

Transitoires dans le réseau basse tension

Événements transitoires au niveau de la tension | De nombreuses mesures de qualité de l'alimentation dans le réseau ont mis en évidence des chutes de tension transitoires atteignant jusqu'à 200 V. Jusqu'à présent, aucune explication concluante n'avait été trouvée pour ce phénomène. Grâce à diverses campagnes de mesure, le groupe de travail PQ de BKW a désormais pu identifier une source concrète.

LUKAS HEINIGER, PHILIPPE ROTHERMANN, STEFAN PROVIDOLI

Ces dernières années, BKW a enregistré de plus en plus de variations de tension transitoires lors de mesures de qualité de l'alimentation (Power Quality, PQ) réalisées dans son réseau de distribution. La forme de ces transitoires était toujours très similaire. La tension s'effondrait dans la partie supérieure ou inférieure de la demi-onde sinusoidale pendant environ 0,1 à 0,5 ms, et cet effondrement était accompagné d'une pointe de courant (**figure 1**). Ce phénomène a été enregistré par la fonction de déclenchement sur dépassement de seuils enveloppe de l'oscilloscope de l'appareil de mesure PQ. Ces phénomènes transitoires ne sont pas en relation directe avec la qualité de l'alimentation, mais il

est dans l'intérêt du groupe de travail PQ de BKW d'identifier leurs sources.

Ces transitoires ont été étudiés avec une méthode pratique: différentes mesures ont été réalisées sur le réseau haute et basse tension de BKW, tout en ayant recours à un grand nombre de mesures de qualité effectuées dans la région de Wohlen bei Bern. Des mesures supplémentaires réalisées en laboratoire sur des consommateurs spécifiques ont contribué à mieux comprendre le phénomène.

Afin d'exclure que les creux de tension et les pics de courant transitoires observés ne soient pas le résultat d'événements survenus dans le réseau haute tension, une mesure a été effectuée pendant plusieurs semaines sur le jeu

de barres 132 kV de la sous-station de Mühleberg. Cette mesure a confirmé que ces transitoires ne se produisaient pas dans le réseau haute tension.

Mesures dans les stations transformatrices

Dans la région de Wohlen bei Bern, BKW a installé des appareils de mesure PQ fixes dans diverses stations transformatrices (ST). Durant la période du 9 au 19 mai 2022, 23 de ces appareils ont été utilisés pour les mesures de transitoires. L'analyse montre qu'au cours de cette période, des creux de tension transitoires ont provoqué des déclenchements sur dépassement de seuils enveloppe dans toutes les stations de transformation (**figure 2**). Pour sept de

ces stations, moins de cinq transitoires ont été enregistrés. La plupart des transitoires sont apparus sur quatre stations, celle d'Alpenblick se distinguant avec 1315 transitoires enregistrés. Située à Uettligen, cette station de transformation alimente de nombreuses maisons individuelles ainsi qu'un bâtiment scolaire. Avec près de 800 déclenchements, la station Schleipfen arrive en deuxième position. Il s'agit d'un transformateur sur poteau qui n'alimente que trois raccordements domestiques.

La comparaison des transitoires sur un axe temporel a montré que les transitoires ont été enregistrés à des moments différents pour toutes les stations. Comme il n'y a pas de schéma commun reconnaissable, la source des transitoires se situe localement dans les circuits de

transformation respectifs. Ceux-ci ne sont pas transmis de manière perceptible par le réseau moyenne tension.

À la station Alpenblick, les transitoires sont plus souvent mesurés sur la phase L1 et principalement pendant les heures de travail, ce qui pourrait être lié à l'école qui y est raccordée. Dans les stations de Talmatt et Schleipfen, en revanche, les transitoires sont observés sans régularité apparente (figure 3).

Suite aux résultats de cette campagne de mesure réalisée à grande échelle, une campagne ciblée a été menée dans le circuit de transformation de Schleipfen.

Mesure du circuit de transformation de Schleipfen

Le circuit de transformation de Schleipfen correspond à un transfor-

mateur sur poteau alimentant une ferme et deux maisons. Ce circuit offre une bonne situation de départ pour un contrôle des consommateurs raccordés et pour des mesures ciblées.

Un appareil de mesure PQ (PQ-Box 200) a été installé dans la distribution principale de la ferme et un autre dans celle de la dépendance. Les mesures montrent que les transitoires sont répartis sur toute la journée, mais que leur concentration est plus élevée le soir. Entre 3h30 et 5h30 environ, en revanche, aucun transitoire n'a été enregistré. De plus, il a été observé que divers transitoires apparaissent simultanément aux deux points de mesure – il y a donc une interaction mutuelle. Ces transitoires de courant se propagent probablement aux autres phases

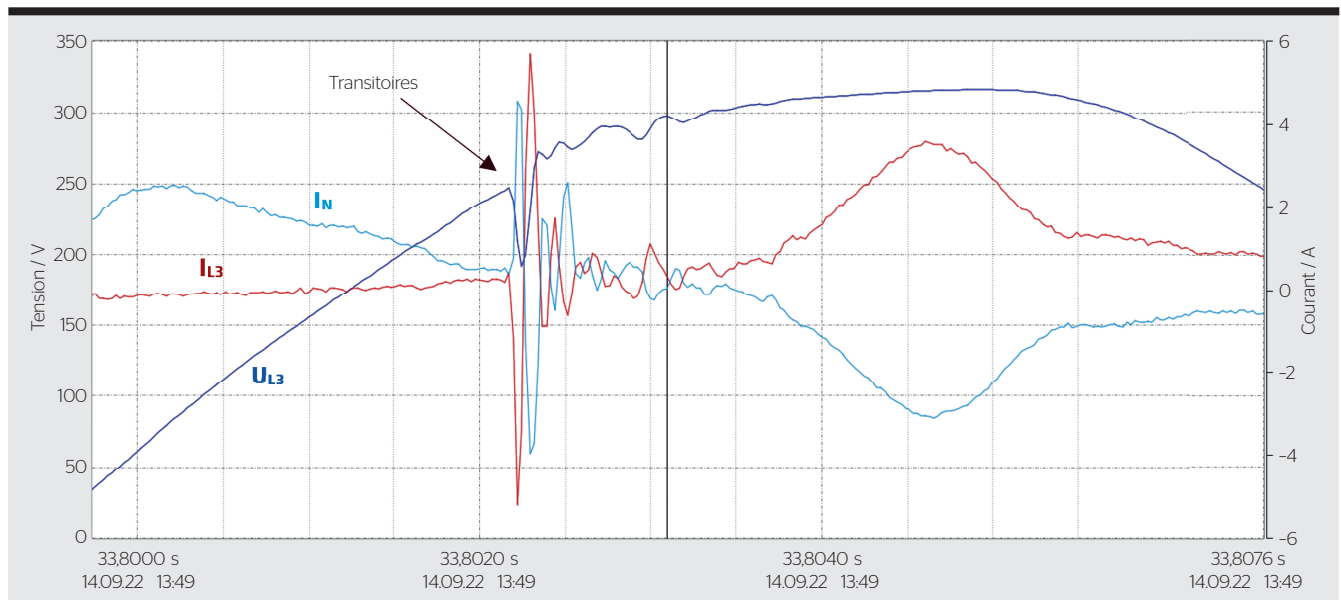


Figure 1 Transitoires dans le circuit de transformation de Schleipfen, mesurés le mercredi 14.09.2022 à 13:49:33.

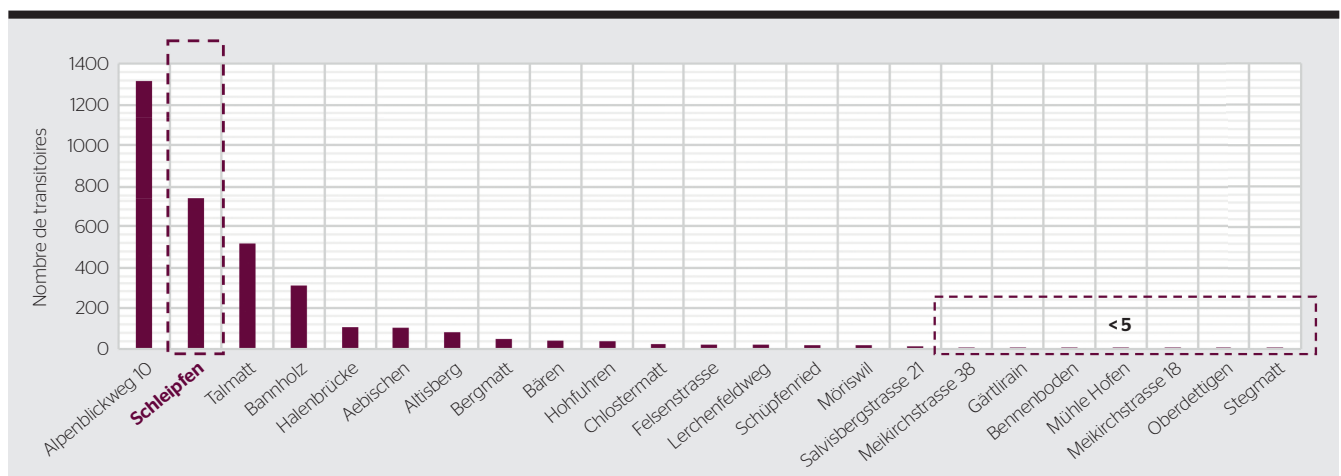


Figure 2 Nombre de creux de tension transitoires enregistrés sur les trois phases dans la région de Wohlen bei Bern du 9 mai 2022 au 19 mai 2022.

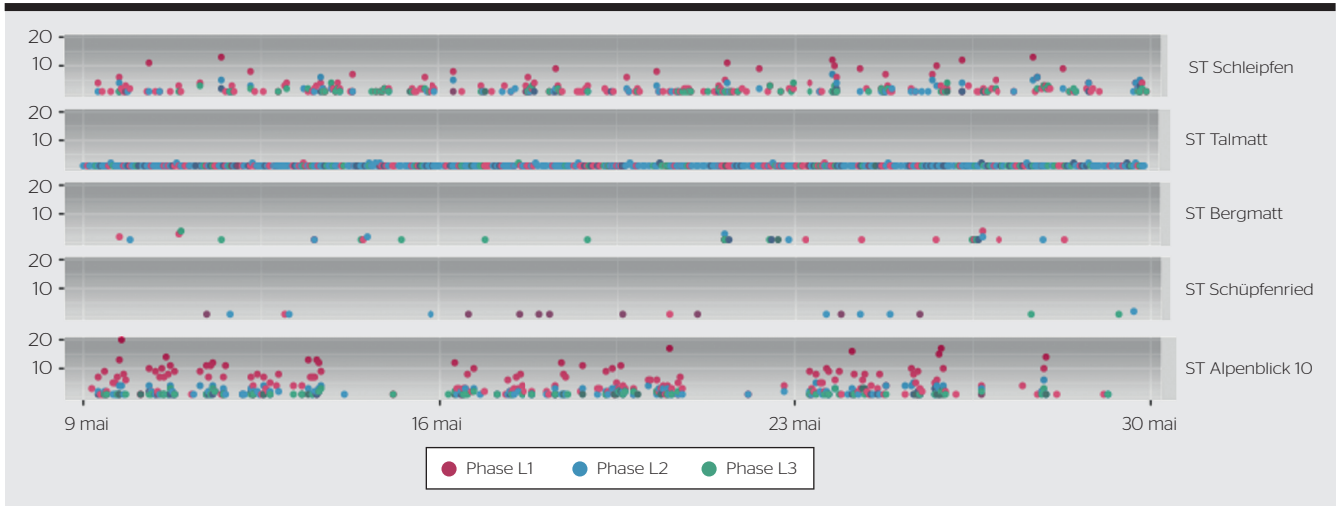


Figure 3 Nombre d'événements transitoires au cours du temps. Chaque point représente la fréquence moyenne sur une heure.

via l'enroulement secondaire du transformateur. Les consommateurs reliés aux deux raccordements ont également été contrôlés visuellement. Ces consommateurs sont des appareils, des machines et des installations ordinaires, comme on en trouve dans toutes

les fermes et dans tous les ménages. Aucun type spécial de consommateur n'a été trouvé. La source de ces transitoires dans ce circuit de transformation ne pourrait donc être localisée qu'en coupant les différents groupes de fusibles pendant une période prolongée, ce qui n'était naturellement pas possible avec ces raccordements.

Les mesures effectuées sur le terrain permettent de tirer les conclusions suivantes:

- **Phénomène local:** les transitoires sont provoqués par des consommateurs locaux et ne se propagent pas sur le réseau moyenne tension.

- **Pas d'influence sur la haute tension:** aucune influence des transitoires au niveau de la haute tension n'a pu être mesurée.

- **Fréquence:** les transitoires apparaissent sur toutes les stations transformatrices mesurées, mais sur seulement quatre d'entre elles avec une grande fréquence (309 à 1315 fois en 20 jours).

- **Apparition en partie simultanée:** les transitoires apparaissent parfois simultanément en deux points de mesure du réseau BT et sont probablement transmis par le biais de l'enroulement secondaire du transformateur.

Les campagnes de mesure décrites permettent de conclure que les transitoires sont causés par des consommateurs ordinaires sur le réseau BT.

Mesures en laboratoire

Sur la base de ce constat, différents consommateurs électroniques ordinaires (ordinateurs portables, téléphones mobiles, tablettes et téléviseurs), que l'on trouve dans chaque ménage, ont été mesurés en laboratoire avec un appareil de mesure PQ-Box 200 afin d'identifier la source des transitoires. Les mesures ont clairement indi-

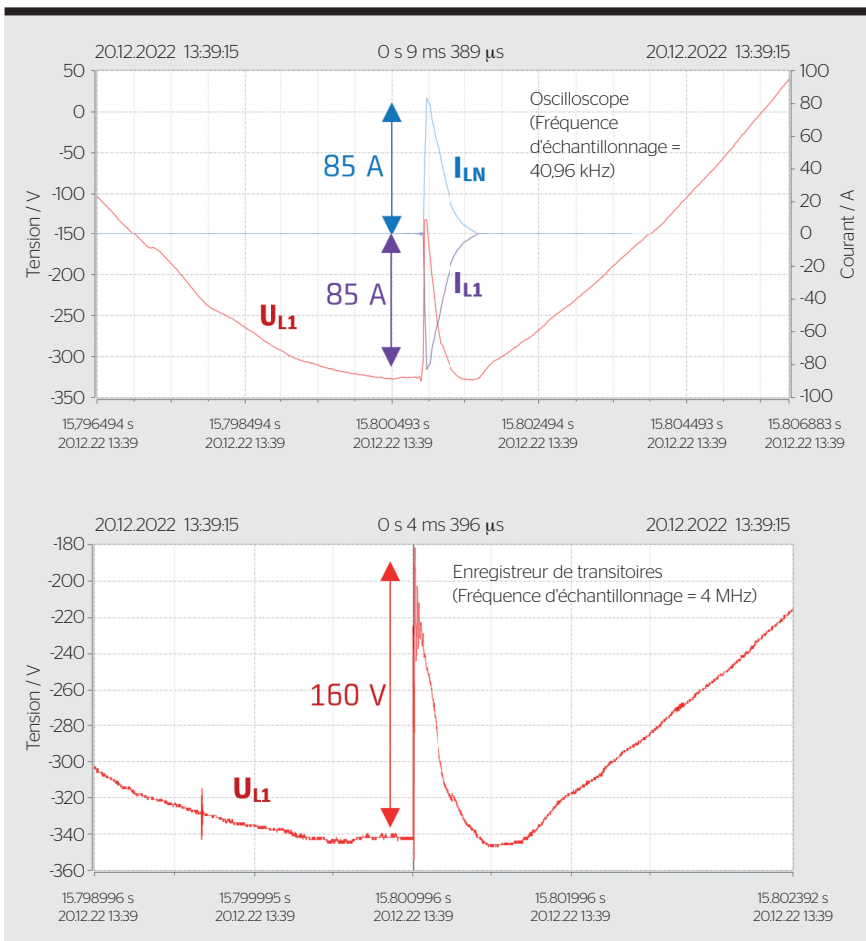


Figure 4 Comportement au démarrage lors du branchement du bloc d'alimentation d'un ordinateur.

qué que ceux-ci étaient causés par les blocs d'alimentation des consommateurs mesurés. Le **figure 4** montre, par exemple, l'évolution du courant et de la tension lors du branchement d'un bloc d'alimentation d'ordinateur portable. Au moment de la connexion, les courants mesurés s'élevaient en moyenne sur une durée de 10 ms à seulement 7 A environ. L'enregistrement de l'oscilloscope montre toutefois que la pointe de courant est en réalité nettement plus élevée: elle atteint environ 85 A. Chacune de ces pointes provoque un creux de tension transitoire. Ce comportement au démarrage peut être observé sur tous les consommateurs mesurés.

Les mesures montrent qu'au moment du branchement des blocs d'alimentation d'ordinateurs portables, les courants d'appel transitoires atteignent des valeurs de 80 à 100 A (**figure 4**). Pour les appareils plus petits tels que les tablettes et les téléphones portables, le courant d'appel transitoire est plus faible, respectivement de 45 A et 15 A.

Les mesures en laboratoire ont été répétées de manière analogue sur le terrain. Les mêmes appareils ont été branchés et débranchés d'une prise dans une installation domestique, tandis qu'un appareil de mesure PQ supplémentaire enregistrerait les tensions et les courants dans le poste de transformation en amont. Il a ainsi pu être clairement prouvé que les transitoires de courant et de tension qui surviennent lors du branchement des différentes alimentations peuvent également être mesurés dans le poste de transformation en amont. Les chutes de tension transitoires mesurées au niveau du transformateur ont atteint des valeurs allant jusqu'à 100 V.

Les mesures en laboratoire permettent de faire les constats suivants:

- **Ordre de grandeur des transitoires:** les pics de démarrage correspondant aux blocs d'alimentation d'ordinateurs portables atteignent entre 80 et 100 A. La tension chute alors de 190 à 220 V. Pour les appareils plus petits, le courant d'appel transitoire – et donc le creux de tension – est plus faible.
- **Caractéristiques de courbe:** tous les pics de démarrage ont des caractéristiques de courbe similaires – un front raide avec une durée de front d'environ 50 à 220 μ s et une durée de queue jusqu'à mi-valeur d'environ 150 à 700 μ s, avec une caractéristique de décroissance exponentielle.
- **Gradient des pics de démarrage:** les durées de front et de queue jusqu'à mi-valeur sont en corrélation avec l'amplitude de la pointe du courant d'appel. Le gradient du front de montée est donc similaire pour tous les pics de démarrage mesurés.
- **Arc électrique:** les transitoires d'enclenchement élevés sont souvent accompagnés d'un arc électrique qui se produit lorsque le consommateur est branché à la prise de courant. L'arc électrique se manifeste par une oscillation du courant et de la tension.
- **Influence sur le transformateur NR6:** les transitoires peuvent également être mesurés dans le poste de transformation en amont.

Les résultats obtenus à partir des mesures réalisées sur le terrain et en laboratoire décrites ci-dessus ont permis d'aboutir à diverses conclusions.

Conclusions

Il a été démontré que les transitoires enregistrés lors de nombreuses mesures de qualité d'alimentation dans le réseau basse tension sont, entre autres, causés par des consommateurs ordinaires de ce même réseau. La connexion de blocs d'alimentation d'appareils électroniques au réseau a permis de mesurer des pics de démarrage pouvant atteindre jusqu'à 100 A, faisant chuter la tension de jusqu'à 220 V.

Les mesures ont montré que ces transitoires affectaient également le poste de transformation en amont, où des chutes de tension transitoires allant jusqu'à 100 V ont été mesurées simultanément à la connexion des alimentations électriques. Il est évident que les alimentations mesurées ne sont pas les seules à provoquer de tels transitoires; d'autres consommateurs ayant des propriétés électriques comparables le font aussi. De plus, diverses mesures sur le terrain ont montré que ces transitoires n'apparaissent que localement dans le réseau basse tension et ne se propagent pas aux niveaux de tension plus élevés. Dans l'état actuel des connaissances, ces transitoires n'ont pas d'effets négatifs démontrables sur les consommateurs ou sur l'exploitation du réseau.

Auteurs

Lukas Heiniger est ingénieur en génie électrique chez BKW.
→ BKW AG, 3203 Mühleberg
→ lukas.heiniger@bkw.ch


Philippe Rothermann est responsable Exploitation du réseau - Planification & Ingénierie chez BKW.
→ philippe.rothermann@bkw.ch

Stefan Providoli est rédacteur à l'ASCE (Association suisse pour le contrôle des installations électriques, VSEK).
→ VSEK, 5200 Brugg
→ s.providoli@vsek.ch

Power Quality Analysatoren inkl. Störschreiberfunktion

- Erfassung von Frequenzen bis zu 170 kHz
- Kostenlose Auswertsoftware
- Automatische Normauswertung
- Ereigniserfassung nach EN 50160
- Kompaktes und robustes Gehäuse
- Einfache und intuitive Bedienung



a-eberle 

A. Eberle Schweiz AG • Gewerbering 14 • CH-5610 Wohlen
Telefon +41 (0)56 619 51 80 • info@a-eberle.ch • www.a-eberle.ch