Réseaux de distribution basse tension en courant continu

Autor(en): **Affolter, J.-F. / Chappuis, B. / Rigazzi, L.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **105 (2014)**

Heft 9

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856290

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Réseaux de distribution basse tension en courant continu

État de l'art et perspectives

Dans le cadre d'un projet de recherche interécole de la HES-SO portant sur le courant continu, la HEIG-VD s'est penchée sur les aspects « distribution » en basse tension continue. Cet article reflète les résultats de ces considérations. Il apparaît clairement, et sans trop de surprise, que les bénéfices du courant continu au niveau distribution dépendent de la tension choisie. Il est donc important de normaliser ce choix rapidement pour que les industriels puissent concevoir le matériel adapté, et ce, à un coût raisonnable.

J.-F. Affolter, B. Chappuis, L. Rigazzi

À l'électrification naissante, la bagarre fit rage entre Nicolas Tesla et Thomas Edison pour déterminer si le transport, la distribution et l'utilisation d'énergie électrique devait se faire en courant alternatif (AC) ou continu (DC). Comme chacun le sait, Edison perdit cette bataille mais fit fortune, tandis que Tesla gagna techniquement mais termina dans l'indigence. Si la technologie de Tesla s'imposa, c'est évidemment grâce aux possibilités de transformation permettant le transport à haute tension (HT) en réduisant les pertes, tout en permettant la consommation à basse tension (BT). Le niveau de la basse tension fut depuis choisi ici ou là entre 110 V et 220 V, compromis entre efficacité et sécurité.

Les progrès de l'électronique de puissance, ainsi que l'apparition de nouveaux acteurs BT font régulièrement ressurgir la question. Les nouveaux acteurs BT sont principalement les unités photovoltaïques qui produisent en DC. Leur production stochastique et les prix du marché en résultant motivent l'apparition de moyens de stockage, tels que les batteries et les piles à combustibles de type VRB (Vanadium Redox Battery) ou « power to gas » au sein desquelles le stockage peut s'effectuer soit sous la forme d'hydrogène, soit en recombinant ce dernier avec du carbone avant de le réinjecter dans le réseau de gaz.

Tous ces moyens fonctionnent en DC. Il en va de même pour les batteries des véhicules électriques. De plus, beaucoup de nos consommateurs courants (audio, vidéo, informatique, etc.) fonctionnent en DC et nécessitent des convertisseurs AC/DC. De nombreux autres pourraient également utiliser du courant continu en changeant leur motorisation AC par une motorisation DC. Dès lors, pourquoi ne pas migrer vers un réseau BTDC ? Étant donné la nécessité de réduire la consommation, serait-il possible de mieux faire en DC qu'aujourd'hui en AC ?

Dans le cadre du projet de recherche interécole de la HES-SO (Haute école spécialisée de Suisse occidentale) portant sur le courant continu financé par EOS Holding SA, la HEIG-VD (Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud) s'est consacrée aux aspects « distribution » en BTDC. Cet article tente de faire le point sur l'état actuel de cette problématique et les perspectives dans un futur proche.

Rappels théoriques

Le choix de la tension de transport de l'énergie est directement lié aux pertes dans les lignes.

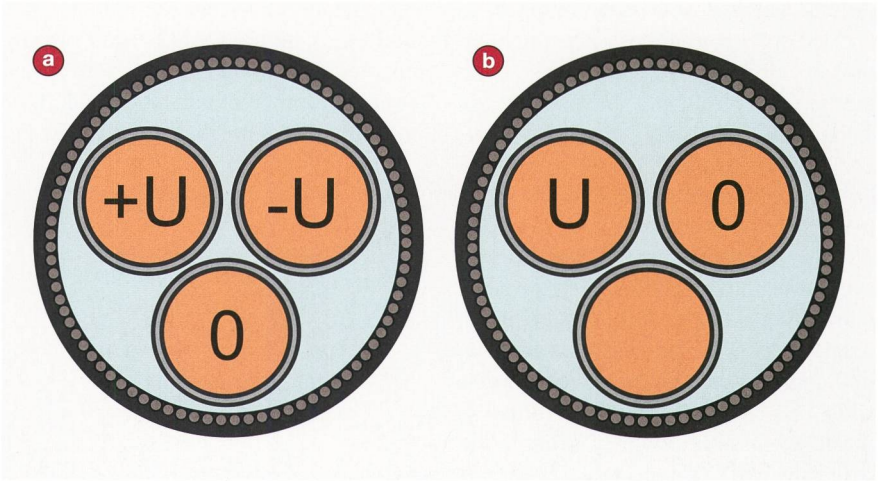
Pertes dans les lignes de transmission

Le calcul du rapport k des pertes P_Ω sur la puissance transportée P (équation 1) permet de remarquer que ce dernier dépend surtout de la tension U élevée au carré (tableau 1), et ce, que ce soit dans les cas DC monophasé, AC monophasé ou AC triphasé, d'où l'importance du transport en HT. L'équation 2 indique quant à elle le rendement de la transmission si seules les pertes résistives sont considérées, ce qui est majoritairement le cas en BT.

$$k = \frac{P_\Omega}{P} \qquad (1)$$

$$\eta_{\text{ligne}} \cong 1 - k \qquad (2)$$

A priori, il peut être déduit des équations du tableau 1 que le transport en AC triphasé provoque deux fois moins de pertes qu'en DC et qu'en AC monophasé. Encore faut-il discuter la valeur de la tension U et en examiner l'effet sur la capa-



HEIG-VD

Figure 1 Configuration de transport en DC bipolaire (a) et unipolaire (b).

	DC	AC_{1ph}	AC_{3ph}
Pertes P_Ω	$2 \cdot R \cdot I^2$	$2 \cdot R \cdot I^2$	$3 \cdot R \cdot I^2$
Puissance transportée P	$U \cdot I$	$U \cdot I \cdot \cos\varphi$	$\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$
Rapport $k = \frac{P_\Omega}{P}$	$\frac{2 \cdot R \cdot P}{U^2}$	$\frac{2 \cdot R \cdot P}{U^2 \cdot (\cos\varphi)^2}$	$\frac{R \cdot P}{U^2 \cdot (\cos\varphi)^2}$

Tableau 1 Comparaison du rapport des pertes en fonction de la puissance transmise dans les cas d'un système DC monophasé, un système AC monophasé et un système AC triphasé.

cité de transport. En effet, de prime abord, la tension supportable par l'isolant est √2 fois plus grande en DC qu'en AC car elle correspond à la valeur de crête. La littérature indique même que ce facteur peut être plus grand sans provoquer un vieillissement supplémentaire, les dipôles des isolants étant polarisés de manière permanente dans une direction [1]. En considérant une tension en DC √2 fois plus grande qu'en AC, on obtient alors le même rapport de pertes qu'en triphasé.

Capacités de transmission

En admettant l'hypothèse d'une tension DC simplement √2 fois plus grande qu'en AC et en conservant les mêmes sections de câbles, donc les mêmes courants admissibles que dans les liaisons actuelles, le rapport des capacités de transmission peut être exprimé comme suit **(équations 3 et 4)** en considérant un facteur de puissance cosφ de 0,9 proche de la réalité en AC :

$$DC_{2fils}/AC_{mono} : \frac{P_{DC}}{P_{AC}} = \frac{\sqrt{2}}{\cos\varphi} \cong 1{,}57 \quad (3)$$

$$DC_{2fils}/AC_{triph.} : \frac{P_{DC}}{P_{AC_3}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi} \cong 0{,}9 \quad (4)$$

L'équation 3 permet clairement de constater qu'avec deux fils, la capacité de transmission en DC est notablement augmentée par rapport à l'AC monophasé. Toutefois, si la distribution BT se fait en triphasé, comme couramment en Suisse, alors le DC réalisé de cette manière ne transmet pas autant de puissance que l'AC triphasé **(équation 4)**. Il faut donc a priori renoncer à l'idée, économiquement séduisante, de ne conserver que deux fils sur trois pour la distribution BT. Par contre, avec trois fils à disposition (en transformant un quartier existant d'AC en DC), il devient possible de mettre un conducteur sous une tension positive et l'autre sous une tension négative (dans la limite admissible pour les isolants), le troisième fil servant de référence **(figure 1a)**.

Dans ce cas, la tension DC pour la transmission double et **l'équation 4** devient :

$$DC_{2fils}/AC_{triph.} : \frac{P_{DC}}{P_{AC_3}} = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi} \cong 1{,}8 \quad (5)$$

Cependant, dans une configuration bipolaire **(figure 2a)** les transitoires de courant sont importants lors d'un défaut vers la terre et affectent tous les utilisateurs présents sur la ligne. Dans une configuration unipolaire, les transitoires peuvent par contre être limités par une impédance vers la terre **(figure 2b)** : en cas de défaut d'un utilisateur, les autres ne seront pas affectés à condition d'employer un convertisseur isolé.

Choix de la tension

Ces quelques équations montrent que le choix du câblage et celui de la tension sont déterminants. Or, si l'on doit envisager l'avenir d'une distribution DC, il est essentiel de normaliser ces choix et il faut bien reconnaître que jusqu'à présent, il n'existe que très peu de choses dans ce domaine.

La directive européenne DBT 2014/35/UE admet des tensions DC entre 75 et 1500 V ; des propositions se calquent sur la tension de 400 V, les transports publics utilisent 750 V et si l'on prend la limite des câbles BT actuels garantis jusqu'à la valeur de 600 V entre conducteur et terre et 1000 V entre conducteurs, ceci permettrait une tension DC_{max} de 1414 V (√2 · 1000 V) entre conducteurs (donc environ ± 700 V en configuration bipolaire). Il y aurait donc tout intérêt à faire ce dernier choix. Par rapport à une liaison triphasée AC, la capacité de transport s'en trouverait multipliée par 2,3 !

Un compromis raisonnable serait peut-être de se rallier au 750 V des transports publics puisque la plupart du matériel nécessaire est déjà disponible commercialement. Cette solution présenterait l'avantage de permettre d'intégrer des productions décentralisées plus importantes qu'actuellement ou de concevoir des liaisons BT plus longues et, par conséquent, des liaisons MT plus courtes (d'où des coûts moins élevés).

D'aucuns pourraient objecter que cette tension n'est guère utilisable dans les maisons, mais de toute manière la plupart des objets connectés au réseau le sont au travers d'un convertisseur. Par exemple, pour la production solaire, celui-ci joue le rôle de MPPT (Maximum Power Point Tracking, soit de dispositif de poursuite du point de puissance maximale) ; pour les batteries, piles à combustibles, électrolyseurs, la tension supportée par les cellules est différente de celle du réseau et une adaptation est dans tous les cas nécessaire. Si la protection du réseau et des personnes est garantie, les objections peuvent être levées.

Une application existante : les centres de calcul

Les centres de calcul sont composés principalement de serveurs et matériels fonctionnant en DC à des tensions très faibles. Ceci a donné naissance à différentes études visant à optimiser la consommation électrique de ces infrastructures gourmandes en énergie.

Des études menées sur des centres existants ont montré qu'environ 7,1 TWh/an sont consommés rien que par les UPS (Uninterruptible Power Supply ou alimentations sans interruption) qui engendrent deux conversions : AC/DC et DC/AC. L'étude [1] a montré qu'une baisse potentielle de consommation de 7 à 28 % (selon la modernité de

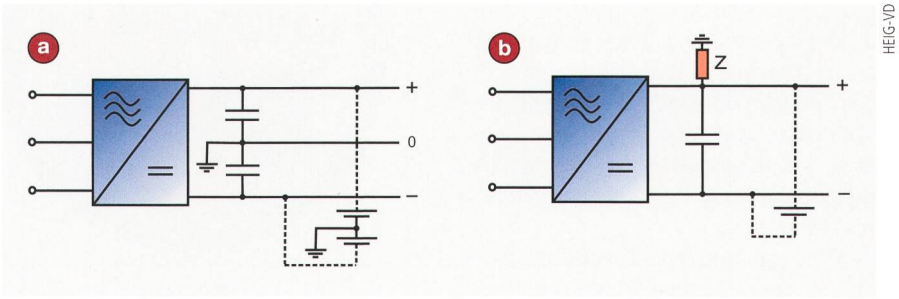


Figure 2 Câblage DC 3 fils (bipolaire) comparé à un câblage DC 2 fils (unipolaire).

HEIG-VD

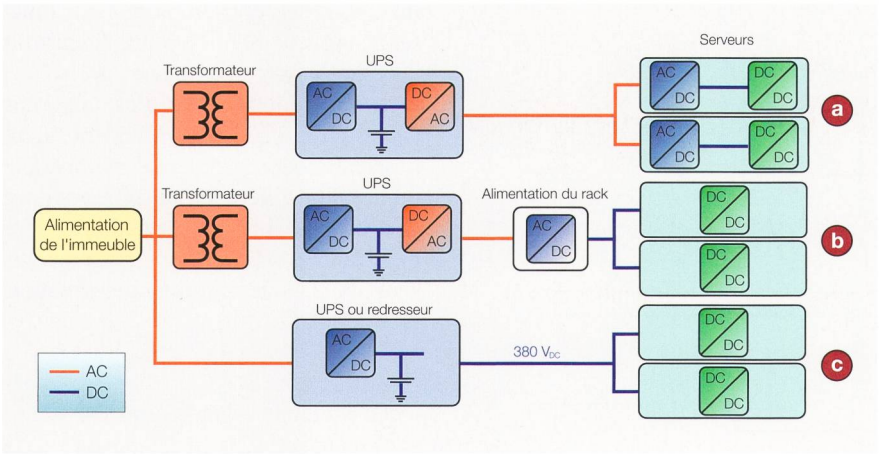


Figure 3 Distribution de l'énergie dans le centre de calcul étudié [1].

l'équipement) est envisageable grâce à un réseau d'alimentation DC. Celle-ci serait rendue possible par une réduction du nombre de conversions, donc de convertisseurs successifs, ce qui diminuerait aussi le nombre de systèmes de conditionnement/refroidissement nécessaires, systèmes qui jouent un rôle important dans la consommation.

La figure 3 montre les trois différentes configurations utilisées lors de l'étude [1]. Celle de la figure 3a correspond à une distribution classique en AC. Ceci implique plusieurs étapes de transformation d'AC à DC et vice versa, pour terminer avec un convertisseur AC/DC vers chaque serveur. Le simple fait de supprimer les convertisseurs AC/DC présents pour chaque appareil et de les remplacer par un seul convertisseur pour un groupe de serveurs augmente l'efficacité de la chaîne (figure 3b). Enfin, la dernière solution (figure 3c) suggère une alimentation du centre directement en DC. Cette solution permet de supprimer un bon nombre de conversions et donc de réduire le nombre de convertisseurs. La tension DC choisie est de 380 V, un choix justifié par l'envie d'utiliser les appareils de protection, la connectique, etc. déjà présents dans le commerce.

Sur ce même principe, Emerge Alliance [2] a développé un concept de maison DC avec stockages; de même, dans le cadre du présent projet, un groupe de collègues de la HES-SO a réalisé une maquette de test « côté maison » [3].

Diverses configurations de réseau

Les figures 4b et 4c montrent quelques configurations de réseau envisageables, comparées à la situation actuelle (figure 4a).

Contrairement à de nombreux auteurs, forts de notre expérience et de nos projets sur le solaire photovoltaïque, les génératrices, les piles à combustibles et les batteries [4,5], nous estimons que même en DC un convertisseur reste nécessaire pour adapter la tension de l'objet (pour son bon fonctionnement) à celle du réseau. On pourrait dès lors comparer les rendements des convertisseurs AC/DC à ceux des convertisseurs DC/DC, mais ceci n'est pas évident car le rendement dépend grandement des rapports de tension, de la puissance transmise et de la qualité du convertisseur (type professionnel ou « grand public »). Il paraît donc imprudent de généraliser sur ce point. De plus, pour le moment, ces rendements sont souvent moins bons que ceux des transformateurs.

Disponibilités matérielles

La transition d'un réseau MTAC vers un réseau BTDC nécessite, en plus d'un transformateur, un convertisseur AC/DC. Sur le marché, il existe principalement des redresseurs de tension composés d'un transformateur à l'entrée, suivi d'un redresseur à diodes. Ces derniers, unidirectionnels, peuvent être des versions à 6, 12 ou 24 pulses, avec une tension de sortie de 750 V_{DC}, un courant de 1200 A et un rendement de 98 % (figure 5).

Ce type de redresseur pourrait convenir à la situation actuelle du réseau MT suisse (stations d'environ 900 kVA), mais dans le futur, avec l'augmentation de la production décentralisée, la non-bidirectionnalité du redresseur (à 1 quadrant) ne sera plus tolérable. De ce fait, l'adoption de solutions alternatives, telles que des convertisseurs bidirectionnels (à

HEIG-VD

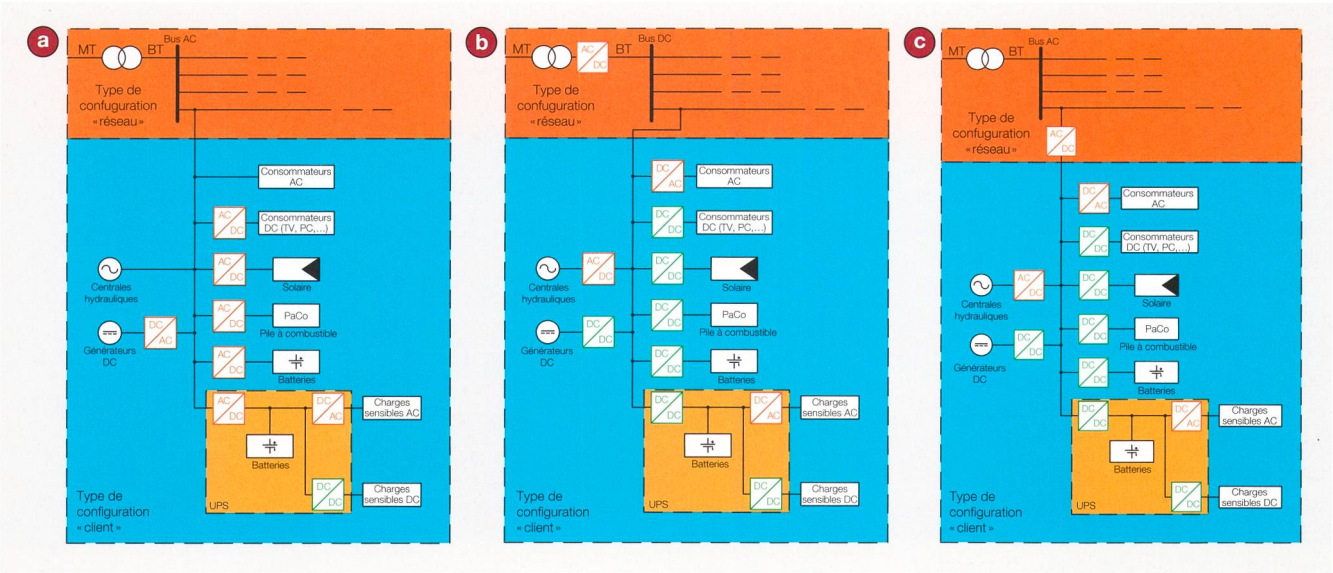


Figure 4 Différentes configurations de réseau : réseau AC actuel (a), réseau DC étudié (b) et seule la maison en DC (c).

Sécheron SA [6]

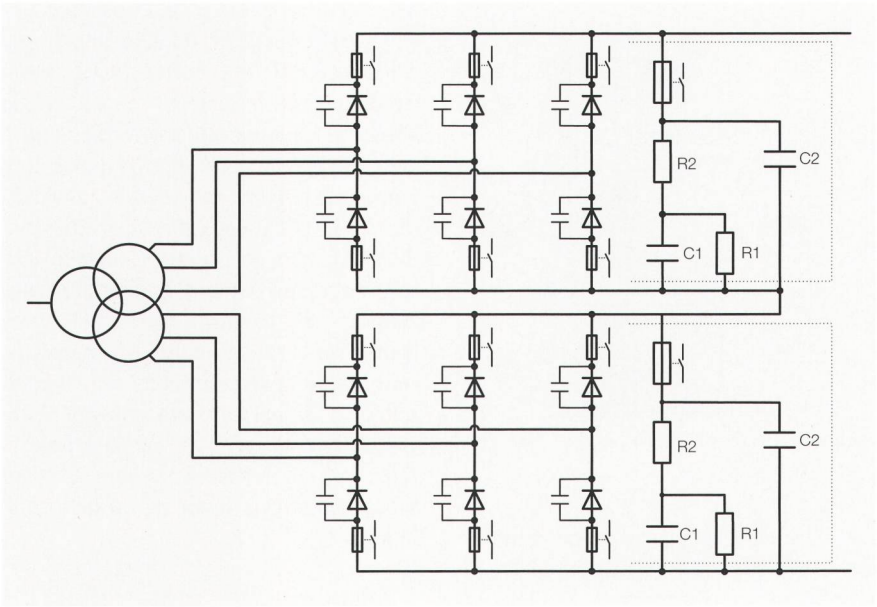


Figure 5 Redresseur à diodes 12 pulses.

4 quadrants) et contrôlables, sera un impératif. De nos jours, ce genre de produit apparaît sur le marché grâce aux composants de puissance actifs, mais ils ne sont encore de loin pas courants. Il sera cependant tout aussi compliqué de changer un convertisseur unidirectionnel par un bidirectionnel si, à l'avenir, un quartier sans production décentralisée se met à en fournir.

Le redresseur à composants passifs de la figure 5 possède un rendement d'environ 98 % (99,1 % pour le transformateur et 99,6 % pour le redresseur). L'ajout de composants actifs aura pour conséquence de diminuer légèrement le rendement (pertes par commutations) ; des rendements « pratiques » de 95 à 97 % sont prévisibles.

D'un autre point de vue, les lignes HVDC commençant à apparaître, il serait légitime d'imaginer que dans un avenir plus ou moins proche, le réseau puisse être globalement en DC. Par conséquent, les convertisseurs AC/DC seraient, du point de vue du nombre, en forte diminution. Mais, a contrario, les convertisseurs DC/DC seraient alors en augmentation !

Pour le reste du matériel, il existe déjà au niveau industriel des solutions pour différentes puissances et tensions DC (figure 6).

À noter toutefois que certains auteurs [7,8] attirent l'attention sur la fiabilité des composants électroniques particulièrement sensibles aux surtensions, à la chaleur (nécessité de systèmes de refroidissement) et pourvus d'une durée de vie plus limitée que les composants AC actuels. La conséquence, avec les MTBF (Mean Time Between Failures, temps moyen entre pannes) actuels, est une augmentation notable des indices SAIFI et SAIDI (respectivement des taux et durées d'interruption).

Relevons encore que des compteurs DC seront nécessaires et que leurs coûts et précisions devront rester au moins identiques aux modèles AC actuels.

Coûts

L'ordre de grandeur du coût d'un groupe transformateur et redresseur à diode (tel que celui de la figure 5) est de 55 000 € soit, pour une puissance de 900 kVA, un prix de 60 €/kVA. En ce qui concerne un groupe transformateur et convertisseur avec composants actifs, le prix se situe autour de 250 €/kVA. À titre de comparaison, les transformateurs actuels MT/BT sont à environ 20 €/kVA pour la même puissance. Avec la multiplication des appareils électroniques, les coûts devraient suivre la « loi de Moore » et décroître. En attendant, cette différence de prix reste un désavantage lorsqu'il s'agit de décider de se lancer, ou non, en tant que précurseur dans la réalisation des premiers quartiers DC.

Protection

La protection d'un réseau DC nécessite un appareillage spécifique. En DC, la coupure est plus difficile qu'en AC, particulièrement lors de courts-circuits (le courant ne passe pas naturellement par zéro). Ceci implique des disjoncteurs conçus spécifiquement pour ce problème.

En ce qui concerne les grosses puissances, il est possible de compter sur l'expérience acquise dans la traction. Il existe d'ailleurs dans le commerce des disjoncteurs pour des courants allant jusqu'à 8 kA sous une tension de 1800 V_{DC}. Pour les petites puissances, il existe des disjoncteurs fonctionnant en AC tout comme en DC, mais à des tensions et pouvoirs de coupure différents. Ceci n'est pas vrai pour les FI (disjoncteurs différentiels) qui doivent être de catégorie A pour fonctionner en DC.

Les différents consommateurs dans un réseau DC ne nécessitent pas tous le même matériel de protection, vu leur différent comportement vis-à-vis d'un défaut. Bien que la plupart des appareils puissent être protégés par une solution économique comme des fusibles (par ex. les batteries), les composants électro-

Sécheron SA [6]

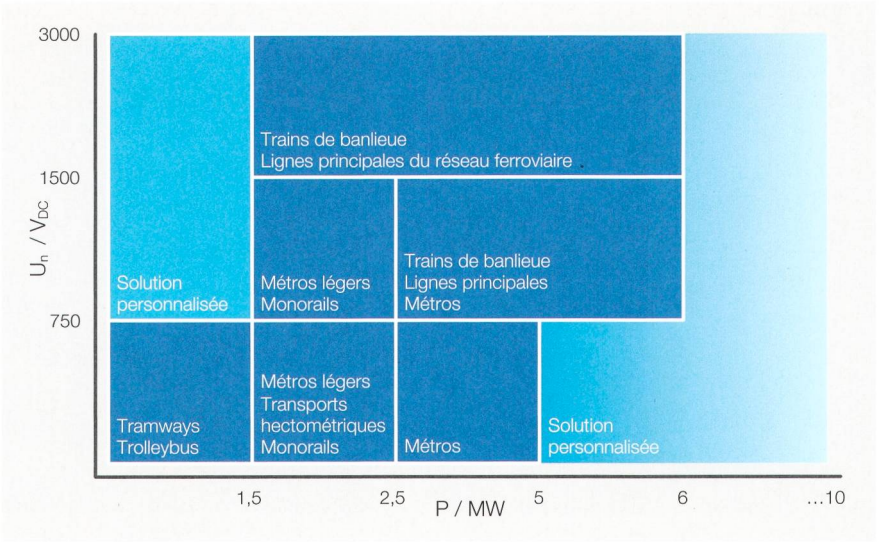


Figure 6 Gamme des produits existants pour différentes tensions DC et puissances.

HEIG-VD

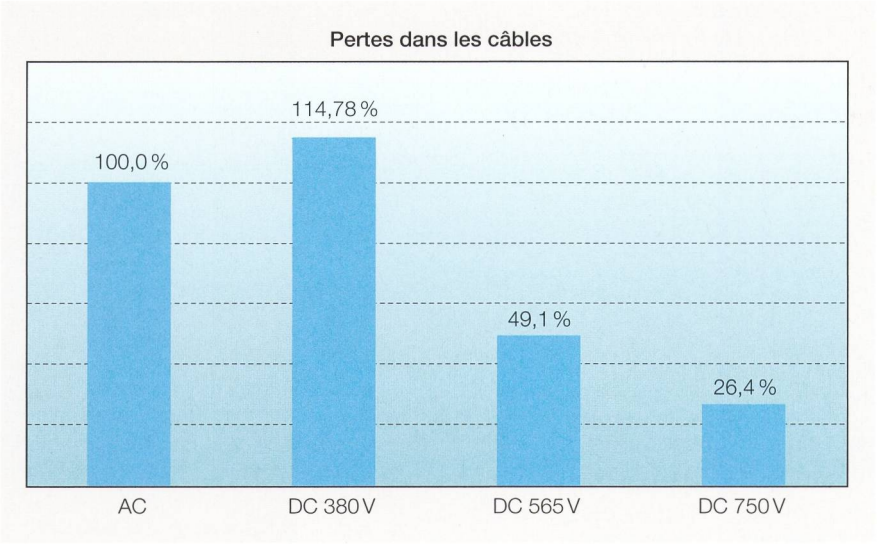


Figure 7 Pertes dans les câbles simulées à différents niveaux de tension DC, exprimées relativement à celles du réseau triphasé classique.

niques de puissance constituant les convertisseurs AC/DC supportent mal et pendant peu de temps les forts courants engendrés par les défauts : ils nécessitent donc des protections appropriées. Il existe pour cette application des disjoncteurs à semi-conducteur garantissant une coupure très rapide et ainsi mieux adaptée. Ces derniers n'offrent pas que des avantages car leur prix est plus élevé et ils engendrent plus de pertes à la conduction que les fusibles ou les disjoncteurs électromécaniques.

Calculs sur un quartier test

Les équations vues auparavant ne tiennent pas compte des facteurs de charges. Un quartier de Lausanne, celui des Coudrettes, a donc été simulé pour vérifier la théorie. Les simulations effectuées sont basées sur des mesures de consommation de ménages et les caractéristiques du réseau AC BT actuel.

Les résultats de simulation correspondent aux pertes dans les câbles à différents niveaux de tension DC. Ces résultats sont reportés par rapport au réseau triphasé classique qui fait office de référence. La **figure 7** affiche les pertes relatives pour un transport unipolaire. Un transport bipolaire permettrait une réduction supplémentaire de 50 % des pertes en admettant comme hypothèse une charge équilibrée et, par conséquent, un courant nul et donc des pertes négligeables dans le conducteur « 0 V ». Comme montré dans **l'équation 4**, un transport unipolaire (deux fils) DC à 380 V n'apporte rien d'avantageux par rapport à la situation AC triphasée actuelle.

Régulation du réseau DC

De manière générale, le réglage d'un réseau DC est plus facile que celui d'un réseau AC car les paramètres de phase, de fréquence et de puissance active et réactive ne sont plus présents. Le réglage se simplifie donc à un seul paramètre : la tension.

Un problème se dégage cependant. Lorsqu'il y a une production décentralisée, par exemple par le biais de panneaux photovoltaïques, ceux-ci peuvent être perçus par le réseau DC comme une impédance négative et peuvent provoquer des instabilités. Cette influence peut être diminuée en fonction de la quantité de stockage disponible sur le réseau. Des approfondissements sont encore en cours à ce sujet dans le cadre de cette étude. L'intérêt est aussi de pouvoir opérer des boucles DC indépendantes du réseau AC si celui-ci n'est temporairement pas disponible. Quant à la liaison avec le réseau AC, un convertisseur est plus commode à régler qu'un transformateur.

Conclusion

Pour certains consommateurs spécifiques, comme les centres de calcul, la transformation de la distribution AC en DC induit une économie d'énergie qui semble notable, et ce, grâce à la réduction des échelons de conversion. Toutefois, pour généraliser cette technique aux réseaux BT, bien du chemin reste à faire, à commencer par normaliser une tension raisonnable du point de vue sécurité et amenant un progrès par rapport aux performances actuelles. De notre point de vue et sur ce dernier point, il faudrait partir sur le maximum de tension admissible par les câbles actuels et viser une tension déjà couramment utilisée dans les transports publics, pour laquelle du matériel est déjà disponible : le ± 750 V.

Les résultats de simulations sur un quartier AC existant, avec une courbe de charge réelle, montrent que pour cette valeur de tension DC les pertes réseau ne s'élèvent plus qu'à 26 % de celles du

Zusammenfassung **Niederspannungsnetze mit Gleichstrom**

Stand der Technik und Perspektiven

Im Rahmen eines interschulischen Forschungsprojektes der HES-SO zum Thema Gleichstrom hat die HEIG-VD die Aspekte der «Verteilung» im Bereich Niederspannung (Gleichspannung) untersucht. Dieser Artikel beleuchtet die Ergebnisse dieser Studie.

Für bestimmte Verbraucher, wie z.B. Rechenzentren, kann ein Wechsel von Wechselstrom auf Gleichstrom eine deutliche Energieeinsparung mit sich bringen, da weniger Spannungswandler eingesetzt werden können. Allerdings ist es noch ein weiter Weg, bis diese Technik im Bereich der Niederspannungsnetze im grossen Stil eingesetzt werden kann, denn es fehlen zurzeit Normen, die eine aus sicherheitstechnischer und Energieeffizienz-Sicht angemessene Spannung definieren.

Die Autoren sind der Ansicht, dass man vom maximal zulässigen Spannungswert der jetzigen Stromleitungen ausgehen und eine Gleichspannung wählen müsste, die bereits oft im öffentlichen Nahverkehr genutzt wird und für die die entsprechenden technischen Komponenten bereits vorhanden sind: ±750 V.

Simulationen mit einer reellen Lastkurve eines Stadtquartiers ergaben bei einer 750-V-Gleichspannung Netzverluste, die nur 26 % der konventionellen Netzverluste betrugen.

Die Verfügbarkeit bestimmter technischer Einrichtungen – bidirektionaler Wandler für die Leistungs- und Spannungsanforderungen bei dezentraler Stromeinspeisung, Zähler und nutzerseitige Gleichrichter – muss noch steigen.

Sobald Normen für die Gleichspannung im Niederspannungsbereich geschaffen werden, wird ein entscheidender Schritt erreicht sein. Bis dahin hat das bewährte Wechselstromnetz noch für geraume Zeit eine Daseinsberechtigung. CHe

réseau actuel. Reste le manque de disponibilité de certains matériels, tels que les convertisseurs de quartier bidirectionnels pour les puissances et tensions requises, les compteurs ou encore les convertisseurs côté utilisateur.

Du côté recherche et enseignement, à l'exemple des pays nordiques [8], il serait intéressant de créer une poche de réseau DC BT « test » et de tirer les mesures et enseignements permettant de plus sûres assertions concernant la réduction globale des pertes (réseau et consommateurs), ainsi que sur les possibilités de réglages et d'îlotage de ces poches DC, avant de penser à généraliser cette technique.

Un pas décisif sera atteint lorsqu'une tension BTDC sera normalisée. En attendant, le réseau BTAC a encore de beaux jours à vivre.

Références

[1] My Ton, Brian Fortenberry, William Tschudi : DC Power for Improved Data Center Efficiency. Research report, March, 2008. http://hightech.lbl.gov/documents/DATA_CENTERS/DCDemoFinalReport.pdf.

[2] Emerge Alliance. www.emergealliance.org.

[3] M. Haraz, J. Boix : Réseau électrique basse tension à courant continu. Bulletin SEV/VSE 8/2014, pp. 36-39, 2014. www.bulletin-online.ch/uploads/media/07_1408_Haraz_01.pdf.

[4] J.-F. Affolter, M. Carpita, O. Garcia : Electroniques de puissance pour piles à combustible. Bulletin SEV/VSE 5/2007 pp.19-22, 2007. www.bulletin-online.ch/uploads/media/article_114023.pdf.

[5] J.-F. Affolter, G. Carpinelli, M. Carpita, M. Mangoni : Services complémentaires dans un réseau de distribution. Bulletin SEV/VSE 2/2010, pp. 18-22, 2010. www.bulletin-online.ch/uploads/media/article_144737.pdf.

[6] www.secheron.com.

[7] T. Kapia et al. : Impact of low voltage DC system on reliability of electricity distribution. CIRED 2009, 20th International Conference on Electricity Distribution, Paper 0795, Prague, 8-11 June 2009. www.cired.net/publications/cired2009/pdfs/CIRED2009_0795_Paper.pdf.

[8] P. Nuutinen et al. : Experience from use of an LVDC system in public electricity distribution. CIRED 2013, 22nd International Conference on Electricity Distribution, Paper 0776, Stockholm, 10-13 June 2013. www.cired.net/publications/cired2013/pdfs/CIRED2013_0776_final.pdf.

Auteurs

Jean-François Affolter, M. Eng. et membre d'Electrosuisse, est professeur en énergie et systèmes électriques à la HEIG-VD depuis 1995. Son expérience professionnelle se situe dans les réseaux, la production et le transport d'énergie électrique. Ses sujets de recherches sont actuellement focalisés sur l'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux et la mobilité électrique.

HES-SO/HEIG-VD, 1401 Yverdon, jean-francois.affolter@heig-vd.ch

Bastian Chappuis est ingénieur HES en énergie électrique. Il a obtenu son diplôme de la HEIG-VD en 2013. Il exerce une activité de développement ainsi que d'enseignement en tant qu'assistant à la HEIG-VD.

HEIG-VD, 1401 Yverdon-les-Bain, bastian.chappuis@heig-vd.ch

Luca Rigazzi a obtenu son diplôme HES en génie électrique à la HEIG-VD en 2012. Ingénieur de projet à l'Institut « Énergie et Systèmes électriques » de la HEIG-VD, il s'occupe principalement d'études de réseaux et de recherche dans le domaine des piles à combustible.

HEIG-VD, 1401 Yverdon-les-Bains, luca.rigazzi@heig-vd.ch

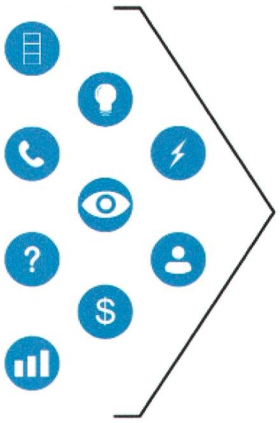
Cette étude s'inscrit dans un projet de recherche interécole de la HES-SO portant sur le courant continu. La société EOS-Holding en a fourni le cadre et le financement, les SiL (Services industriels de Lausanne) les données du quartier simulé. Les auteurs leur adressent leurs remerciements.

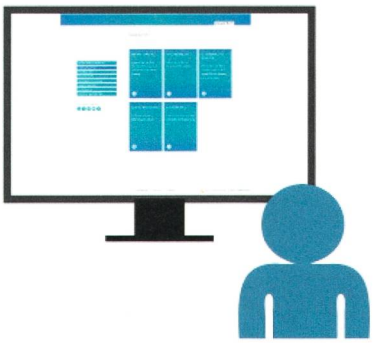
[1] En réalité, les phénomènes diélectriques sont différents et il est probable qu'une tension supérieure à $\sqrt{2}$ fois la valeur efficace AC soit supportable par les isolants pour un vieillissement identique. Des investigations supplémentaires sont nécessaires sur ce point.

Anzeige

ePORTAL FÜR EVU

BUILT-IN LASTGANGVISUALISIERUNG EPORTAL





Das SWiBi ePortal ist bereits in der 3. Version verfügbar. Gerne bieten wir Ihnen die Möglichkeit einer Live-Demo, senden Sie uns dazu ein Mail mit dem Betreff «SWiBi ePortal Demo» an unseren Kundenberater Martin Lang
martin.lang@swibi.ch

Nutzen Sie das Internet für den Kundendialog und geben Sie Ihren Kunden die Möglichkeit zur Self-Service Kundenadministration. Mit dem von der SWiBi entwickelten ePortal kann der Endkunde online auf seine Rechnungen zugreifen, seine Stammdaten mutieren, seine Verbrauchskurve einsehen, Zählerstände übermitteln, Dokumente einsehen, seinen Energiemix anpassen und mit dem Energie Cockpit seine Effizienz steigern.

Dank der Eigenentwicklung SWiBi-Cube können bestehende EVU-Anwendungen wie IS-E oder SAP mit dem SWiBi ePortal verbunden werden. Dies erlaubt eine rasche Implementation und hält die Investitionsaufwände überschaubar. Zudem lassen sich die Lastgangdaten aller gängigen Smart Metering Systeme dank intelligenter Schnittstellen an das System anbinden.

SWiBi