

Texte : Ignacio Molina

Version : 10/2023

DC : avantages et inconvénients



Qu'on le veuille ou non, les réseaux DC apparaissent de plus en plus dans les installations électriques. Les nouvelles applications telles que l'éclairage LED, les panneaux photovoltaïques, le stockage d'énergie électrique par batteries d'accumulateurs, les véhicules électriques ainsi que les petits appareils tels qu'ordinateurs, écrans, caméras, TV et de petite puissance fonctionnent en DC. Nous utilisons actuellement des convertisseurs AC/DC ou DC/AC pour alimenter la plupart de ces applications. Imaginons-nous quelles sont les pertes occasionnées par ces conversions et posons-nous la question suivante : Pourquoi ne pas rester en DC tout le long du réseau pour alimenter tous ces appareils ? Cela nous éviterait les pertes d'énergie dues à ces conversions énergivores et répétées.

Abréviations utilisées dans le texte :

- DC : courant continu ;
- AC : courant alternatif ;
- BT : basse tension ;
- TBT : très basse tension ;
- TBTS : très basse tension de sécurité

Avantages du DC

Rester en DC tout le long du réseau électrique présente de nombreux avantages :

- Pas de déphasage entre I et U puisque pas de fréquence
- Pas de cos Phi ou de facteur de puissance, donc plus d'efficacité
- Pas d'harmoniques
- Pas d'effet de peau dans les conducteurs et donc une section plus petite suffit pour le même passage de courant
- Alimentation possible à plusieurs niveaux du réseau DC puisque pas de synchronisation de fréquence nécessaire
- Pas de pertes capacitives et/ou inductives
- Pas de pointe de courant au démarrage puisque pas d'alimentation AC/DC (et son condensateur d'entrée)
- Le DC est considéré comme « moins » dangereux que l' AC dans une certaine limite. L' AC peut en effet déjà être dangereux à partir de 25mA alors que le DC (lisse) ne l'est qu'à partir de 60mA. Donc,
 - Possibilité de travailler avec une TBT allant jusqu'à 120V DC au lieu de 50V AC
 - Possibilité de travailler avec une BT DC équivalente plus élevée qu'en AC tout en gardant le même câblage, par exemple :
 - 350V DC pour un équivalent de 230V AC monophasé
 - 700V DC pour un équivalent de 400V AC triphasé

Tension DC	Tension AC	Puissance @ 16A
350V DC	230V AC monophasé	5,6kW (DC) / 3,7kW (AC)
700V DC ou +/- 350V DC	400V AC triphasé	11,2kW (DC) / 11,1Kw(AC)
1400V DC ou +/-700V DC	690V AC triphasé	22,4kW (DC) / 19,1kW (AC)

Tableau 1 : Comparaison des tensions du système DC et AC

L'effet de peau

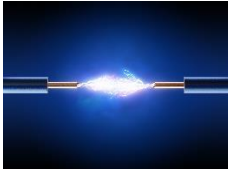
En AC, le courant a tendance, plus la fréquence est élevée, à circuler en périphérie du conducteur avec pour conséquence qu'une bonne partie de son centre n'est pas parcourue par ce courant. Le calcul des sections des câbles doit tenir compte de ce phénomène électromagnétique en surdimensionnant les section. En DC, comme il n'y a pas de fréquence, ce phénomène est inexistant. Le courant va donc utiliser toute la masse du conducteur pour passer, ce qui va réduire sa section d'une manière non négligeable pour le passage d'un même courant.

Inconvénients du DC

Le DC présente également quelques inconvénients :

- L'arc électrique en cas de coupure peut conduire à des risques d'incendie
- Il manque des composants et des normes pour les appareils de protection DC
- Les réseaux DC avec des sources décentralisées peuvent devenir incontrôlés
- Problèmes de corrosion.

Arc électrique



En AC, les électrons changent de sens 100 fois par seconde pour une fréquence de 50Hz. Un arc électrique en cas d'ouverture de deux contacts sera donc coupé 100 fois par seconde. Ces microcoupures éviteront que l'arc ne se développe trop dangereusement entre ces 2 contacts. En DC, le courant va toujours dans le même sens. En cas de coupure, le courant aura tendance à continuer à passer dans l'air ionisé et toujours dans le même sens créant ainsi un arc électrique intense. L'arc devra être absorbé en utilisant une technique de coupure d'arc sophistiquée et aussi rapide que possible afin qu'il n'ait pas le temps de s'amplifier et de prendre des proportions de plus en plus dangereuses. C'est pour ces raisons qu'un interrupteur ou un disjoncteur destiné à l'AC ne conviendra pas forcément pour le DC. Il faudra un dispositif pouvant couper le courant très rapidement tout en absorbant l'arc électrique et le briser avec efficacité. Les disjoncteurs ou interrupteurs doivent être conçus pour le DC. Ils sont même quelques fois polarisés.

Pour des petits courants, la coupure est relativement facile à faire mais pas pour des courants et des tensions DC élevées. En tout cas, avec des systèmes mécaniques utilisés actuellement en AC. Une solution pour éviter l'apparition de cet arc indésirable est possible électroniquement. En effet, l'utilisation de semi-conducteurs permet d'atténuer le courant très rapidement jusqu'à atteindre une valeur négligeable voire nulle sans ouverture mécanique. Le problème actuel est que la législation (RGIE 5.3.3.1. a3 : Les dispositifs à semi-conducteurs ne sont pas utilisés pour assurer le sectionnement) interdit tout sectionnement au moyen de semi-conducteurs.

En effet, électroniquement, on ne voit pas que la coupure a bien lieu physiquement. Une solution acceptable en BT DC pourrait se trouver entre ces deux technologies. Arriver à atténuer fortement le courant électroniquement (donc avec des semi-conducteurs) et rapidement (les semi-conducteurs sont beaucoup plus rapides que les contacts mécaniques) afin qu'il atteigne une valeur négligeable pour, in fine, le couper mécaniquement et ainsi être en phase avec la législation. En TBT, l'utilisation de disjoncteurs à semi-conducteurs se fait déjà dans certaines parties de micro-réseaux sans poser de problème.

En plus, une coupure accidentelle peut survenir par des connexions mal serrées, par défaut d'isolement entre conducteurs ou tout simplement par cassure, par exemple. L'arc électrique risque donc d'apparaître et de représenter une résistance dans l'air ionisé qui va limiter le courant dans la ligne. Si l'arc est en série dans la ligne, il ne sera donc pas détecté par les dispositifs de protection contre les surintensités. S'il n'est pas coupé, cet arc électrique va subsister et pourrait générer des problèmes de surchauffe pouvant aller jusqu'à l'incendie.

Il existe cependant des solutions de détection d'arc électrique (optique, thermique, détection par fréquences,...) proposées par des sociétés et fabricants spécialisés dans les réseaux DC.

Corrosion



La terre est un environnement relativement corrosif. Si l'installation DC est mise à la terre, les ions allant toujours dans le même sens, la corrosion a le temps de s'installer plus facilement qu'en AC et peut provoquer des dégâts jusqu'à 100 fois plus importants qu'en AC. Les principales causes de corrosion peuvent venir des

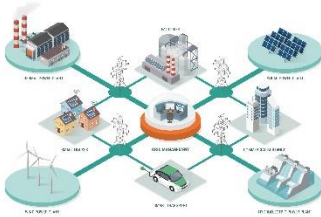
- Courants de fuite (électrolyte, sols humides)
- Courants de retour par la terre

- Courants galvaniques.

Concernant les courants galvaniques, lorsque deux métaux différents entrent en contact, leur potentiel relatif diffère. Même si très faible, il peut à terme créer des problèmes de corrosion.

Ces problèmes de corrosion peuvent provoquer de gros dégâts dans les installations, les matériaux et les structures. Ils peuvent même aller jusqu'à la dégradation d'une armature en béton. Un courant de 1A peut dissoudre jusqu'à 9kg de fer au bout d'un an ! Il existe cependant des solutions consistant, par exemple, à placer des diodes anti-parallèle connectées au conducteur relié à la terre. Des sociétés spécialisées proposent des solutions afin d'éviter ces problèmes dus à la corrosion mais il faut en tenir compte dès la conception de l'installation DC.

Réseaux DC passifs et actifs



Un réseau passif est composé de dispositifs et d'appareils qui fonctionnent de manière autonome. Aucune gestion intelligente n'y est prévue. Les surtensions, les variations de tensions (venant de batteries par ex.) ou les changements de courants rapides (di/dt) sont incontrôlés. Les composants de protection seront donc sollicités en cas d'anomalie avec le risque que les limites de leurs caractéristiques, notamment celles de courants de court-circuit, soient dépassées.

Un réseau actif est contrôlé de A à Z et tous les composants du réseau sont déterminés. On appelle ce type de réseau « réseau intelligent ». Une gestion de la congestion est souvent prévue et se base sur le niveau de tension, la communication et la gestion des données. Cette gestion permettra, par exemple, d'éviter toute surtension ou tout changement de courant brusque (di/dt) en les limitant en temps réel sur le réseau. Le réseau actif va rapidement et directement agir sur l'installation pour éviter que toute anomalie ne se développe. Il va également prévenir l'apparition de court-circuits ou de surintensités avant qu'ils ne prennent des proportions dangereuses.

Vu leurs avantages, il existe déjà plusieurs réseaux DC allant de la TBT à la HT. Des projets innovants en Belgique ont également déjà été mis en place avec des réseaux DC afin de tester et de vérifier leur efficacité, les différents composants utilisés ainsi que leur sécurité. Un projet est notamment en cours dans le parc industriel des Haut-Sarts à Liège et s'appelle MIRaCCLE (<https://klinkenberg.be/miraccle/>).

La gestion d'un réseau DC diffère de celle d'un réseau AC et nécessite un personnel qualifié (BA5) ou averti (BA4) ainsi que du matériel spécifique pour le DC. La puissance de court-circuit disponible est souvent limitée et peut parfois poser problème dans des réseaux décentralisés. En effet, si la quantité de charges sur le réseau (appareils, composants actifs, etc.) n'est pas maîtrisée, la puissance de court-circuit peut être dépassée. Un réseau DC doit donc être délimité au niveau des charges et des composants dès sa conception afin d'éviter tout problème.

Protection contre les chocs électriques par contact indirect dans les installations domestiques

Nous savons que le RGIE impose l'utilisation d'au moins un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (vulgairement appelé différentiel) de max. 300mA en tête d'installation domestique. Les différentiels pour le DC ne sont pas encore disponibles sur le marché mais devraient certainement arriver. En effet, la norme IEC 60755-1 qui définit les « Exigences générales de sécurité pour les dispositifs de protection à courant résiduel - Partie 1 : Dispositifs de protection à courant résiduel pour les systèmes DC » a été publiée le 24/10/22. Elle définit les valeurs standards des courants résiduels pour les différentiels dans les réseaux DC. Soit 80mA DC à la place de 30mA pour l'AC et 20mA DC à la place de 10mA pour l'AC. Les fabricants ont donc depuis le 24/10/22 un cadre normatif leur permettant de fabriquer des différentiels adaptés au DC. Oubliez donc pour l'instant toute installation domestique totalement réalisée en BT DC. Par contre, rien n'interdit l'utilisation de mini-réseaux DC réalisés en TBTS, en USB-C par exemple. L'USB-C peut s'utiliser en toute sécurité pour les applications allant jusqu'à des puissances de 100W. L'USB-C dispose d'une séparation galvanique (et n'est donc pas reliée à la terre) et propose des niveaux de tension allant jusqu'à 20V DC. Du matériel tel que des sockets, connecteurs, alimentations, interrupteurs, etc. est déjà disponible sur le marché et applicable pour l'alimentation directe en DC de plusieurs appareils.

RGIE

Un groupe de travail est actuellement actif en Belgique avec le SPF Economie dont le but est de rajouter les schémas spécifiques au DC (mis à la terre ou non) et de compléter toutes les mesures de protection nécessaires en tenant compte de l'état actuel de la technologie.

Conclusion

AC ou DC ? Non, AC et DC ! Les 2 systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients. A nous, électrotechniciens de les utiliser à bon escient. Le réseau AC ne va pas disparaître du jour au lendemain et le bon vieux transformateur reste un excellent moyen de passer d'un niveau de tension à un autre, surtout dans la haute puissance et tension. Mais les convertisseurs DC/DC deviennent de plus en plus efficaces et arrivent à transformer des niveaux de tensions à des puissances de plus en plus grandes en DC. Changer toute l'infrastructure bien établie et relativement efficace du réseau AC actuel en DC coûterait beaucoup trop cher et n'aurait aucun sens. Cependant, l'utilisation de micro-réseaux DC, à côté des réseaux AC, pourrait apporter une efficacité supplémentaire non négligeable pour certaines applications. Beaucoup d'appareils continuent de toute façon à nécessiter du AC pour fonctionner tels que les plaques à induction, machines à laver, moteurs, fours à micro-ondes, etc. Au niveau réglementaire, le chemin est encore long et lent et nous ne verrons pas de sitôt des installations BT domestiques totalement réalisées en DC pour les raisons de sécurité que je vous ai développé. Et c'est normal, on ne joue pas avec la sécurité des personnes et des biens. N'oublions pas que le matériel installé s'use et/ou se dégrade dans le temps. Il faut aussi prévoir cela au niveau de la sécurité.

Sources : Cired , NPR9090, RGIE
