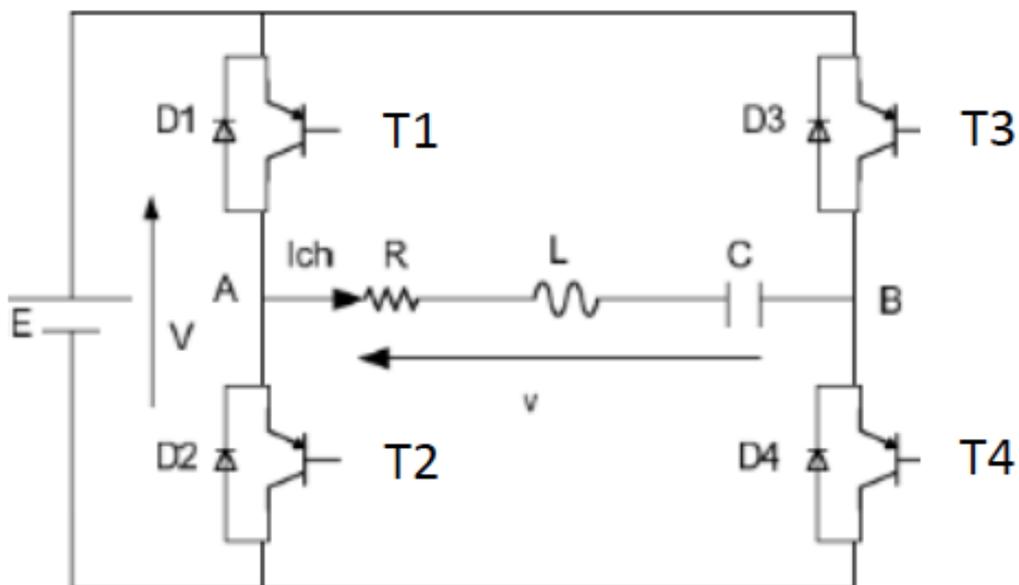


### Note d'application : circuit résonant

Pour effectuer de l'induction, il est nécessaire d'utiliser un onduleur à résonance, c'est-à-dire un onduleur conçu pour fonctionner avec une charge RLC à une fréquence spécifique : celle de la résonance du circuit.

Le schéma est le suivant :



La structure d'un onduleur se distingue par la présence de quatre éléments de commutation, chacun constitué d'un MOSFET associé à une diode en antiparallèle. La charge est représentée par un circuit RLC série :

- $R$  : correspond à l'élément à chauffer dans le circuit,
- $L$  : représente la bobine qui génère le champ magnétique nécessaire à l'induction dans l'élément placé à l'intérieur de la bobine,
- $C$  : est un condensateur de puissance essentiel au bon fonctionnement du système, en particulier pour maintenir la résonance et optimiser les performances.

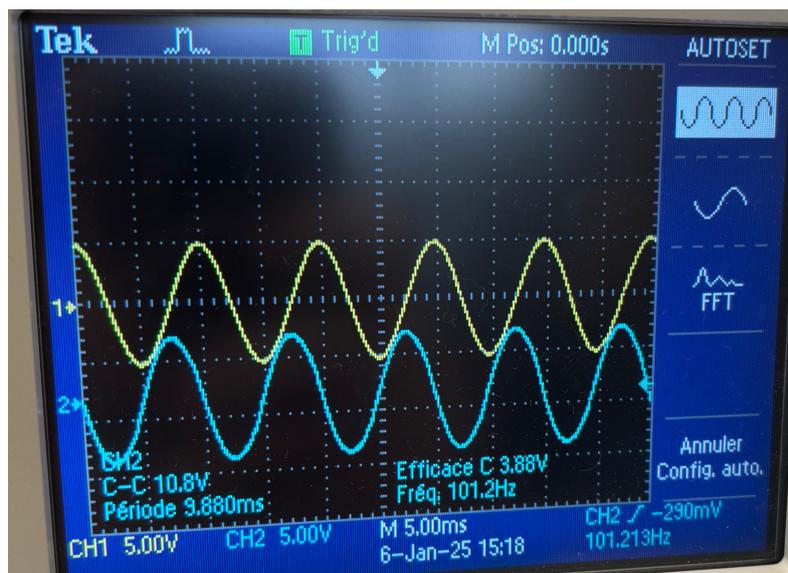
La fréquence de résonance d'un tel circuit RLC série s'exprime généralement par la formule suivante :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

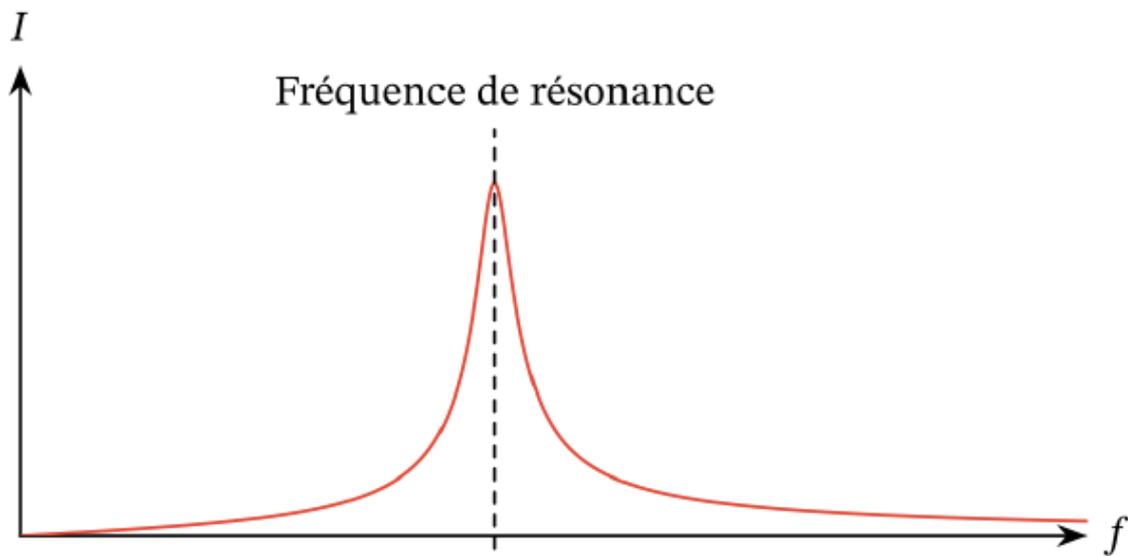
Cette fréquence correspond au point où l'impédance du circuit est minimale et où le transfert d'énergie est le plus efficace.

À la résonance, la tension aux bornes du condensateur est parfaitement sinusoïdale, tout comme le courant qui traverse la bobine. De plus, ces deux grandeurs sont quasiment en phase, ce qui maximise le transfert d'énergie vers l'élément à chauffer. Cette condition garantit que la puissance distribuée à l'élément est optimale, car les pertes énergétiques sont minimisées et le système fonctionne avec une efficacité maximale.

Comme on peut le voir sur le tracé suivant :



On peut voir aussi l'amplitude du courant dans la bobine en fonction de la fréquence de fonctionnement sur ce tracé :



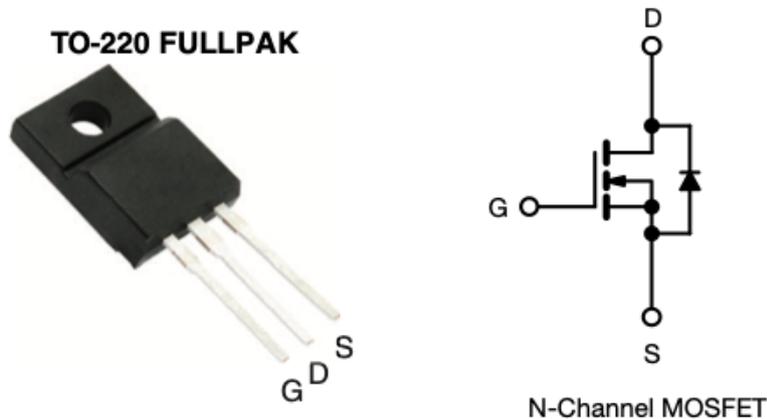
On observe que, précisément à cette fréquence de résonance, le courant dans la bobine atteint son maximum, ce qui signifie que le champ magnétique généré est également maximal. Par conséquent, la puissance de chauffage est à son apogée. Cependant, ce comportement met en évidence l'importance cruciale de maintenir le système à la bonne fréquence. En effet, un décalage significatif par rapport à cette fréquence entraîne une réduction importante de la puissance transférée à l'élément chauffé, comme le montre le graphique. Cela souligne la nécessité d'un réglage précis pour garantir un fonctionnement optimal.

Ces pics de performance, bien qu'il permette un chauffage rapide grâce à une puissance maximale, impose également de surdimensionner les composants en tension et en courant. En effet, les éléments du circuit doivent être capables de supporter les niveaux élevés de tension et de courant générés à la fréquence de résonance, afin d'assurer la fiabilité et la durabilité du système.

## Choix des composants :

### MOSFET :

IRLIZ14G :



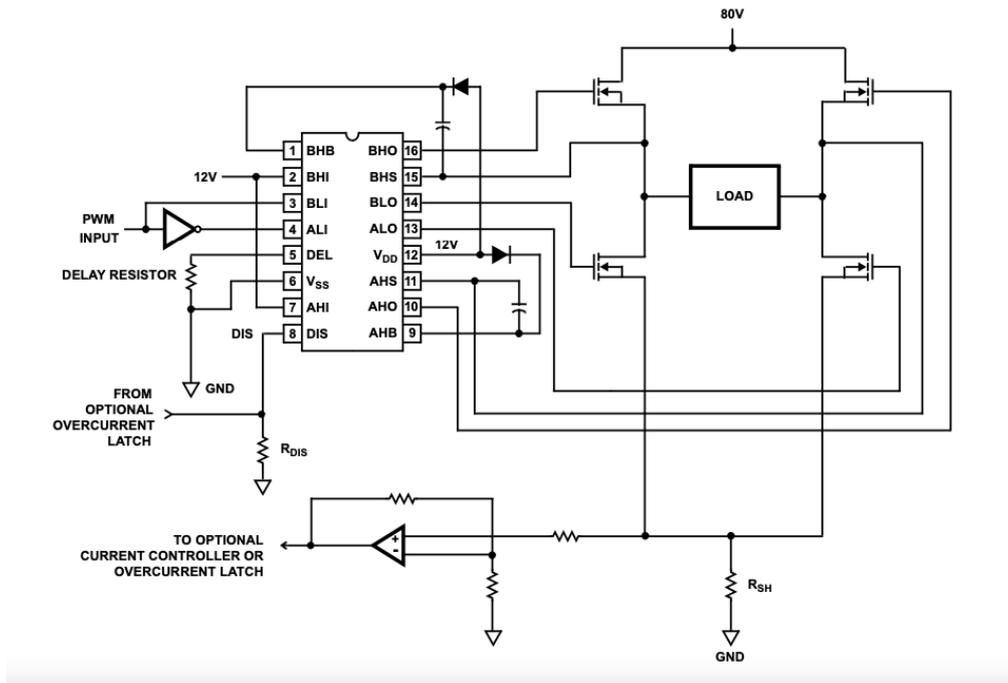
Voici les principales caractéristiques importantes à prendre en compte :

- Diode en antiparallèle intégrée : Chaque composant inclut déjà une diode pour les commutations inverses.
- Tension maximale aux bornes : **60 V** : Ce qui est compatible avec une alimentation de prototype de 40 V, offrant une marge de sécurité.
- Courants supportés : Jusqu'à **8 A** en continu et **32 A** en pic, permettant de gérer des charges importantes.
- Tension de commande de la grille : **10 V**
- **Fréquence de fonctionnement élevée** : Capable de fonctionner jusqu'à des fréquences atteignant le MHz, cela nous offre une large plage de fréquences pour déterminer la fréquence de résonance optimale.

Ce choix de MOSFET a été délibérément surdimensionné afin d'offrir une grande flexibilité en termes de tension et de courant d'entrée, tout en permettant une large gamme de fréquences de fonctionnement et de choix pour la fréquence de résonance.

### **Driver :**

Pour garantir que la commutation du pont de MOSFET se fasse de manière précise et sécurisée, sans risque de court-circuit de la charge ou de l'alimentation, nous utilisons un driver de pont de la marque RENESAS (HIP4082). Voici le schéma correspondant :



On remarque que les entrées de ce driver sont constituées de deux signaux MLI complémentaires l'un par rapport à l'autre. Ensuite, une résistance de délai peut être ajoutée pour sécuriser le système en introduisant un décalage temporel entre les deux signaux MLI, afin d'éviter que les deux MOSFET sur le même bras ne commutent simultanément.

Pour assurer le bon fonctionnement du driver, plusieurs autres éléments doivent être connectés. Enfin, les quatre sorties du driver (pins 16, 14, 13, 10) sont reliées aux grilles des MOSFET pour les commuter à la bonne tension. La tension d'alimentation du driver, soit 10 V, est suffisante pour activer les MOSFET de manière efficace.

Ce driver peut fournir des signaux de commande jusqu'à environ 200 kHz. Au-delà de cette fréquence, les signaux MLI commencent à se déformer, ce qui peut nuire à la précision et à l'efficacité de la commutation des MOSFET. Il est donc important de maintenir la fréquence de fonctionnement en dessous de cette limite pour assurer un fonctionnement optimal du système.

## Dimensionnement de la bobine et du condensateur :

La bobine étant limitée en espace, car elle doit tenir dans le manche du fer, il a été décidé d'enrouler un maximum de spires autour de l'élément à chauffer afin de générer le maximum de champ magnétique, comme l'illustre la photo ci-dessous :



Après un calcul théorique et une mesure avec un instrument, l'inductance de cette bobine est égale à :  **$L = 80 \mu\text{H}$**

Pour éviter les bruits de commutation que pourraient générer les transitions des MOSFET, nous avons décidé de nous éloigner autant que possible du domaine audible. Le domaine audible s'étend jusqu'à 20 kHz, c'est pourquoi nous avons choisi de nous situer autour de 30 kHz.

Nous avons donc choisi un condensateur d'une capacité  **$C = 330 \text{ nF}$** ,

ce qui donne une fréquence de résonance d'environ  $f_r = 31 \text{ kHz}$ .