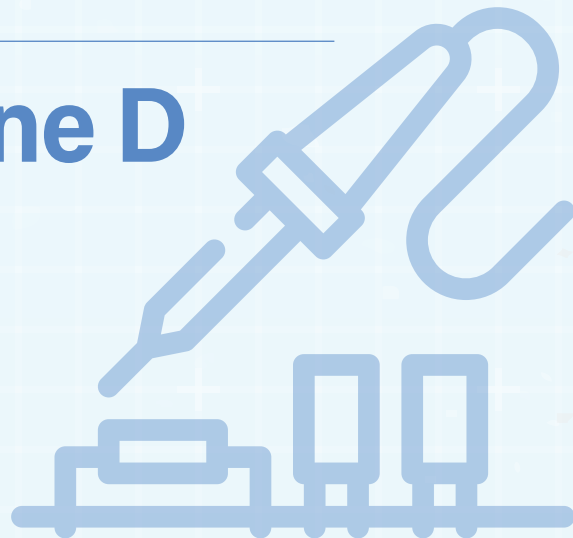


# bureau d'études – Zone D

D comme développement,  
comme débrouillardise et dur-à-cuire

Astuces, bonnes pratiques  
et autres informations pertinentes

Clemens Valens (Elektor Labs)



## Commutation positive ou commutation négative ?

Dans les circuits à commutation positive, le commutateur est inséré entre l'alimentation positive et la charge. La commutation négative est en revanche reliée entre charge et masse (**fig. 1**). Les principes de fonctionnement sont simples dans les deux cas, mais pourquoi choisir une méthode plutôt que l'autre ? Tout dépend de l'application.

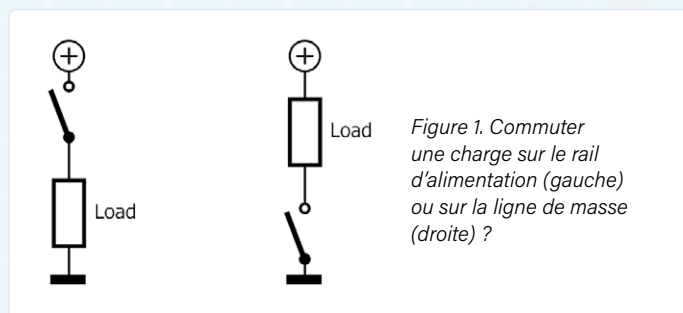


Figure 1. Commuter une charge sur le rail d'alimentation (gauche) ou sur la ligne de masse (droite) ?

## Éviter les situations dangereuses

On privilégiera la commutation positive (**fig. 2**) dans les situations où un court-circuit à la masse est plus probable qu'un court-circuit à la ligne d'alimentation positive. C'est le cas des voitures ou

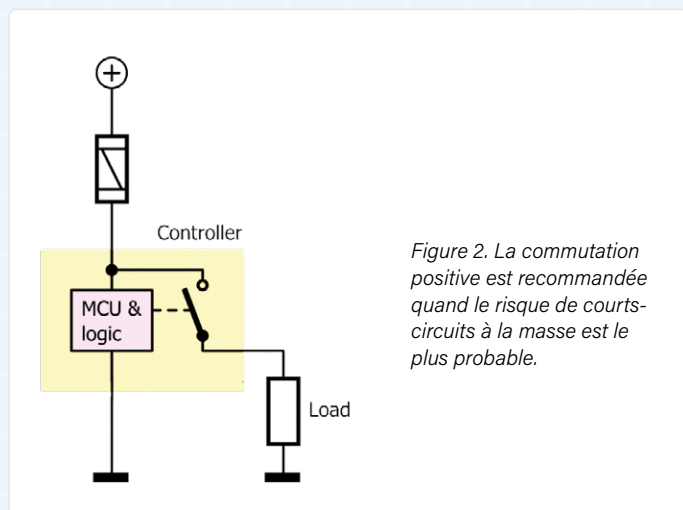


Figure 2. La commutation positive est recommandée quand le risque de courts-circuits à la masse est le plus probable.

des machines dont l'essentiel de la structure est relié à la masse ou au châssis. Dans de tels cas, il est plus prudent de déconnecter la charge de la batterie, plutôt que de la masse. En outre, dans les environnements humides, la corrosion du connecteur sera généralement moindre, du fait de l'absence de tout potentiel sur la charge une fois le circuit coupé.

## La commutation de puissance est meilleure avec des transistors de type N

Les transistors de type N supportent généralement plus de courant que ceux de type P, ils sont donc conseillés pour commuter de lourdes charges. La commutation négative avec transistors de type N est plus simple, et peut d'ailleurs souvent être assurée directement par les ports du  $\mu C$ , sans étage de commutation de puissance. Il est possible de commuter dans la branche positive avec un transistor de type N, mais au prix d'une tension de commande plus élevée que la tension de la charge reliée à sa source ou à l'émetteur. Pour porter le collecteur ou la base du transistor à un potentiel supérieur à sa tension de source ou d'émetteur, il faut recourir à une sorte de pompe de charge, ou à une alimentation auxiliaire. Cela complique le circuit, en alourdit le coût, et augmente sa sensibilité au bruit et aux interférences.

Si vous commandez par modulation de largeur d'impulsion (MLI ou PWM) p.ex. la vitesse d'un moteur ou la luminosité d'une LED

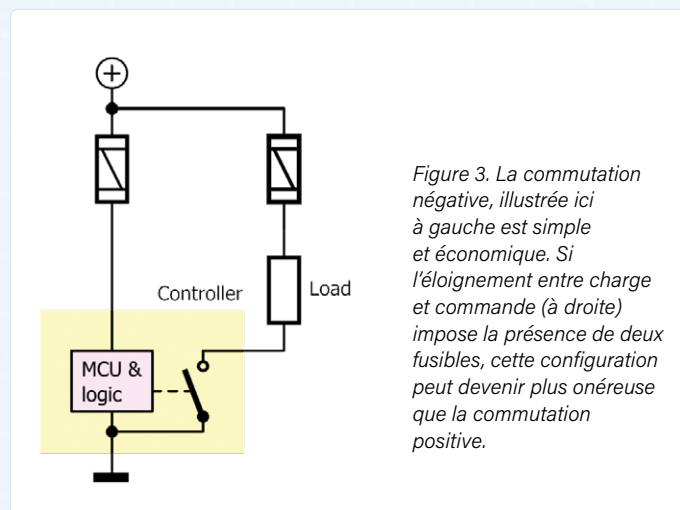


Figure 3. La commutation négative, illustrée ici à gauche est simple et économique. Si l'éloignement entre charge et commande (à droite) impose la présence de deux fusibles, cette configuration peut devenir plus onéreuse que la commutation positive.

par commutation de la branche positive, la pompe de charge risque de poser des problèmes.

### Un fusible fait toute la différence

La commutation négative est donc moins coûteuse que la commutation positive. Si la charge et son circuit de commande sont éloignés l'un de l'autre, les règles de l'art du câblage imposent toutefois deux fusibles distincts pour protéger ces deux éléments, plutôt qu'un seul (fig. 3). La commutation positive se contente d'un seul. Cela peut paraître anecdotique, mais à considérer le câblage et le travail supplémentaires pour rendre le fusible accessible dans un porte-fusible, cette adjonction pourrait annihiler le gain financier de la commutation négative.

### Rien de tel qu'une bonne masse

La commutation négative comporte un potentiel de masse commun à la charge et à son contrôleur. Cela évite les différences de potentiel de masse (masse flottante) en présence de courants de forte intensité et un grand éloignement entre charge et circuit. La commu-

tation négative est ainsi moins sensible aux interférences par la masse que la commutation positive.

D'autre part, même fermé, un commutateur introduit une certaine résistance en série avec la charge. Celle-ci se traduit par une petite chute de tension, de sorte que le potentiel de la masse de la charge est légèrement supérieur au potentiel de masse du circuit de commande.

### Alors, que faire ?

Dans les cas où il suffit d'activer ou de couper une charge (lourde), la commutation positive est préférable. Quand l'alimentation d'une charge doit être commandée par un signal PWM (relativement) rapide, dans un gradateur d'éclairage ou de chauffage par exemple, on préconisera la commutation négative.

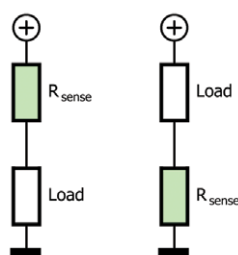
Il existe aussi les demi-ponts en H qui combinent les commutations positive et négative... et la commande MLI... Avant de faire son choix, il faut peser le pour et le contre en fonction de l'application. ◀

190369-F-02

## DÉTECTER LE COURANT CÔTÉ TENSION POSITIVE, OU NÉGATIVE ?

### Plus ou moins : quel côté choisir ?

De même que pour la commutation, se pose le problème de la détection du courant. Il existe plusieurs techniques pour cela, la plus connue étant certainement celle qui consiste à placer une petite résistance d'une valeur donnée, en série à la masse. Comme l'intensité du courant à travers la charge est la même que celle du courant à travers la résistance en série, la loi d'Ohm permet de calculer le courant en mesurant la chute de tension sur la résistance qu'il suffit de diviser par la valeur de la résistance. Où placer cette résistance, avant ou après la charge ? Autrement dit, doit-on détecter le courant côté plus ou côté moins ?



Détection de courant côté moins (à gauche) et côté plus (à droite).

### Détection moins chère côté moins

Lors d'une détection côté moins, la tension généralement basse sur la résistance, est référencée à la masse et peut être amplifiée facilement par des amplificateurs opérationnels basse tension peu coûteux, avant d'être numérisée et traitée

par un microcontrôleur, par exemple. Néanmoins, comme le commutateur lors d'une commutation négative, la résistance de détection (aussi appelée *shunt*) cause une (légère) baisse de tension qui relève le potentiel de la charge par rapport à celui de la masse, susceptible donc de provoquer des potentiels parasites sur la masse (*ground bounce*).

Par ailleurs, la détection côté moins ne permet pas de savoir que la charge est court-circuitée à la masse, qu'elle le soit en interne ou qu'elle le soit à l'un de ses terminaux.

### Gérer les tensions en mode commun élevées

La détection de courant côté plus ne souffre pas de ces problèmes-là, elle en a d'autres. Par exemple, la référence de la tension sur la résistance de détection n'est pas la masse. Pour la rapporter au potentiel de la masse, il faut des circuits supplémentaires, qui compliquent les choses et font monter le prix.

De plus, la tension de mode commun que doit supporter l'amplificateur doit être égale à l'alimentation positive (et même plus élevée en cas de transitoires), soit des centaines de volts dans certaines applications. Par conséquent, l'amplificateur doit soit supporter une tension d'alimentation élevée, soit disposer d'entrées capables de gérer des tensions de mode commun aussi élevées. Enfin, pour contenir les erreurs de tension en mode commun, il faut utiliser des composants de précision, plus coûteux.

Pour faciliter un peu la vie du concepteur, plusieurs fabricants de semi-conducteurs proposent des circuits intégrés de détection de courant côté plus.

### Conclusion ?

La méthode de détection de courant à choisir dépend de l'application (*bis*). La détection de courant côté plus peut

détecter si la charge est court-circuitée ou ouverte, et la charge reste référencée à la masse. Cependant, en raison des exigences du mode commun, elle est plus complexe et plus coûteuse que la détection du courant côté moins. Le recours à

un circuit intégré spécial pour la détection de courant pourrait être la meilleure solution.

#### Votre avis, s'il vous plaît ?

N'hésitez pas à poser vos questions ou envoyer

vos commentaires sur cet article à l'auteur

[clemens.valens@elektor.com](mailto:clemens.valens@elektor.com)

## DEUX MÉTHODES DE DÉTECTION DE COURANT CÔTÉ HAUTE TENSION

Fondamentalement, l'amplificateur de détection de courant (à gauche) divise le courant à travers  $R_{\text{sense}}$  par un facteur de  $R_1/R_{\text{sense}}$  ( $= 1000$ ) et le force à travers  $R_3$ . La tension sur  $R_3$  est donc proportionnelle au courant traversant  $R_{\text{sense}}$ . Un courant de 1 A à travers  $R_{\text{sense}}$  se traduit par un courant de 1 mA à travers  $R_3$  (1 k $\Omega$ ), ce qui donne une tension de 1 V sur  $R_3$ .

L'amplificateur différentiel (à droite) multiplie la tension sur  $R_{\text{sense}}$  par  $R_4/R_2$  ( $= 10$ ). Un courant de 1 A à travers  $R_{\text{sense}}$  produit une tension de 0,1 V sur  $R_{\text{sense}}$ , qui, multipliée par 10, donne 1V à la sortie de l'amplificateur.

Les deux circuits produisent la même sortie, mais ils ne sont pas équivalents.

#### Bande passante

Premièrement, la largeur de bande des deux circuits n'est pas la même. Celle de l'amplificateur différentiel est généralement (beaucoup) plus étroite que celle de l'amplificateur de détection de courant et donc mieux adaptée à la mesure du courant moyen dans une charge. L'amplificateur de détection de courant, d'autre part, est rapide et peut mesurer le courant instantané de la charge à des fréquences élevées.

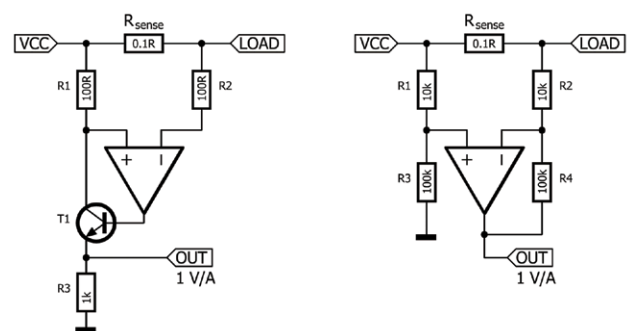
#### CMR

Un autre facteur important est le rejet en mode commun ou CMR. Comme la tension de mode commun aux entrées est élevée, une asymétrie, même petite, entre les deux entrées entraînera une erreur à la sortie de l'amplificateur. Il faut donc pour l'amplificateur différentiel des résistances de précision pour maintenir l'erreur CMR aussi faible que possible. Dans l'amplificateur de détection de courant, c'est principalement l'ampli op qui détermine le CMR, un paramètre fixé par son fabricant.

#### Robustesse

D'autre part, grâce à ses résistances externes, un amplificateur différentiel peut plus facilement être adapté à des tensions de mode commun très élevées que l'amplificateur de détection de courant. Ceci nous conduit au sujet de la robustesse du circuit de détection de courant. Si des transitoires avec des tensions excessives devaient apparaître sur la résistance de détection, l'amplificateur différentiel serait protégé par ses résistances de

forte valeur. Dans de tels cas, l'amplificateur de détection de courant doit principalement sa survie aux protections contre les surtensions d'entrée intégrées à son amplificateur opérationnel. De même, un amplificateur différentiel résiste généralement mieux en cas d'inversion de polarité de l'alimentation.



*Il existe plusieurs méthodes de détection des courants côté haute tension. L'amplificateur différentiel et le moniteur de courant en dérivation ou l'amplificateur de détection de courant présentés ici en sont deux.*

#### Consommation d'énergie

Enfin, la question de la consommation, cruciale dans les applications à consommation (ultra) faible. S'il est connecté directement à l'alimentation, l'amplificateur différentiel avec ses résistances consommera toujours un peu de courant même lorsque son ampli op n'est pas alimenté. L'amplificateur de détection de courant présente une impédance d'entrée beaucoup plus élevée, ce qui ménage davantage les piles.

#### Circuits intégrés spéciaux

Pour balayer toutes ces subtilités, les fabricants de semi-conducteurs proposent des circuits intégrés spéciaux de détection de courant pour différentes topologies, facilitant ainsi la vie des concepteurs souhaitant ajouter la détection de courant à leurs applications.