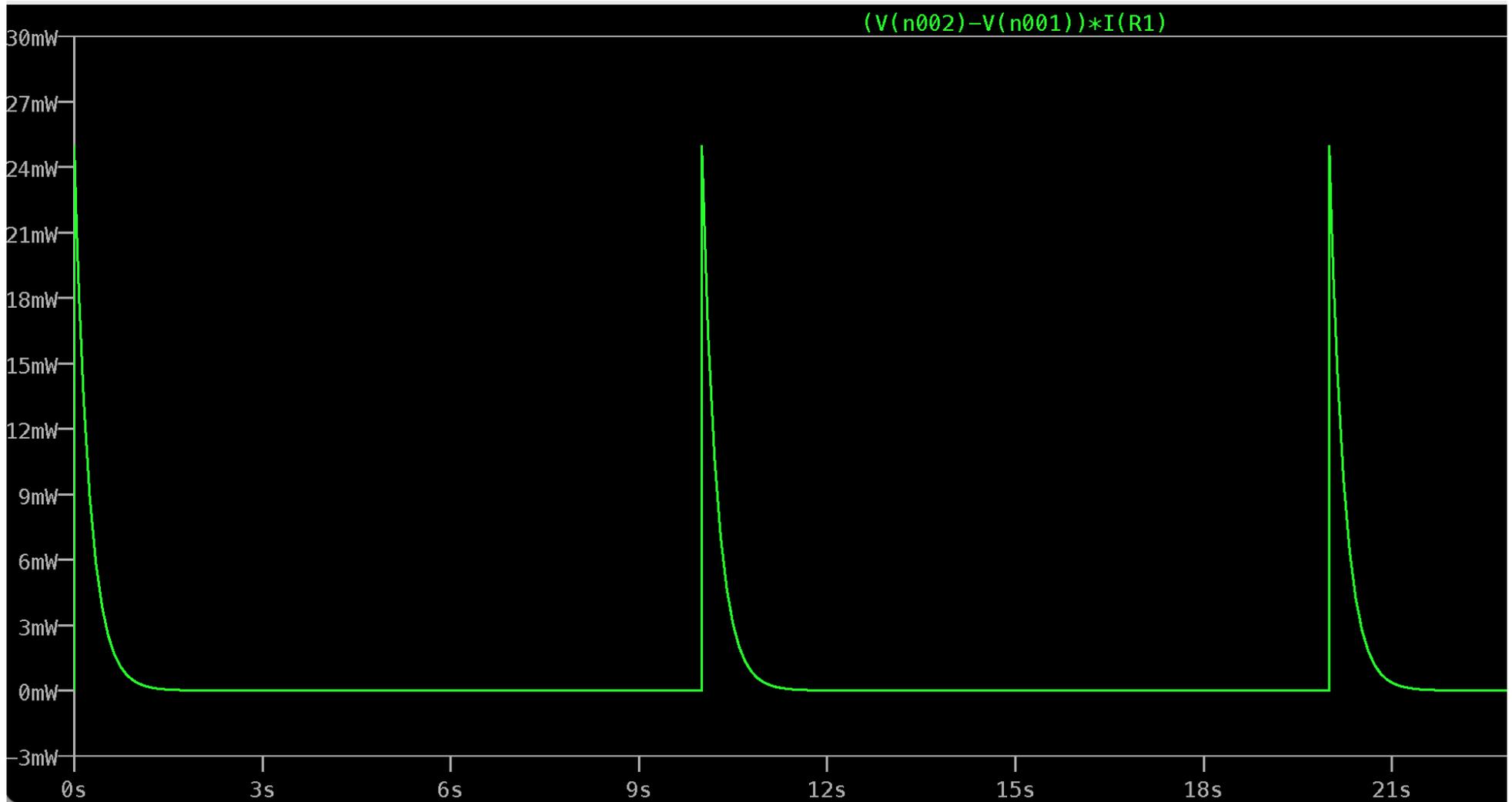
- U décroît vite
- P décroît encore plus vite au carré

- $P_{\max} = U(0)^2 / R$

Si  $U = 320$ ,  $C = 0,47$  mF et  $R = 10$  ohm,

$$E = 7,2 \text{ mWh} \ \& \ P_{\max} = 10 \text{ kW} \ \& \ I_{\max} = 32 \text{ A}$$

# Puissance d'une décharge



# Utilisation pour la soudure par point

- Motivation : chauffer qq 10 grammes de cuivre à 1500 °C avec un fort courant de qq ms
- Besoin de fournir qq kJ pour arriver à 1500 °C
- Courant de décharge initial  $\Rightarrow I = U / R$
- Si  $U = 200 \text{ V}$  et  $R = 0,1 \text{ Ohm}$ , le courant initial est de 2000 A
- Si  $C = 0,1 \text{ F}$  super-condensateur,  
 $T = RC = 10 \text{ ms}$   
 $E = 1/2 * 0,1 * 200^2 = 2 \text{ kJ}$