

Repair Cafés

- Motivation écologique : **réparer** un appareil est plus vertueux que de le recycler ou pire le jeter
- Charte 2009 (Pays-Bas) :
 - co-réparer **gratuitement** des appareils, le plus souvent électriques ou électroniques,
 - **partager** des connaissances.
- **Liens** pour en savoir plus dans les mails envoyés
- Venez/Adhérez au Repair café pour pratiquer ou regarder faire, c'est formateur

Académie du Climat

- But = Se mettre en mouvement et oeuvrer pour une transition écologique juste et solidaire
- Ateliers, conférences, débats, projections, expositions, événements et aussi un verger, une buvette, une bibliothèque... gratuits et ouverts à toutes et tous !
- Vous pouvez aller sur le site de l'Académie du climat ou vous inscrire à la newsletter pour recevoir plus d'information

Condensateurs

Motivations

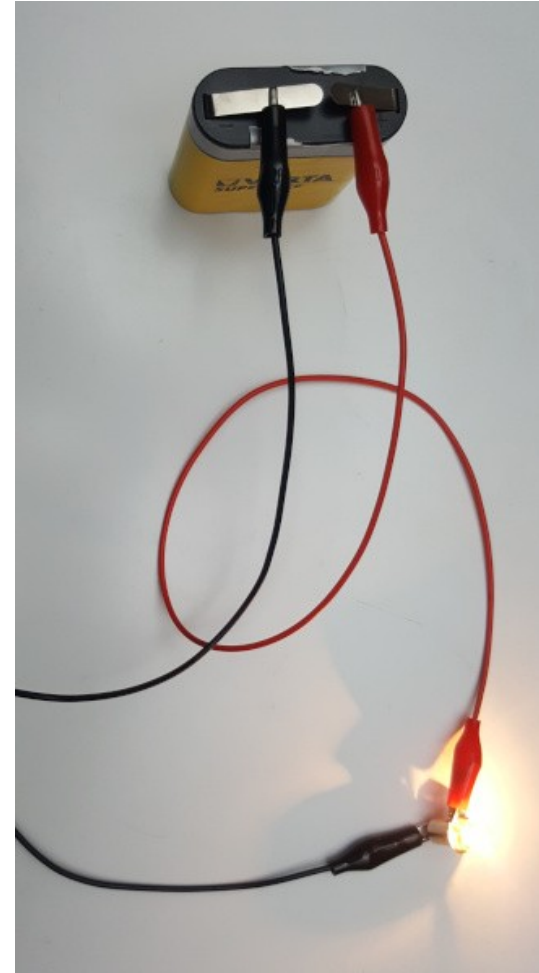
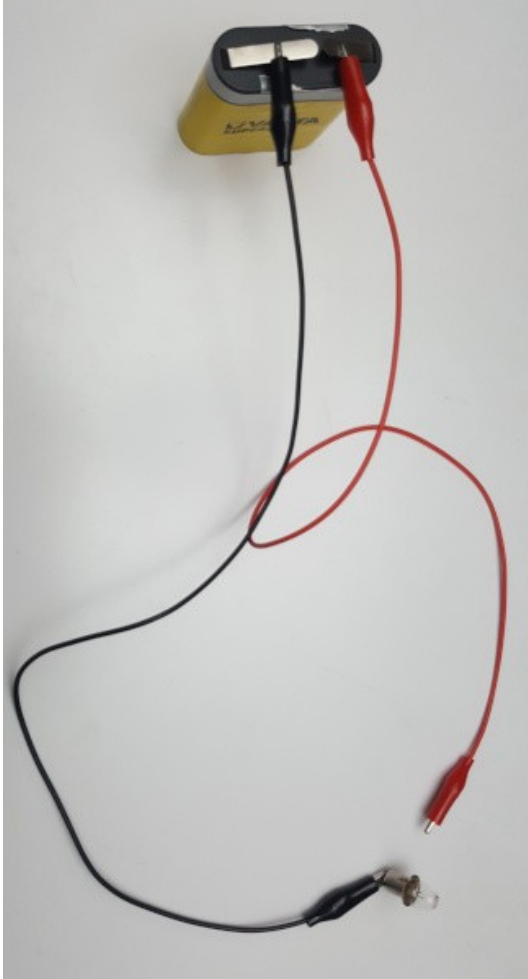
- Après la résistance, un des composants le plus important en électricité
- Accumuler de l'électricité
- Temporiser une mise/arrêt sous tension
- Lisser une tension non continue

Déroulé de la séance

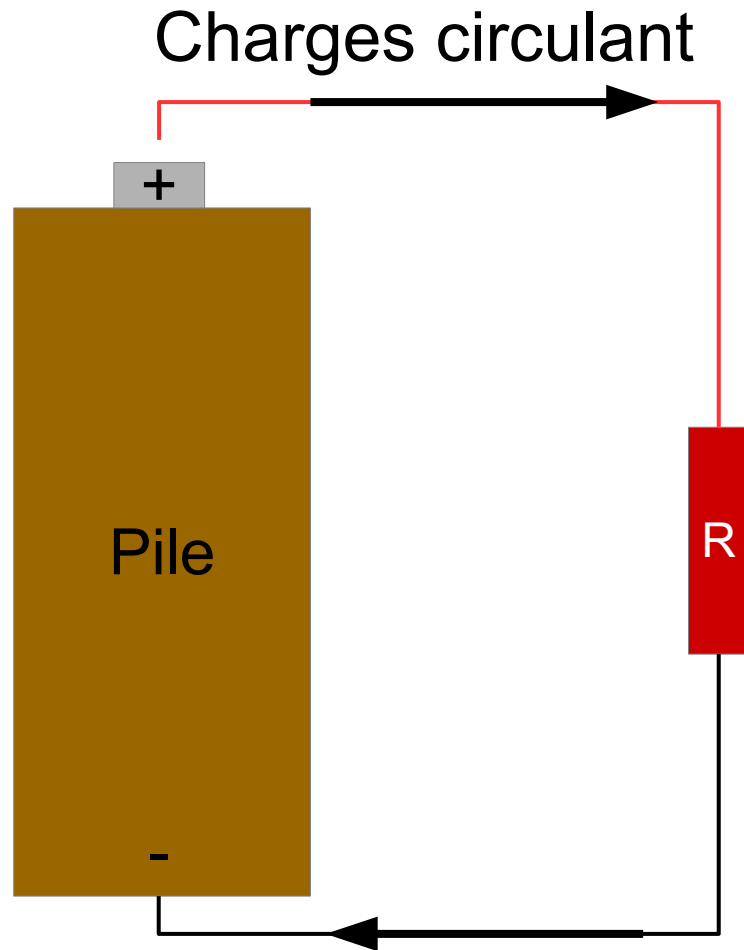
- 1) Rappel de notions utiles
- 2) Capacité d'un condensateur
- 3) Charge et décharge d'un condensateur
- 4) Quelques applications

1) Rappel de notions utiles

Courant électrique - expérience

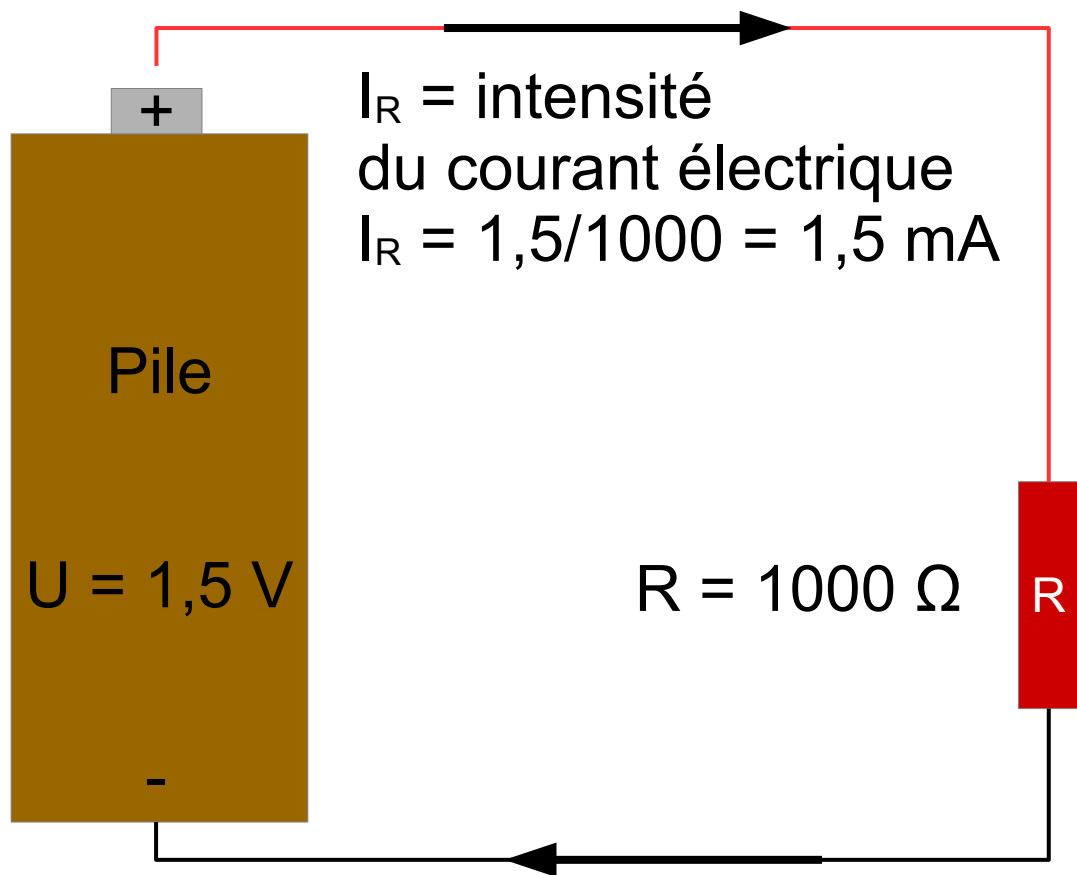


Courant électrique - schéma



- 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

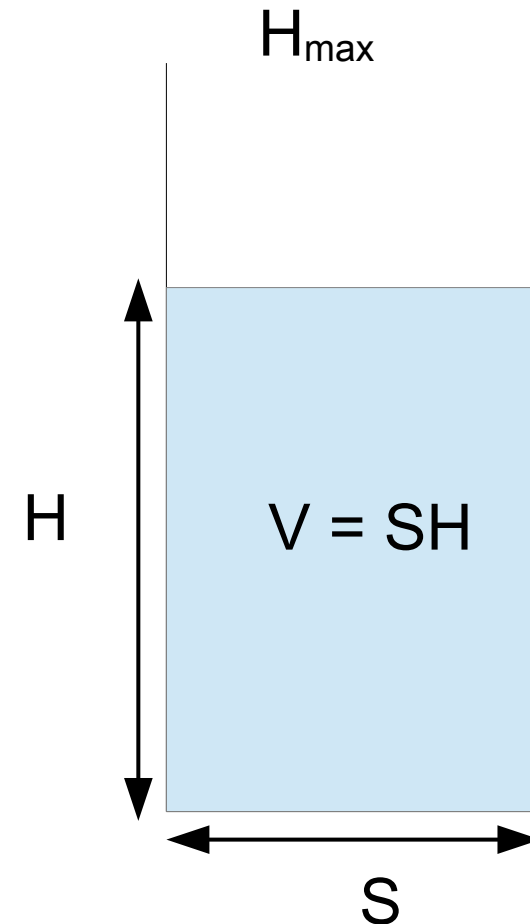


- Intensité (Ampère A)
- Tension ou différence de potentiel (ddp) (Volt V)
- Résistance (Ohm Ω)
- $I = U/R$

2) Capacité d'un condensateur

Analogie avec la 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

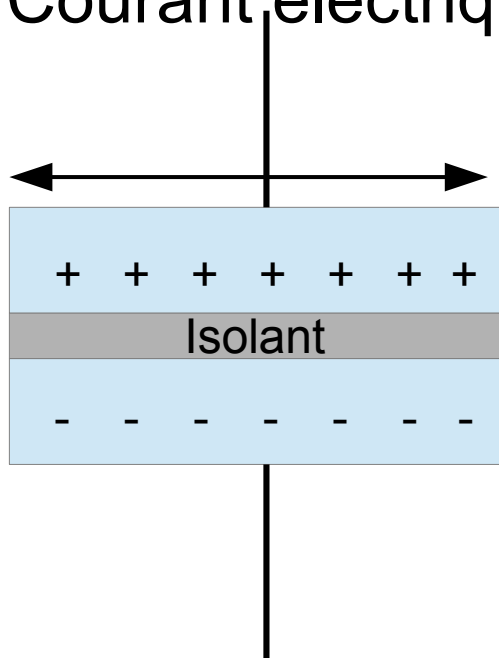
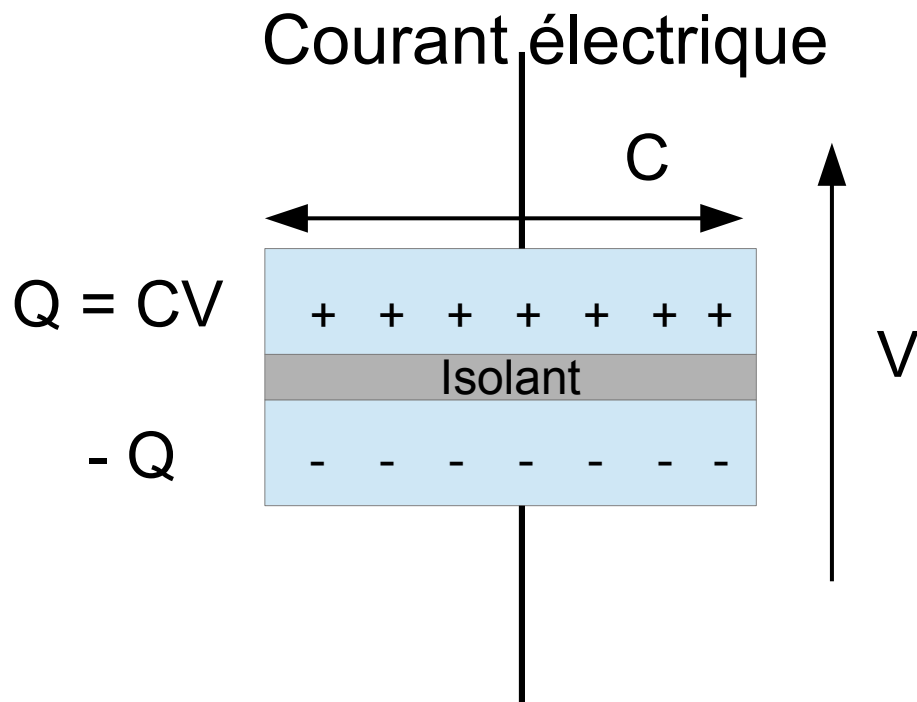


Schéma du condensateur

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

Calcul de la charge



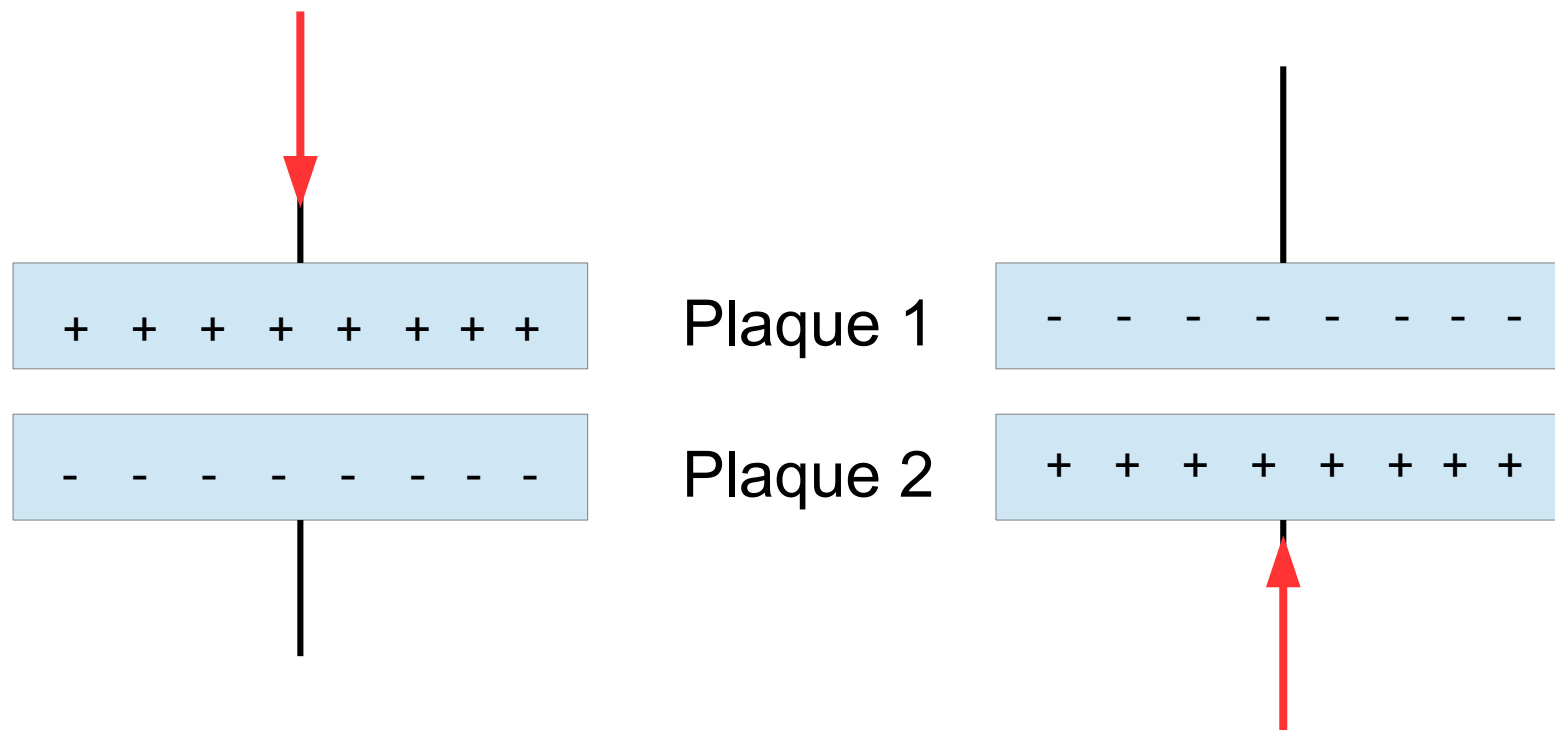
- Charge Q dépend de la tension et de la capacité

$$Q = C \times U$$

Coulombs = Farad x Volt

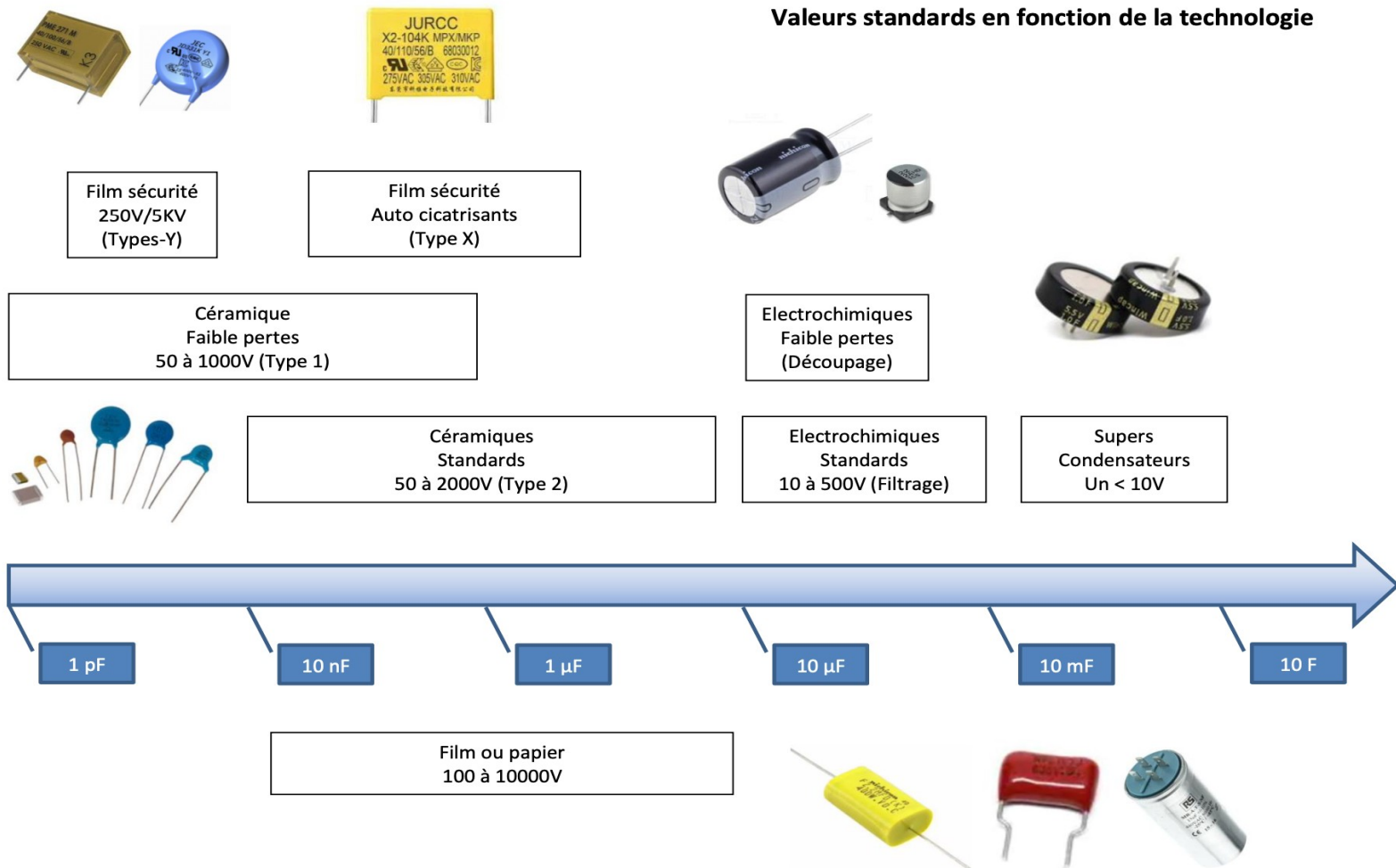
- ATTENTION :
Tension max = U_{\max}

Polarisation d'un condensateur



Certains condensateurs sont 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 μ F	50V à 1000V	Très Faibles pertes	Radio HF, Filtrage HF
Céramiques Type 2	10 nF à 10 μ 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 μ F	250V 50Hz, 3KV pic	Protégé contre court circuit	Filtrage Ph/N
Film ou papier	10 nF à 10 μ F	100V à 10KV	Faible pertes	Moyenne et haute tension
Electrochimique faibles pertes	1 μ F à 5000 μ F	10V à 500V	Polarisé, forte capa volumique, faible R_s	Filtrage HF (sortie découpage)
Electrochimique	1 μ F à 10000 μ 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



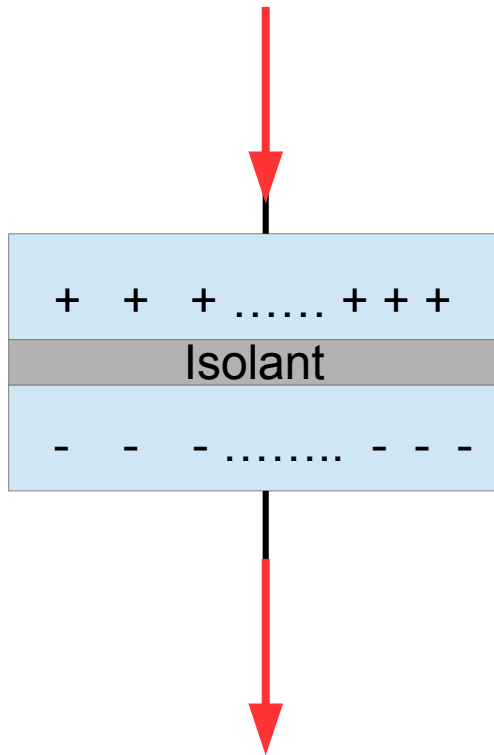
TP – Trouver les informations

- 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 peut-il contenir ?

3) Charge et décharge d'un condensateur

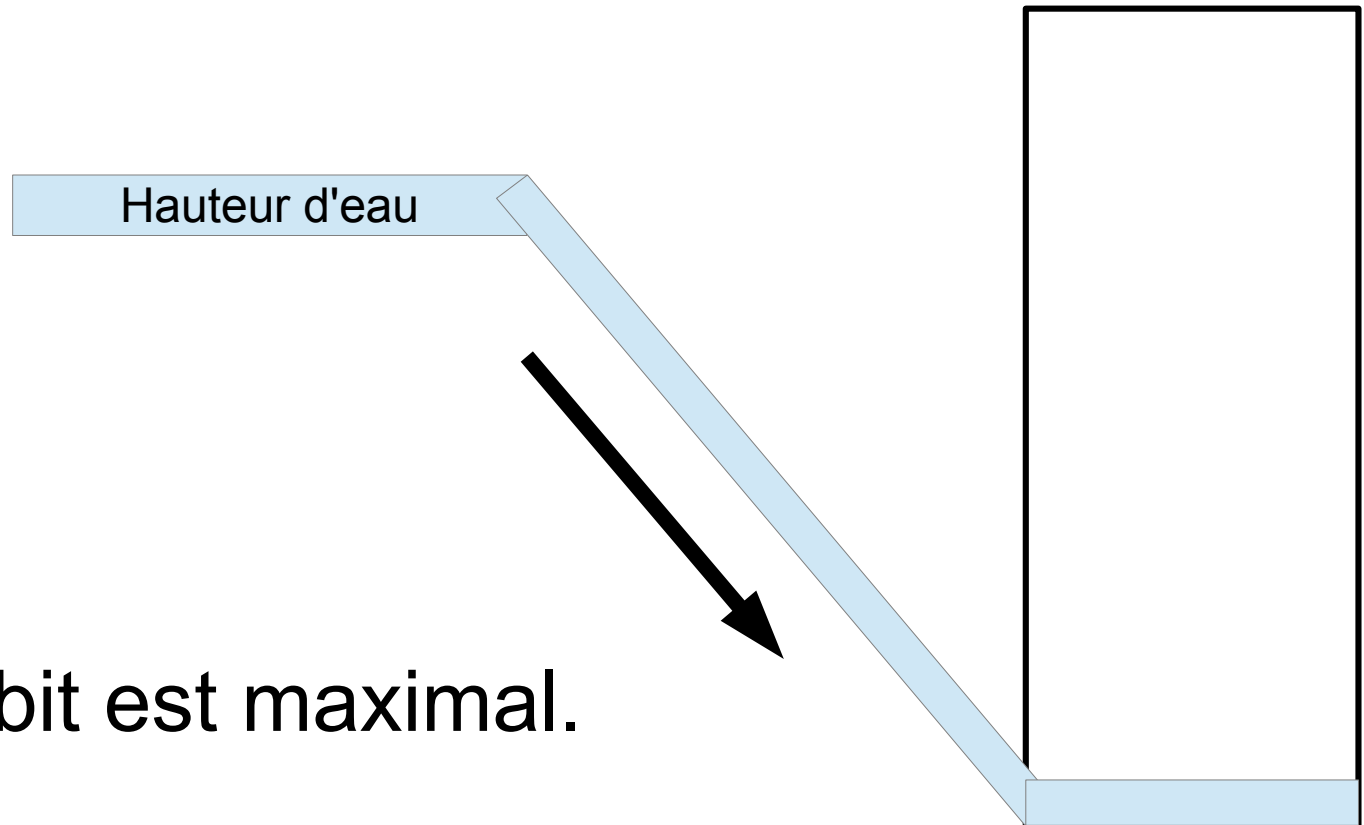
Charge à courant constant

Courant électrique
remplit le condo



- La charge dépend du courant électrique
- Plus il est fort, plus le condensateur se charge vite
- A courant constant :
 $Charge(t) = Intensité \times temps$
- Si vous remplissez une bouteille avec un débit constant, sa hauteur croît proportionnellement au temps

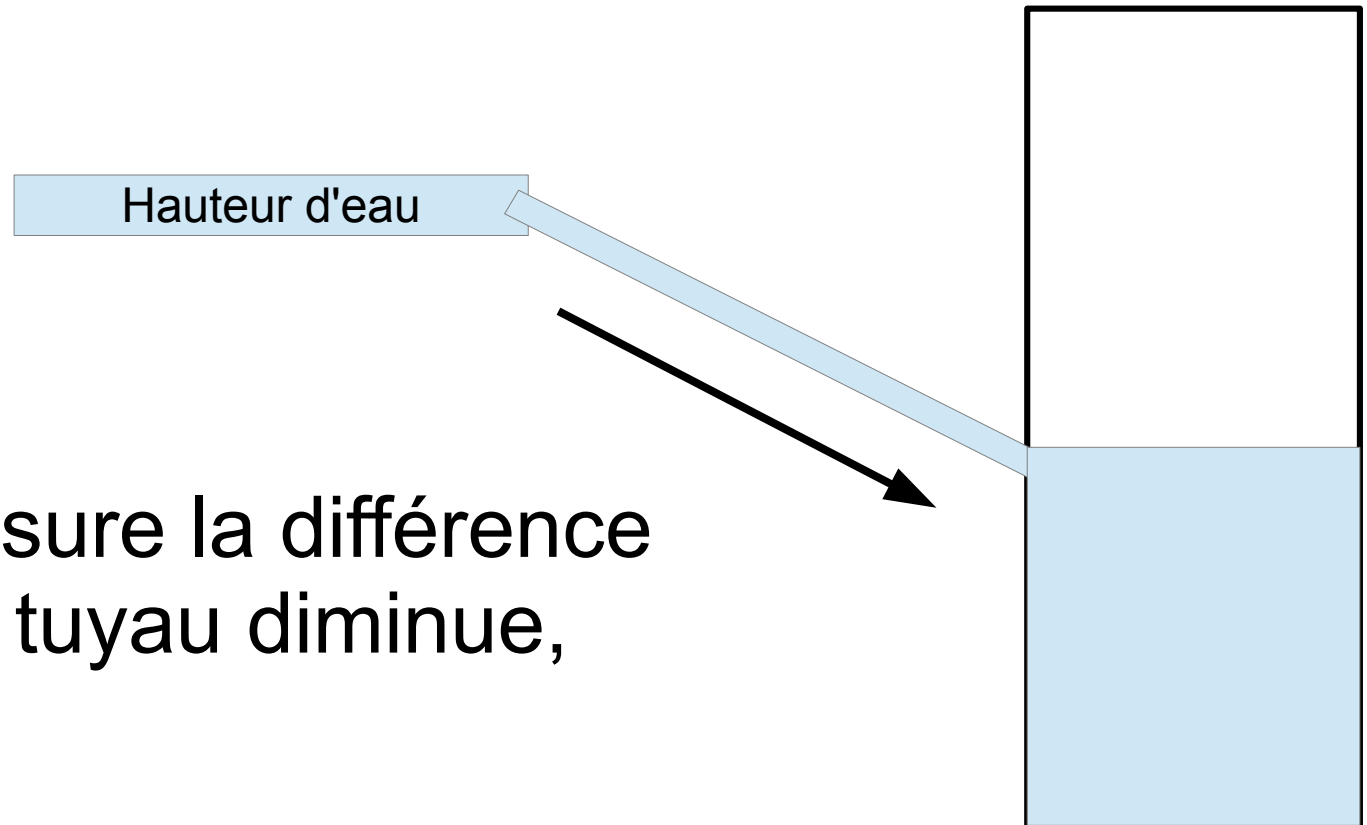
Analogie charge à tension constante



Au début le débit est maximal.

La hauteur d'eau est petite dans la bouteille.

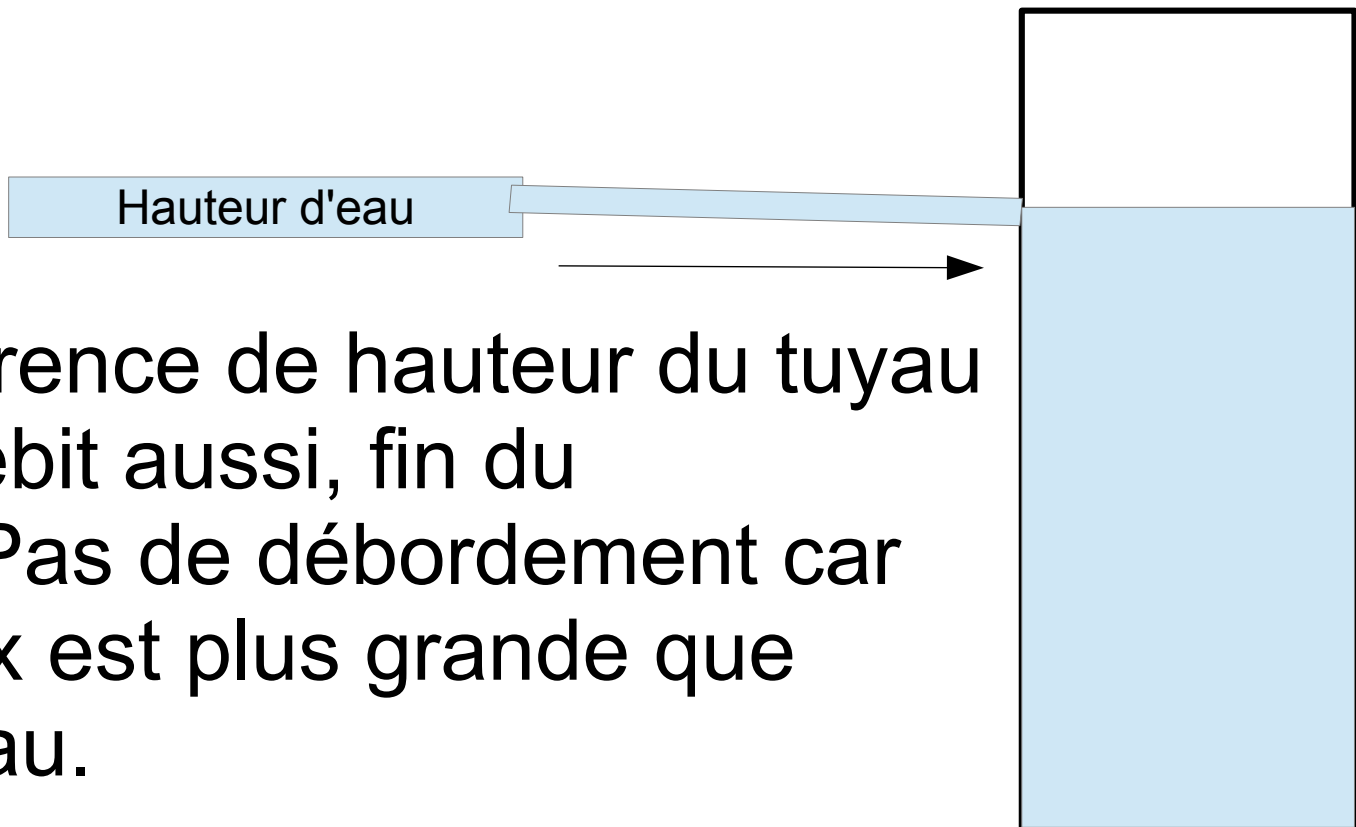
Analogie charge d'un condensateur



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

La hauteur d'eau de la bouteille augmente

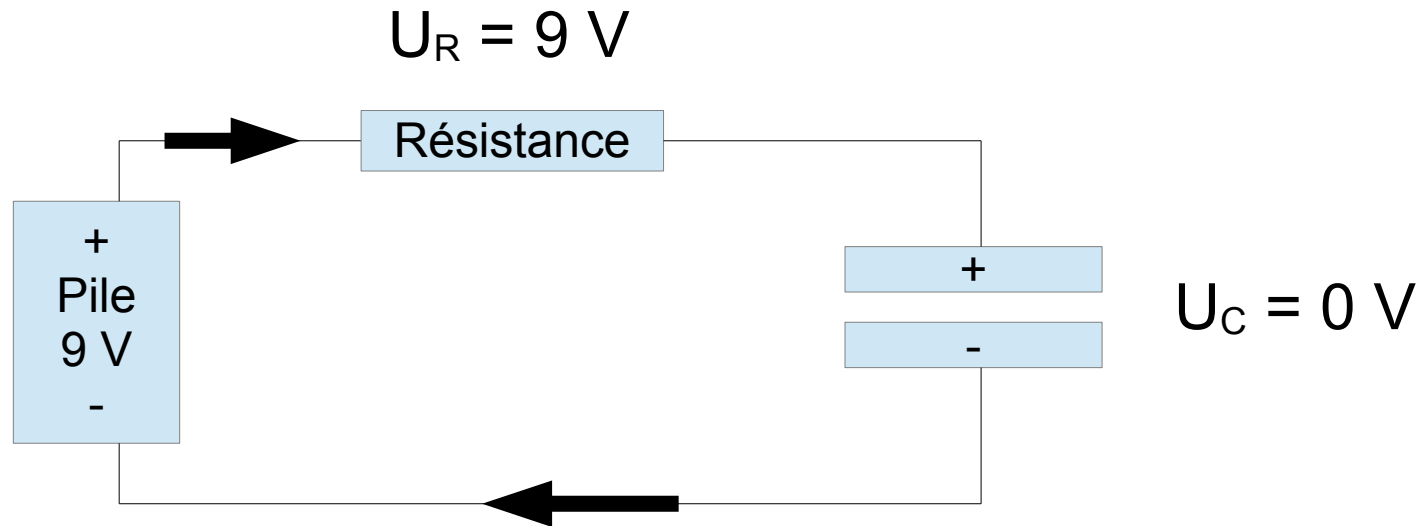
Analogie charge d'un condensateur



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.

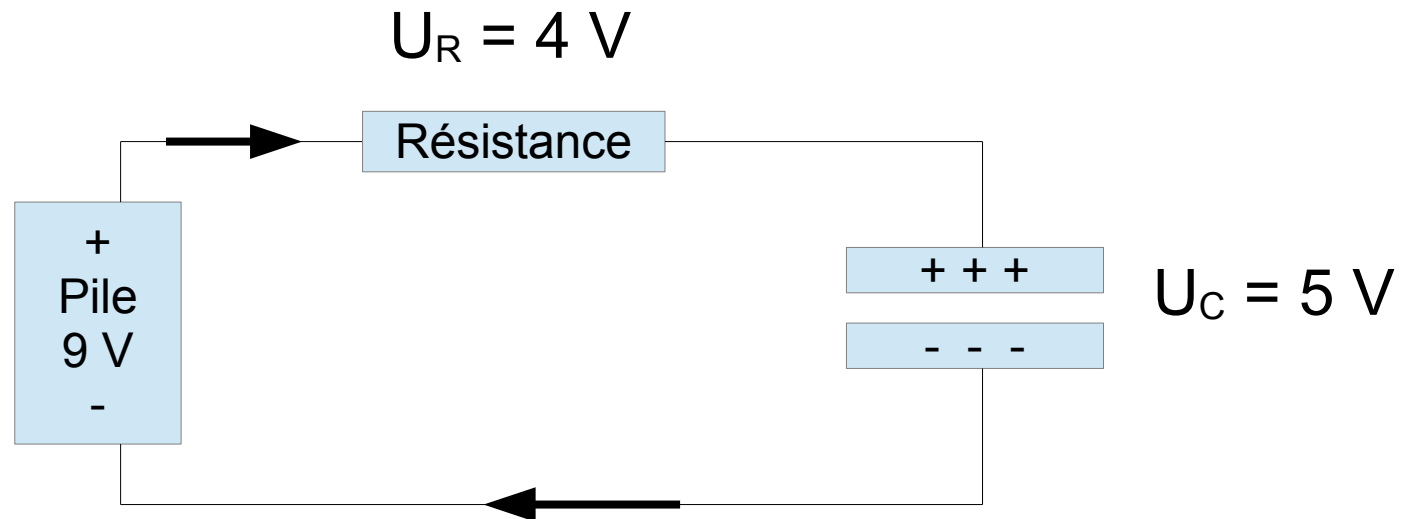
La hauteur d'eau est celle du tuyau.

Charge d'un condensateur



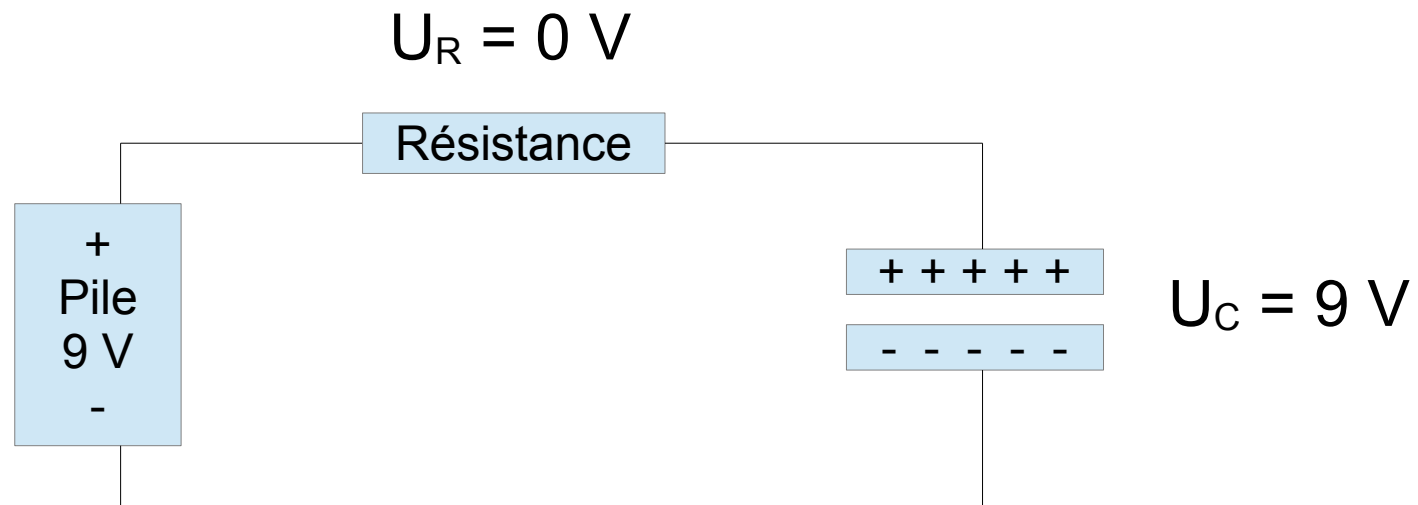
Au début, le condensateur est comme un court-circuit, l'intensité est U/R . La plaque 1 commence à se charger de charges positives venant du pôle + de la pile. De l'autre côté, pour garder la neutralité, la plaque 2 se charge négativement.

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.

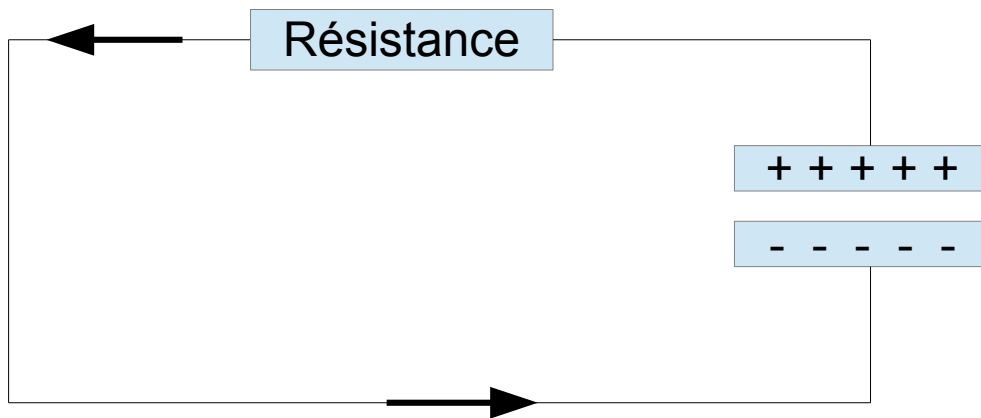
Charge d'un condensateur



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

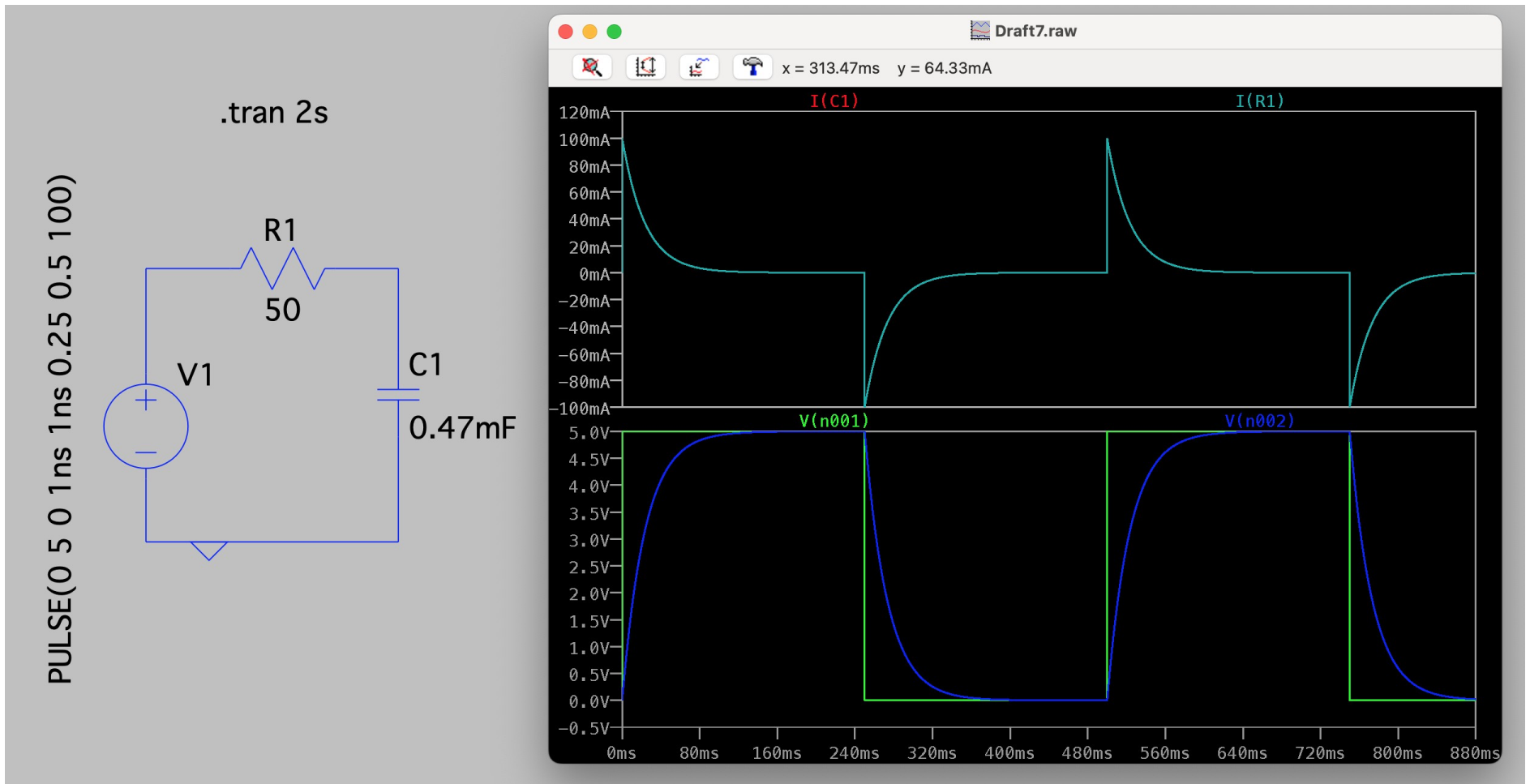


Fin de la décharge



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

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

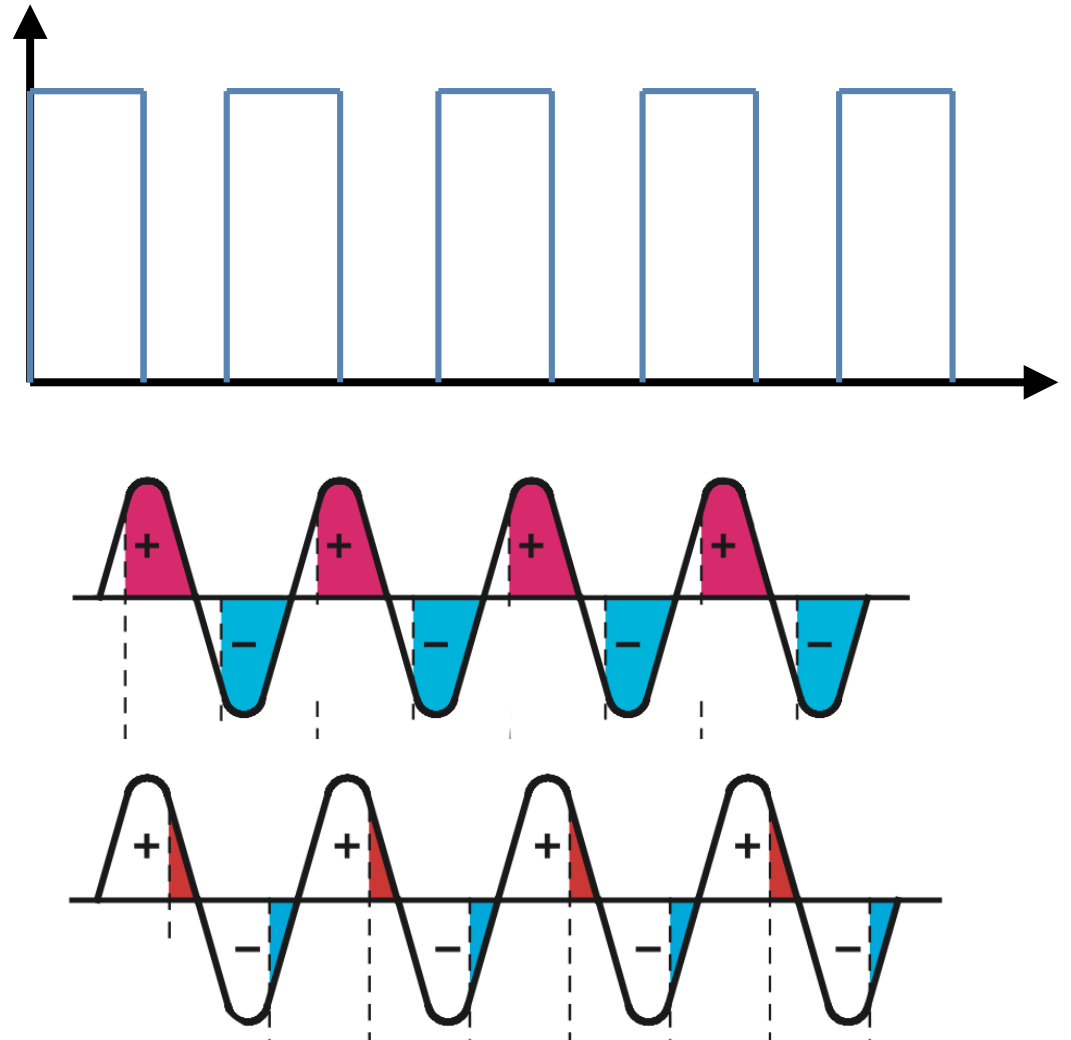
TP – Mesurer la constante de temps

- Choisir le condensateur et la résistance pour constante de temps entre 1 – 10s
- 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

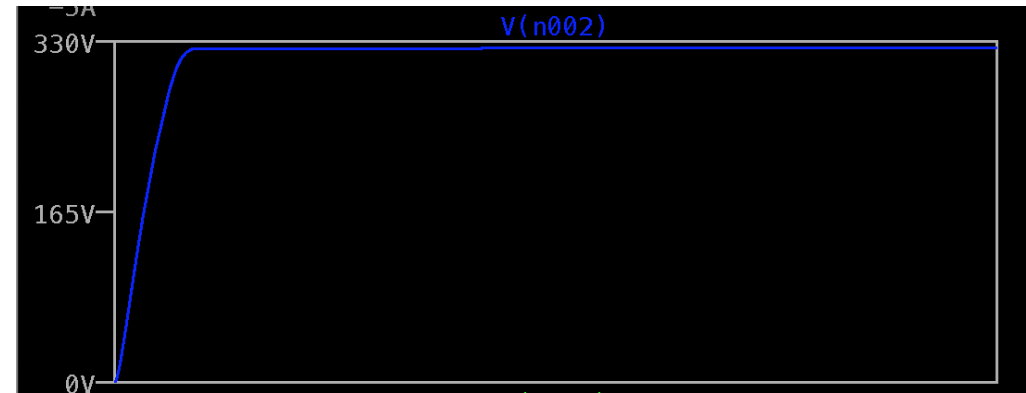
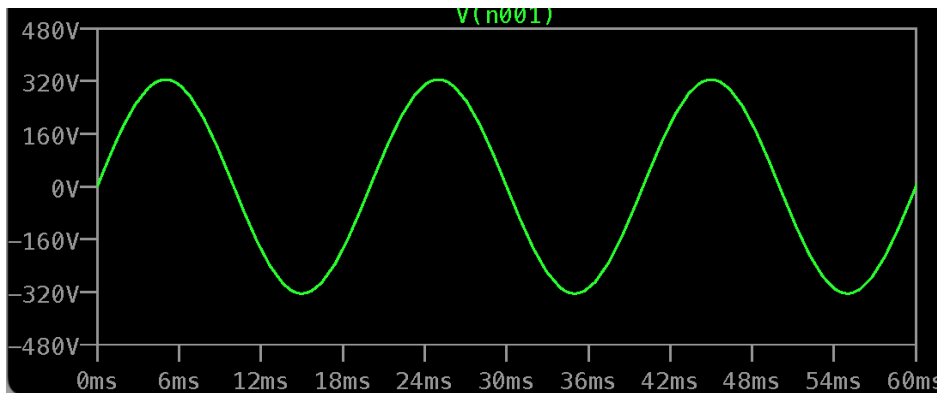
Temporiser une tension continue : utilité

- Pour contrôler des minuteurs type NE555 générant un signal carré oscillant
- Dans le gradateurs de puissance, pour contrôler quand couper le signal



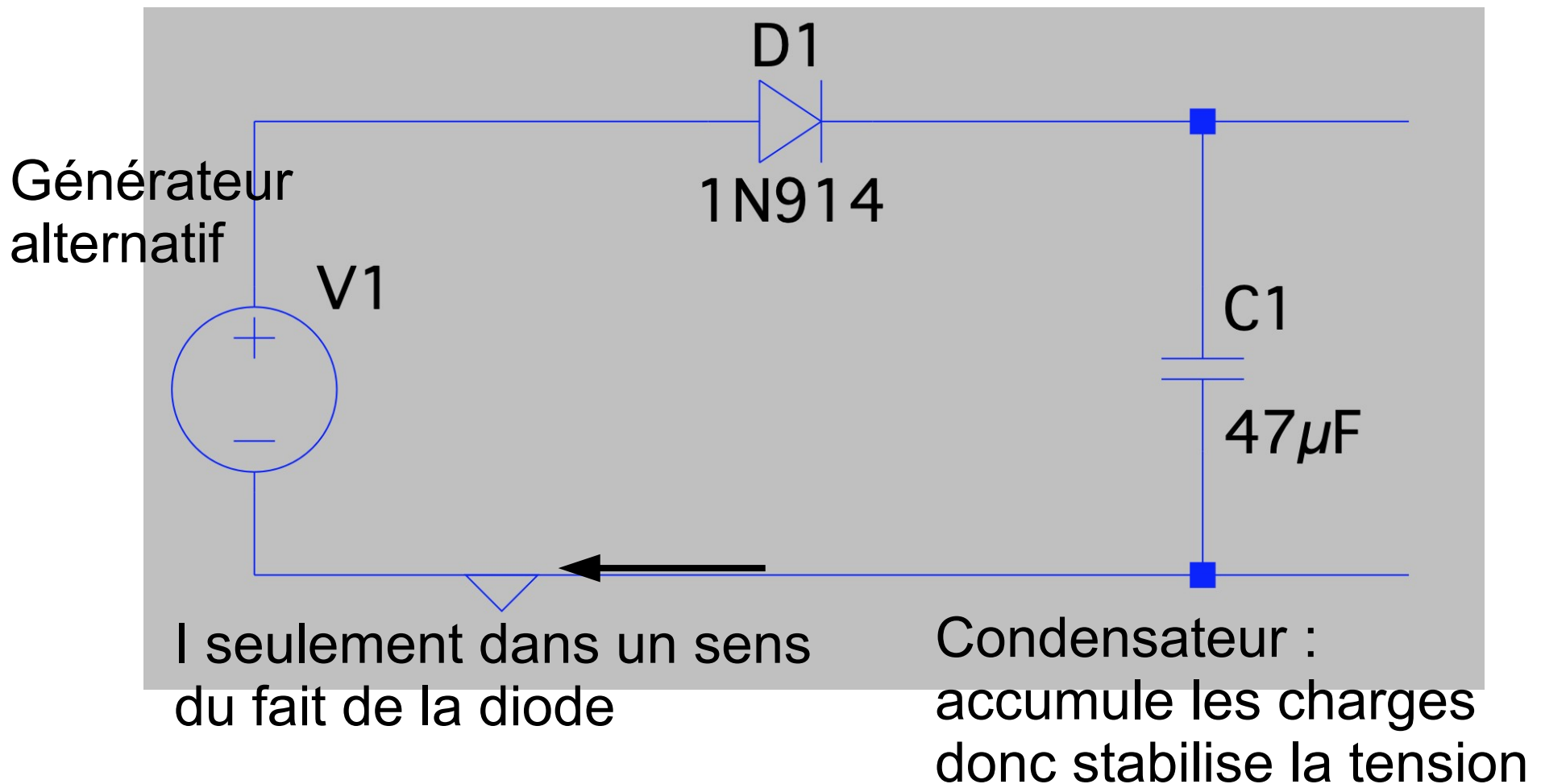
Récupérer la tension crête d'une tension alternative - Motivation

- 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

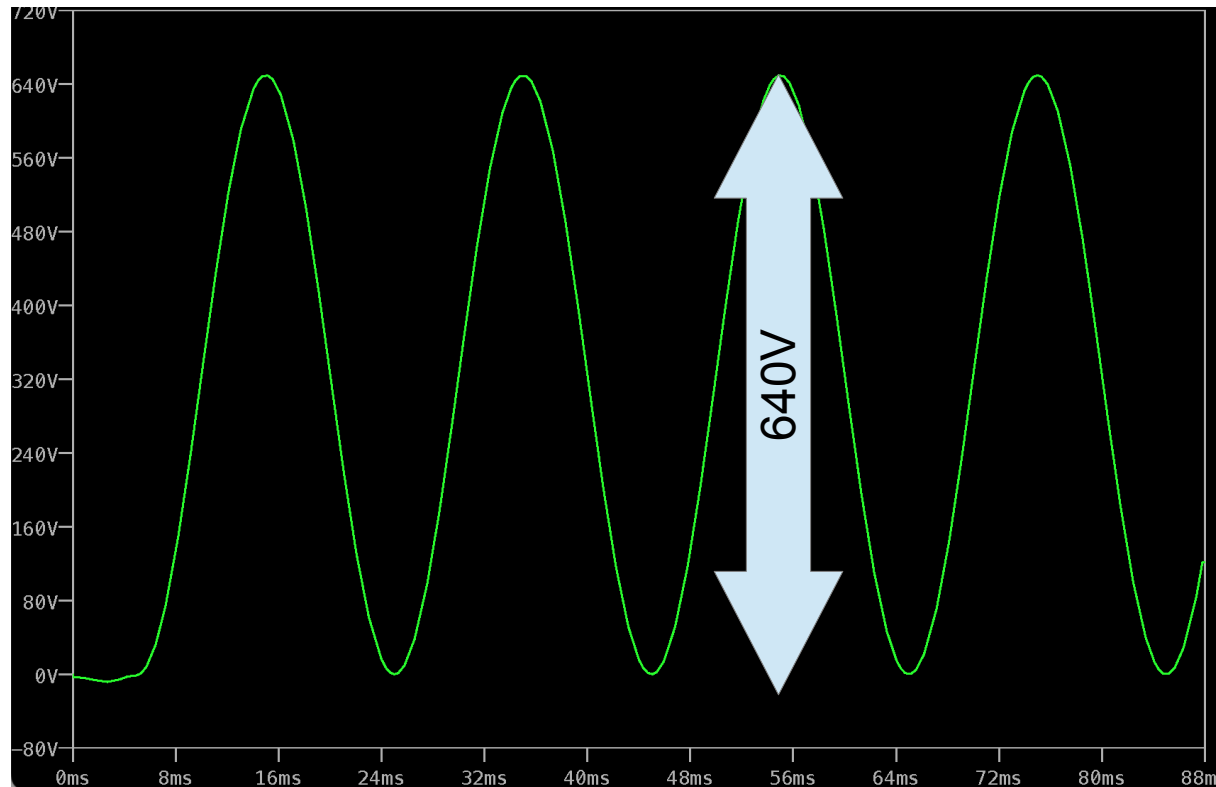


Récupérer la tension crête d'une tension alternative - Schéma

Diode : interdit la décharge du condensateur

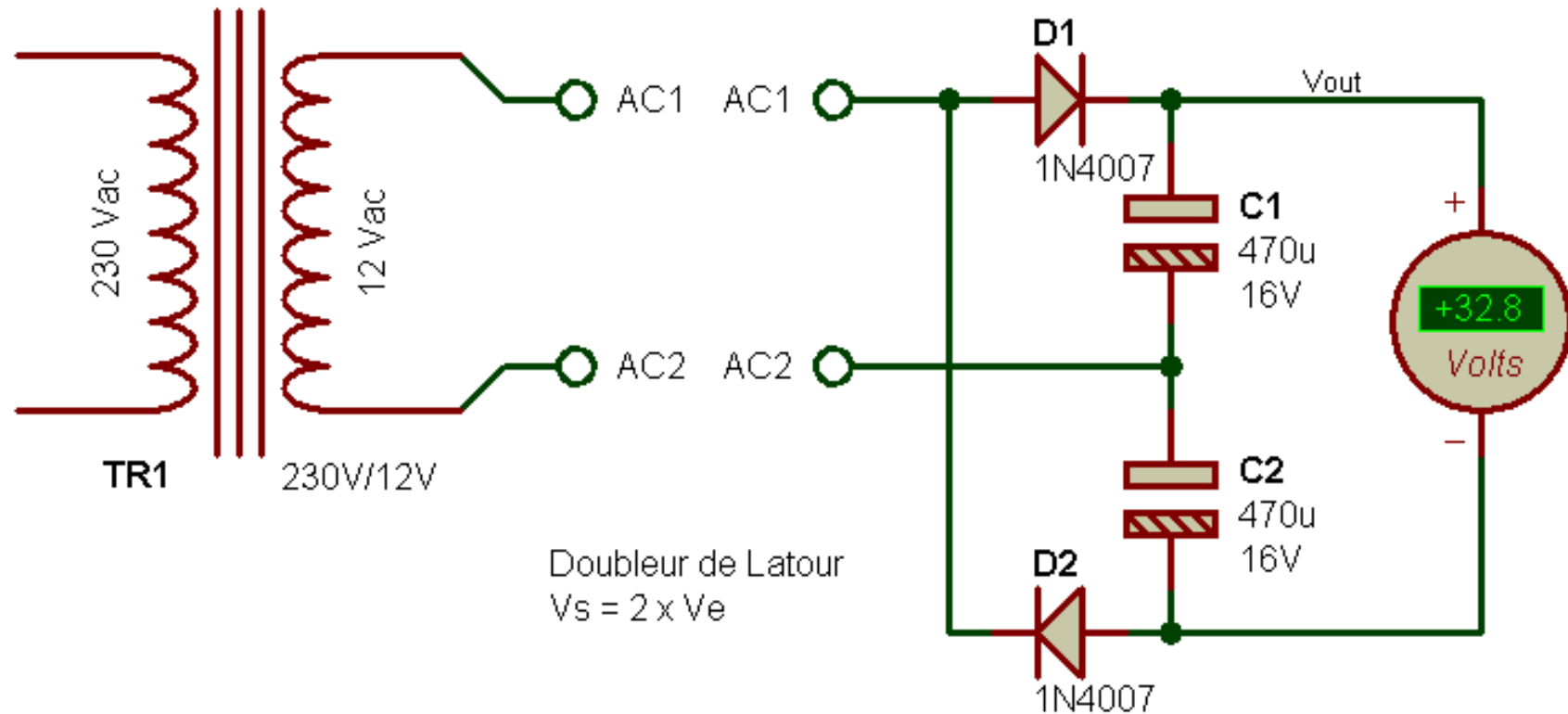


Bonus : Circuit de Villard doubleur de tension



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



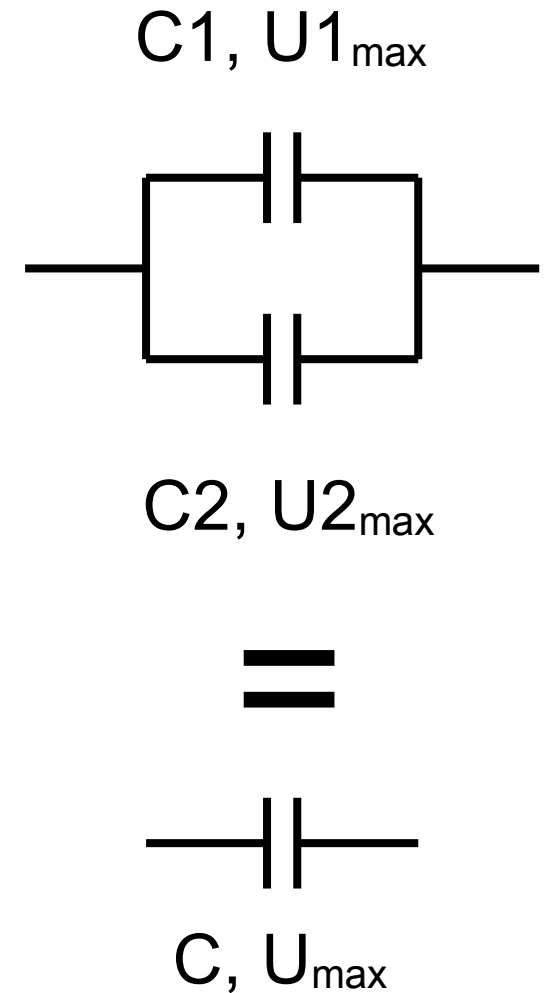
Exemple d'un schéma de doubleur de Latour

https://sonelec-musique.com/electronique_theorie_multiplicateurs_tension.html

Annexe : condensateurs en séries ou en parallèles

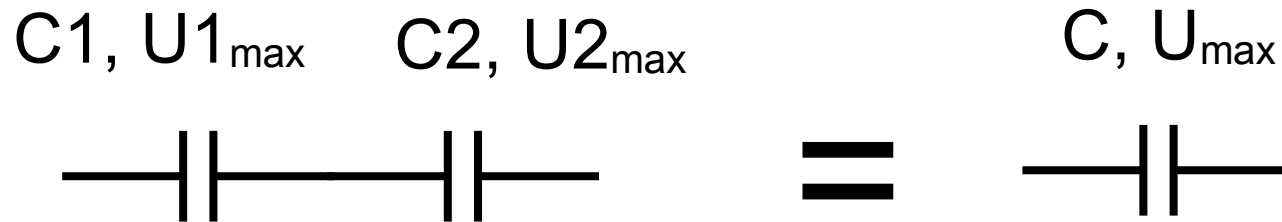
Condensateurs en parallèle

- 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



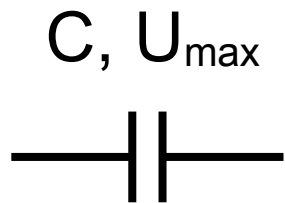
Condensateurs en série

- 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 $U1_{\max} = U2_{\max}$
=> $C = C1 / 2, U_{\max} = 2 \times U1_{\max}$

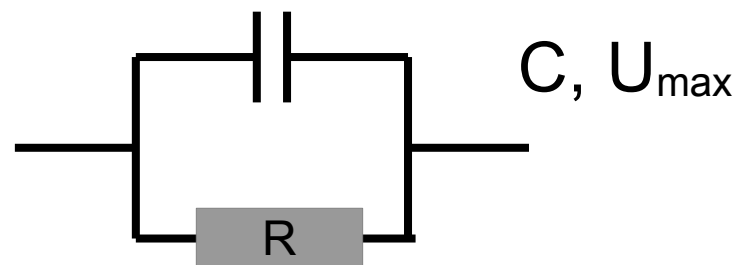


Résistance interne en parallèle

- 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



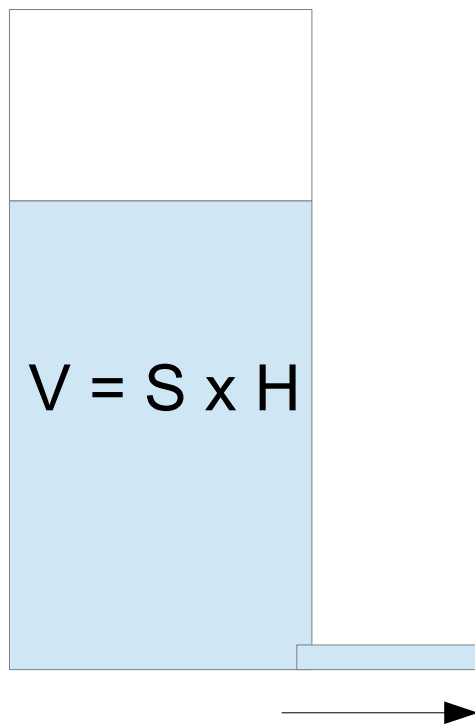
Condensateur parfait



Condensateur réel

Annexe : Energie d'un condensateur

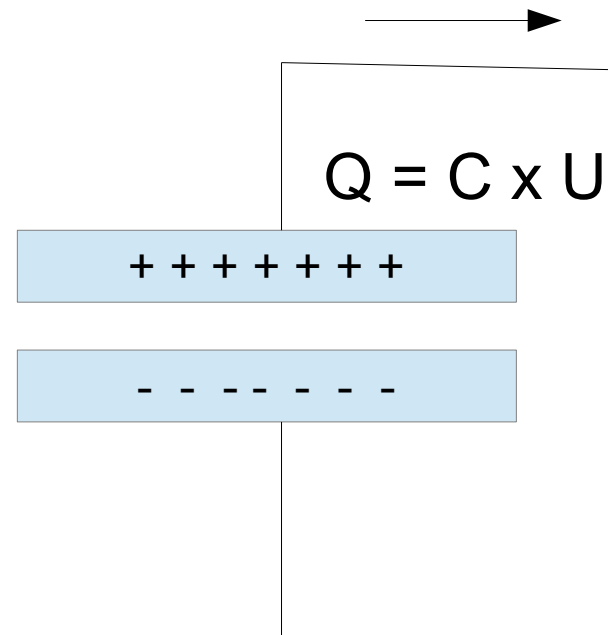
Energie d'un condensateur



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 est non constante :

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

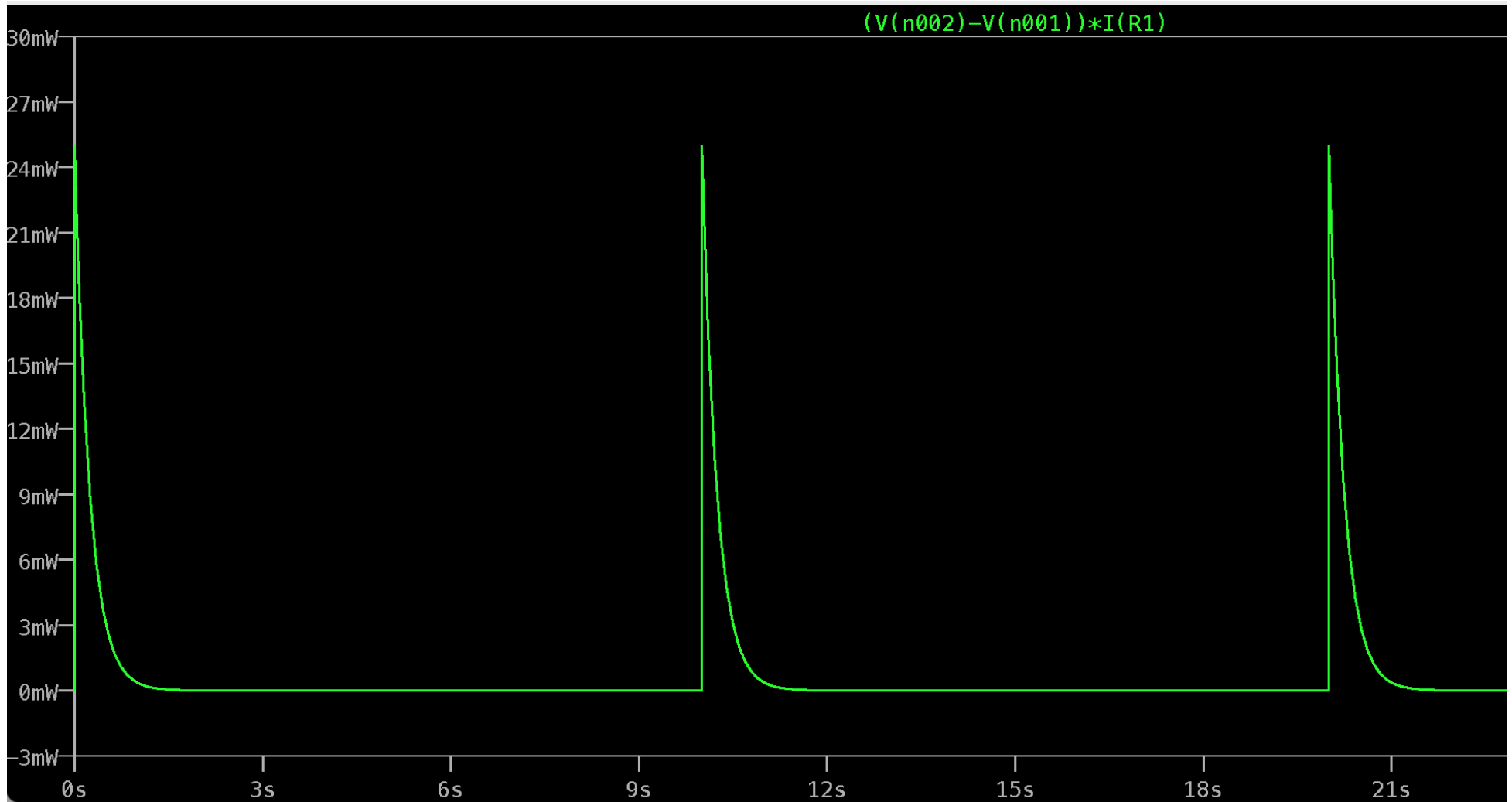
- U décroît vite
- P décroît encore plus vite au carré

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

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 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 $C = 0,1 \text{ F}$ pour un super-condensateur,
 $T = RC = 10 \text{ ms}$
 $E = 1/2 * 0,1 * 200^2 = 2 \text{ kJ}$