

Ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg
Augmentation de la tension et modernisation
Rapport technique

Propriétaire et maître d'ouvrage

swissgrid

Swissgrid SA

Planificatrice

 **BKW**

BKW Energie SA

20 décembre 2016

Interlocuteurs

Propriétaire et maître d'ouvrage



Swissgrid SA

Contact
Monsieur
Fritz Hug
Etudes de projets Lignes
Werkstrasse 12
5080 Laufenburg
058 580 35 24
fritz.hug@swissgrid.ch

Planificatrice



BKW Energie SA

Contact
Madame
Jana Ross
Construction lignes
Bahnhofstrasse 20
3072 Ostermundigen
058 477 67 11
jana.ross@bkw.ch

Rapport technique

Auteur: BKW Energie SA, Jana Ross

Le document en allemand est considéré comme version faisant foi en cas de divergences de contenu et de langue.

Date de réalisation: décembre 2016


Version: 1.0

Distribution:

Nom	Entreprise	Remarque	Délai
-----	------------	----------	-------


Contrôlé:

Nom	Entreprise	Date	Signature
-----	------------	------	-----------

Jürg Morgenegg	AF-Consult SA	16.12.2016	
----------------	---------------	------------	---

Approuvé:

Nom	Entreprise	Date	Signature
-----	------------	------	-----------

Kurt Kriesi	BKW Energie SA	16.12.2016	
-------------	----------------	------------	---

Modifications:

Version	Date	Auteur / Service	Paragraphe
---------	------	------------------	------------

1. JUSTIFICATION DU PROJET	5
1.1. Situation de départ	5
1.2. Nécessité du projet	5
2. ELÉVATION DE LA TENSION ET MODERNISATION	7
2.1. Respect des caractéristiques légales	7
2.1.1. Conformité à l'ordonnance sur les lignes électriques (OLEI)	7
2.1.2. Conformité à l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB)	8
2.1.3. Conformité à l'ORNI	9
2.2. Présentation des mesures planifiées	11
2.2.1. Mesures pour le respect de l'OLEI	11
2.2.2. Mesures pour la conformité à l'ORNI	14
2.2.3. Mesures pour l'introduction dans la SST de Bassecourt	16
2.2.4. Mesures pour la suppression de l'introduction à la SST de Pieterlen	18
2.2.5. Chaînes d'isolateurs prévues	19
2.3. Description des mesures de construction	20
2.3.1. Elévation de la tension de tirage des câbles	20
2.3.2. Montage de distanceurs de phases	20
2.3.3. Montage de chaînes d'isolateurs doubles	20
2.3.4. Optimisation des phases	20
2.3.5. Basculement de lignes	21
2.3.6. Adaptation de l'introduction de ligne	21
2.3.7. Renforcements de fondations et de structures porteuses	21
3. TRACÉ	23
3.1. Description du tracé	23
3.2. Croisements	23
3.2.1. Chemin de fer	24
3.2.2. Autoroutes	24
3.2.3. Conduites de gaz	24
3.2.4. Voies d'eau navigables selon l'art. 40 OLEI	24
4. SERVITUDES	25
5. ACCÈS	25
6. COÛTS	25
7. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES	26

1. Justification du projet

1.1. Situation initiale

La ligne entre les sous-stations (SST) de Mühleberg et de Bassecourt a été autorisée pour une exploitation avec une tension de 380/220 kV en 1976/77. Elle a été réalisée selon les dispositions légales en vigueur à cette époque. Depuis sa mise en service, le terne 380 kV a été exploité à 220 kV et le terne 220 kV à 132 kV. Le terne exploité à 220 kV est actuellement introduit dans la sous-station de Pieterlen. Le terne 132 kV est introduit dans les sous-stations de Kappelen, Pieterlen et Sorvilier.

Une augmentation de la tension à 380kV du terne, qui est actuellement exploité à 220 kV, est prévue.

Le terne 380 kV reliera à l'avenir directement les deux sous-stations de Mühleberg et Bassecourt. Une introduction dans la SST de Pieterlen n'est plus prévue à l'avenir. Le terne exploité à 132 kV sera exploité également à l'avenir à 132 kV.

De plus, divers ternes de tensions moins élevées sont suspendus sur certains tronçons entre les sous-stations de Pieterlen et Bassecourt.

- LT 66(132) kV Biel – Delémont (BI-DM52): du pylône n° 72 au pylône n° 139
- ligne 50(132) kV Sorvilier – Reuchenette (SOR-REU): du pylône n° 89 au pylône n° 104
- ligne 132 kV Bassecourt – Brislach (BAC-BRI): du pylône n° 139 à la SST de Bassecourt
- ligne 50(132) kV Bassecourt – Courrendlin (BAC-COU): du pylône n°139 à la SST de Bassecourt

Ces ternes ne font l'objet d'aucune modification et restent en exploitation comme jusqu'ici.

De nouvelles dispositions légales introduites entre temps empêchent une augmentation de la tension à 380 kV du terne approuvé alors à 380 kV sans mise en application d'une procédure d'autorisation préalable.

Il s'agit notamment de:

- l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) du 15.12.1998, état au 1^{er} janvier 2016
- l'Ordonnance sur la protection contre les rayonnements non-ionisants (ORNI) du 23.12.1999, état au 1^{er} juillet 2016
- l'Ordonnance sur les lignes électriques (OLEI) du 30.3.1994, état au 1^{er} janvier 2016

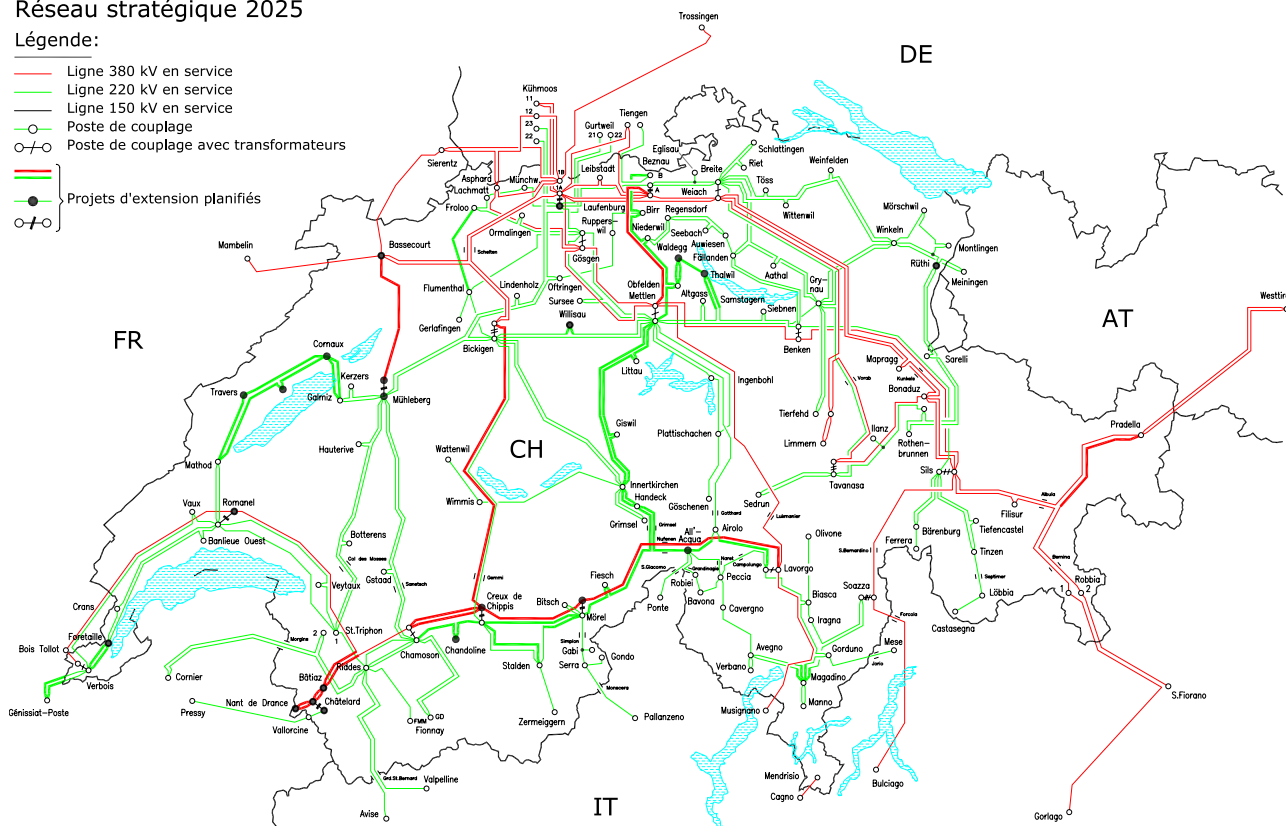
1.2. Nécessité du projet

L'augmentation de la tension de la ligne Bassecourt – Mühleberg fait partie intégrante du «Réseau stratégique 2025» de Swissgrid (voir schéma de réseau). Le «Réseau stratégique 2025» assure que les principaux goulets d'étranglements existants du réseau soient éliminés pour le bien de l'économie suisse.

Réseau stratégique 2025

Légende:

- Ligne 380 kV en service
- Ligne 220 kV en service
- Ligne 150 kV en service
- Poste de couplage
- Poste de couplage avec transformateurs
- Projets d'extension planifiés
- Projets d'extension planifiés



Les conséquences de la mise hors service prévue de la centrale nucléaire de Mühleberg en 2019 peuvent être compensées par l'augmentation de la tension de la ligne Bassecourt – Mühleberg de 220 kV à 380 kV accompagnée de l'installation d'un transformateur de couplage 380/220 kV à Mühleberg. L'analyse et les conclusions tirées de la situation des transformateurs lors de la situation énergétique et du réseau tendue durant l'hiver 2015/2016 ont également mené à la priorisation du projet Bassecourt – Mühleberg.

Le projet comprend principalement un renforcement du réseau de la ligne aérienne 380/220 kV existante de 45,4 km construite en 1978. Cette ligne a été approuvée et construite pour un terme de tension nominale 380 kV et un terme 220 kV. Depuis la mise en service, les deux termes ont toutefois été exploités uniquement aux tensions nominales de 220 ou 132 kV, respectivement. Dans le présent projet, la ligne exploitée à 220 kV est mise à jour pour l'exploitation à 380 kV selon les dispositions en vigueur à l'heure actuelle.

Avant que la ligne puisse être exploitée à 380 kV, elle doit impérativement être adaptée à la législation en vigueur au sens de la ligne directrice pour l'augmentation de tension de l'OFEN du 3 mai 2011 («BFE-Leitfaden für Spannungserhöhungen», disponible en allemand uniquement). Dans le cadre de l'adaptation, des mesures de modernisation sont également réalisées sur la ligne électrique (remplacement des chaînes d'isolateurs dans la zone de croisement).

2. Augmentation de la tension et modernisation

2.1. Respect des dispositions légales

Depuis la construction de la ligne, les dispositions légales ont été modifiées. Il s'agit notamment de:

- l'Ordonnance sur les lignes électriques (OLEI) du 30.3.1994, état au 1^{er} janvier 2016
- l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) du 15.12.1998, état au 1^{er} janvier 2016
- l'Ordonnance sur la protection contre les rayonnements non-ionisants (ORNI) du 23.12.1999, état au 1^{er} juillet 2016

Avant que la ligne puisse être exploitée à 380 kV, elle doit impérativement être adaptée à la législation en vigueur au sens de la ligne directrice pour l'augmentation de tension de l'OFEN du 3 mai 2011 («BFE-Leitfaden für Spannungserhöhungen», disponible en allemand uniquement).

L'OLEI et l'OPB contiennent des dispositions / valeurs limites qui doivent en principe être respectées. Les valeurs limites pour le champ électrique selon l'ORNI sont également clairement définies et sont à respecter. Les dispositions sont indiquées et expliquées ci-dessous, ainsi que les mesures qui en découlent.

Les dispositions en termes de champ magnétique ont été adaptées dans le cadre de la modification de l'ORNI au 1.7.2016. Pour évaluer les valeurs limites pour le champ magnétique, il est déterminant de savoir si la ligne est considérée comme une «nouvelle installation», une «ancienne installation» ou une «modification d'une ancienne installation».

2.1.1. Conformité à l'Ordonnance sur les lignes électriques (OLEI)

Distances au sol

Selon l'art. 34 al. 1 OLEI, les conducteurs, câbles aériens et conducteurs de terre doivent présenter les distances au sol minimales selon le tableau suivant de l'annexe 3 OLEI, et ce aussi bien pour la flèche maximale que pour la déviation due au vent:

		Distance verticale	Distance directe
Ligne à grandes portées à haute tension (380 kV)	conducteur	7,5 m + 3,8 m	5,0 m + 3,8 m
	câble aérien, conducteur de terre	7,5 m	5,0 m

La tension actuelle des conducteurs et les distances au sol correspondantes des conducteurs ont été enregistrées dans le cadre d'un survol avec numérisation laser de la ligne Bassecourt – Mühleberg en 2009 et déterminées par calcul. L'ensemble des preuves du respect des distances minimales sont indiquées dans les profils en long actuels. Pour cela, le calcul est basé sur l'état du conducteur à une température de conducteur de 80°C. La distance au sol de 11,30 m exigée selon l'OLEI est respectée tout au long de la ligne, sauf entre le pylône n° 71 et la SST de Pieterlen, où la distance au sol est inférieure avec une

température du conducteur à 80°C . La distance au sol calculée sur cette portée est de 10,87 m sans mesures de modification. Les mesures pour le respect de la distance au sol sont expliquées au chapitre 2.2.1.

En outre, des distances minimales aux arbres sont en partie marquées en rouge dans les profils en long. Les distances insuffisantes sont corrigées dans le cadre de l'entretien régulier du tracé de la ligne ou ont éventuellement déjà en partie été corrigées.

Distance entre les phases

Les distances minimales à respecter entre les conducteurs sont définies dans l'OLEI aux art. 33, 89 et 101 OLEI, ainsi que dans l'annexe 6. Ces distances sont différentes pour les différents niveaux de tension. Plus la tension est élevée, plus la distance requise entre les conducteurs est grande. Avec l'augmentation prévue de la tension à 380 kV, les distances à respecter sont donc plus grandes qu'avec une exploitation à 220 kV. La ligne a en principe été conçue et dimensionnée en 1976/1977 pour une exploitation à 380 kV selon les dispositions de l'Ordonnance sur le courant fort en vigueur à l'époque. Les distances requises entre les conducteurs selon l'OLEI pour une exploitation à 380 kV sont respectées à quelques exceptions près.

Selon l'art. 33 OLEI, des distances insuffisantes entre les conducteurs se trouvent au sein des portées présentant un changement de silhouette de pylône et aux croisements des conducteurs au niveau des portées suivantes:

- portée du pylône n° 39 au pylône n° 40
- portée du pylône n° 71 à la SST de Pieterlen
- portée du pylône n° 135 au pylône n° 136

Les mesures prévues pour corriger les distances insuffisantes sont expliquées au chapitre 2.2.1.

Amélioration de la sécurité dans les zones de croisement

Selon l'annexe 2 point 7 OLEI en rapport avec l'art. 9 OLEI, il convient de prendre des mesures afin d'éviter un abaissement dangereux des conducteurs.

26 pylônes porteurs dans des zones de croisements sont actuellement équipés de chaînes d'isolateurs simples, qui seront remplacées par des chaînes d'isolateurs doubles.

2.1.2. Conformité à l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB)

Dans le cas de la présente ligne à haute tension, il s'agit d'une installation au sens de l'art. 7 alinéa 7 de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) et de l'art. 2 OPB.

La ligne 380/220 kV a déjà été autorisée dans les années 70. Les immissions de bruit de cette ancienne installation sont à l'heure actuelle bien en dessous des valeurs de planification (VP) de l'OPB.

De par la modification d'un des ternes d'une exploitation de 220 kV à 380 kV, la valeur maximale du champ électrique de la ligne aérienne augmente, ce qui induit une augmentation du niveau sonore corona et ainsi du niveau sonore de la ligne.

Selon la pratique actuelle du Tribunal Fédéral (voir BGE123 II 325 E. 4c aa), le principe de précaution veut qu'une ancienne installation, qui ne produisait pas de nuisances sonores avant l'entrée en vigueur de la Loi sur la protection de l'environnement, doit toujours être jugée selon l'art. 25 LPE et non selon l'art. 8 OPB, l'installation modifiée devant alors être considérée comme nouvelle. Ainsi, les dispositions des art. 25 LPE et art. 7 OPB s'appliquent.

Selon l'art. 7 OPB, les émissions de bruit d'une nouvelle installation fixe seront limitées conformément aux dispositions de l'autorité d'exécution:

- a. dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation et économiquement supportable, et
- b. de telle façon que les immissions de bruit dues exclusivement à l'installation en cause ne dépassent pas les valeurs de planification.

L'autorité d'exécution accorde des allègements dans la mesure où le respect des valeurs de planification constituerait une charge disproportionnée pour l'installation et que cette dernière présente un intérêt public prépondérant, notamment sur le plan de l'aménagement du territoire. Les valeurs limites d'immission ne doivent cependant pas être dépassées.

La valeur de planification pour la ligne à haute tension est respectée à tout endroit même avec une exploitation à 380 kV (voir considérations émissions de bruit registre 9). De par le faisceau à quatre conducteurs, le bruit corona est minimisé et le principe de précaution pris en considération.

2.1.3. Conformité à l'ORNI

Champ électrique

La valeur limite d'immission (VLI) de 5 kV/m doit être respectée à tout moment dans tous les «lieux de séjour momentané LSM» et dans tous les lieux à utilisation sensible (LUS). Tous les lieux extérieurs accessibles aux personnes sont considérés comme LSM. Les endroits délimités par une clôture ou des chaînes, et qui comportent des mises en garde ne sont pas considérés comme accessibles. Ne sont pas non plus considérés comme accessibles des secteurs à terrain impraticable, en particulier en montagne.

La VLI de 5 kV/m pour le champ électrique est aujourd'hui (avec une exploitation à 220 kV) respectée dans tous les lieux accessibles.

Le champ électrique de la ligne s'agrandit avec l'augmentation de la tension à 380 kV. Le champ électrique pour une exploitation à 380 kV a été calculé. Le calcul se base sur le cas le plus défavorable. Celui-ci peut varier suivant le tronçon et la disposition des ternes et des conducteurs.

Il a été calculé quelle distance au sol est nécessaire pour chaque silhouette de pylône avec une température du conducteur de 40° C afin de respecter les 5 kV/m à 1 m au-dessus du sol. Les distances au sol ont ensuite été vérifiées à l'aide de profils en long actuels.

Le calcul et le contrôle montrent que, sans mesures, la distance au sol nécessaire est insuffisante sur 8 portées (dans 6 tronçons de tirage) et que le VLI pour le champ électrique n'est pas respecté avec une exploitation à 380 kV (voir le chap. 2.2.2 pour les mesures prévues).

Portée	Tronçon de tirage	Distance au sol actuelle à 40°C	Distance au sol requise à 40°C
pylône n° 21 au pylône n° 22	pylône n° 17 au pylône n° 23	12,61 m	13,84 m
pylône n° 25 au pylône n° 26	pylône n° 25 au pylône n° 28	12,03 m	13,84 m
pylône n° 27 au pylône n° 28		12,48 m	13,84 m
pylône n° 53 au pylône n° 54	pylône n° 49 au pylône n° 54	12,93 m	13,84 m
pylône n° 54 au pylône n° 55	pylône n° 54 au pylône n° 57	12,23 m	13,84 m
pylône n° 55 au pylône n° 56		12,23 m	13,84 m
pylône n° 66 au pylône n° 67	pylône n° 66 au pylône n° 67	13,25 m	13,82 m
pylône n° 112 au pylône n° 113	pylône n° 109 au pylône n° 114	13,74 m	13,93 m

Sans mesures, la valeur limite d'immission pour le champ électrique selon l'ORNI ne serait pas respectée non plus entre le pylône n° 71 et la SST de Pieterlen. Une augmentation des distances au sol est cependant déjà nécessaire dans cette portée afin de respecter les distances au sol selon l'OLEI (voir chapitre 2.1.1).

Champ magnétique

Une version révisée de l'ORNI est entrée en vigueur le 1.7.2016. Avec la modification de l'ORNI du 1.7.2016, les divergences entre la réglementation de l'assainissement selon l'ORNI et son fondement juridique dans la LPE – démontrées par deux décisions du Tribunal Fédéral (décision 1A.184/2003 du 9 juin 2004; décision 1C_172/2011 du 15 novembre 2011) – ont été dissipées et une sécurité juridique rétablie.

L'ORNI différencie les «anciennes installations», les «nouvelles installations» et les «modifications d'anciennes installations». Le respect de la valeur limite de l'installation y est réglementé de manière différenciée.

Toutes les installations dont l'autorisation a fait force de chose jugée après l'entrée en vigueur de l'ORNI sont des installations nouvelles. La ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg, approuvée comme ligne 380/220 kV en 1976/77 et construite ensuite, est donc considérée comme une installation ancienne au sens de l'ORNI.

Les mesures comptant comme modification d'une installation sont définies au chiffre 12, al. 7.

Par modification d'une installation, on entend:

- a) les adaptations constructives qui consistent à réduire la distance au sol des conducteurs de phase d'une ligne aérienne ou la profondeur d'enfouissement des conducteurs de phase d'une ligne câblée souterraine;
- b) les adaptations constructives qui consistent à augmenter l'écart entre les conducteurs de phase de même fréquence d'une ligne électrique;

- c) la construction d'une nouvelle ligne électrique à proximité d'une ligne électrique existante;
- d) le démontage d'une ligne électrique à proximité d'une autre ligne électrique;
- e) la modification du nombre de ternes exploités en permanence;
- f) l'utilisation de ternes existants pour des systèmes de courant d'une autre fréquence, ou
- g) la modification durable du courant déterminant au sens du ch. 13, al. 2 et 3.

Selon le chiffre 12, al. 7 de l'ORNI, l'augmentation seule de la tension n'est pas considérée comme une modification d'une ancienne installation. Les mesures nécessaires qui doivent être apportées à la ligne afin de pouvoir réaliser l'augmentation de la tension en tenant compte de l'ensemble des dispositions légales, ne sont également pas considérées comme une modification d'une installation selon le chiffre 12 al. 7 au sens de l'ORNI. C'est pourquoi, le projet présenté ici est à considérer comme ancienne installation au sens de l'ORNI.

Dans une installation ancienne, un dépassement de la valeur limite de l'installation doit être réduit par une optimisation de la disposition des phases, dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation.

La disposition des phases entre Mühleberg et Pieterlen est déjà optimisée à l'heure actuelle. Une optimisation des phases est nécessaire pour le tronçon de Pieterlen à Bassecourt.

2.2. Présentation des mesures prévues

Les adaptations indiquées ci-dessous sont nécessaires afin de satisfaire aux dispositions légales pour une exploitation à 380 kV de la ligne. Il s'agit d'une part d'adaptations afin de respecter les champs électriques selon l'ORNI et pour respecter l'OLEI. Des adaptations sont d'autre part prévues pour assurer une optimisation de la position des phases entre Pieterlen et Bassecourt.

De plus, des mesures sont nécessaires afin de supprimer l'introduction à la sous-station de Pieterlen ainsi que des mesures pour l'introduction à la sous-station de Bassecourt.

Les chaînes prévues sont listées en fin de rapport.

L'augmentation de la tension ne nécessite aucun remplacement de pylônes existants.

Les portées et les pylônes auxquels des mesures seront apportées sont indiqués dans les plans d'ensemble «mesures prévues» (registre 2) ainsi que sur les silhouettes des pylônes et le tableau des pylônes avec mesures (registre 5).

2.2.1. Mesures pour le respect de l'OLEI

Augmentation de la tension de tirage des conducteurs (1 tronçon de tirage)

La tension de tirage des conducteurs actuelle a été enregistrée dans le cadre d'un survol avec numérisation laser de la ligne Bassecourt – Mühleberg en 2009 et déterminée par calcul. Afin de respecter la distance au sol de 11,30 m exigée selon l'OLEI, la tension de tirage du conducteur doit être augmentée dans la portée

entre le pylône n° 71 et le portique de la sous-station de Pieterlen. Pour cette raison, des renforcements sont à prévoir au pylône n° 71 existant et au portique de la sous-station de Pieterlen.

L'augmentation des forces en présence nécessite également des renforcements de la fondation du pylône n° 71.

L'augmentation de la distance au sol pour assurer le respect de l'OLEI entre le pylône n° 71 et la SST de Pieterlen a également pour conséquence que le champ électrique au sol s'en trouve amélioré et que la valeur limite d'immission est respectée.

Montage de distanceurs de phases (3 portées)

Des distances insuffisantes entre les conducteurs d'un système existent lors de modifications des silhouettes de pylône ou de croisement de conducteurs. Le terne 380 kV est concerné lors de la modification de silhouette de pylône. Le croisement des phases afin d'obtenir une optimisation des phases est réalisé sur le terne 132 kV Sorvilier – Bassecourt. Des distances insuffisantes se présentent dans les portées suivantes:

- portée du pylône n° 39 au pylône n° 40
(terne 380 kV: changement de la silhouette sapin à la silhouette Danube)
- portée du pylône n° 71 à la SST de Pieterlen
(terne 380 kV: changement de la silhouette sapin au portique sur un niveau)
- portée du pylône n° 135 au pylône n° 136
(terne 132 kV: décroisement des phases dans la portée)

Le montage de distanceurs de phases est prévu dans les portées susmentionnées afin de satisfaire aux dispositions légales en vigueur (voir illustration suivante). Le montage de distanceurs de phases assure également le maintien d'une distance suffisante entre les conducteurs en cas de balancement des conducteurs, conformément à l'annexe 6, par. 2.2.4 de l'OLEI.



Exemple: Image symbole montage distanceurs de phase

Amélioration de la sécurité dans les zones de croisements (26 pylônes porteurs)

Il est prévu de remplacer les chaînes simples actuelles par des chaînes doubles dans les zones de croisements avec les chemins de fer, les lignes de tiers et les routes cantonales. Les pylônes tenseurs sont déjà équipés de chaînes d'ancrage doubles/triples à l'heure actuelle. Les chaînes simples seront remplacées par des chaînes doubles sur les pylônes porteurs situés dans des zones de croisements. Chaque conducteur est ainsi fixé au moyen de deux isolateurs aux traverses des pylônes. Chacun des deux isolateurs peut à lui seul supporter la totalité du poids et des forces de traction. Il en résulte une sécurité accrue de la suspension du conducteur. Des chaînes 380 kV et 132 kV de dernière génération avec des isolateurs composites sont utilisées pour les chaînes doubles.

Le terna de BKW qui est actuellement exploité à 132 kV a été prévu en 1976/77 pour une exploitation à 220 kV, et a été approuvé et isolé en conséquence. Comme ce terna continuera d'être exploité uniquement en 132 kV, des chaînes standard seront montées lors du remplacement des chaînes simples par des chaînes doubles.

Les chaînes standard prévues de Swissgrid et de BKW sont plus courtes que les chaînes simples actuellement utilisées.

Des barres d'allongement de prolongation seront montées sur les chaînes 132 kV (éclisse réglable, illustration voir registre 6), afin que les dimensions du raccourcissement des deux niveaux de tension soient identiques. Cette mesure n'a aucun rapport avec la modification de la tension.

Pour le lacet CFF, seul le pylône n° 78 sera équipé de chaînes doubles. Cette chaîne sera montée dans la direction de la ligne et scindée vers le bas, de sorte à ce que la chaîne soit suspendue en forme de A. La chaîne CFF prévue présente une longueur identique à la chaîne existante.

Le pylône est déjà équipé de deux points de suspension qui peuvent être utilisés pour le montage.



Silhouette de pylône existant avec chaînes de suspension simples



Silhouette de pylône après montage de chaînes de suspension doubles

2.2.2. Mesures pour la conformité à l'ORNI

Augmentation de la tension de tirage des conducteurs (6 tronçons de tirage)

La tension de tirage des conducteurs doit être augmentée dans 6 tronçons de tirage afin de respecter les distances exigées selon l'ORNI pour le champ électrique.

L'augmentation de la tension de montage des conducteurs modifie les forces agissantes sur les pylônes et nécessite ainsi un renforcement des pylônes et des fondations.

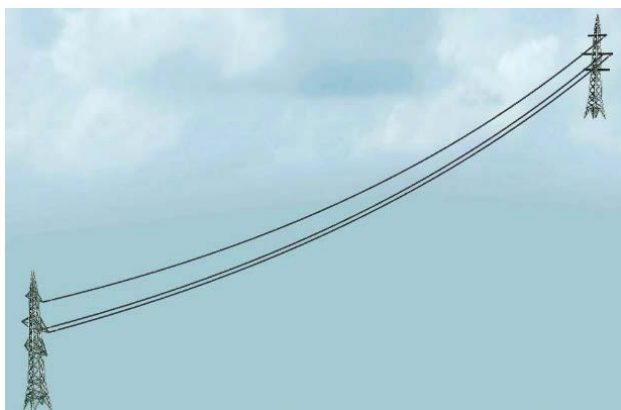
Optimisation des phases (2 portées, 1 pylône)

Pour optimiser la position des phases sur le tronçon de Pieterlen à Bassecourt, il est prévu de décroiser plusieurs fois le terna 132 kV, afin de réduire le champ magnétique aux LUS.

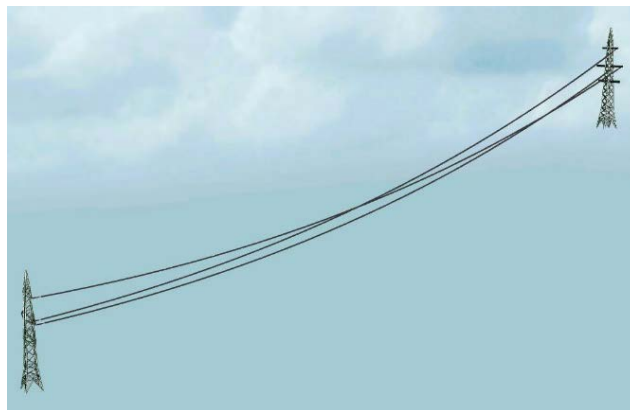
Une optimisation des phases est prévue aux endroits suivants:

- portée du portique de la SST de Pieterlen au pylône n° 72: décroisement des phases dans la portée
- pylône n° 72: décroisement des phases (L3 et L1) sur le pylône
- SST de Sorvilier: décroisement des câbles à l'introduction des câbles dans le cadre du projet de la sous-station
- portée du pylône n°135 au pylône n° 136: décroisement de l'ensemble des phases dans la portée
- SST de Bassecourt: décroisement des câbles à l'introduction des câbles dans le cadre du projet de la sous-station

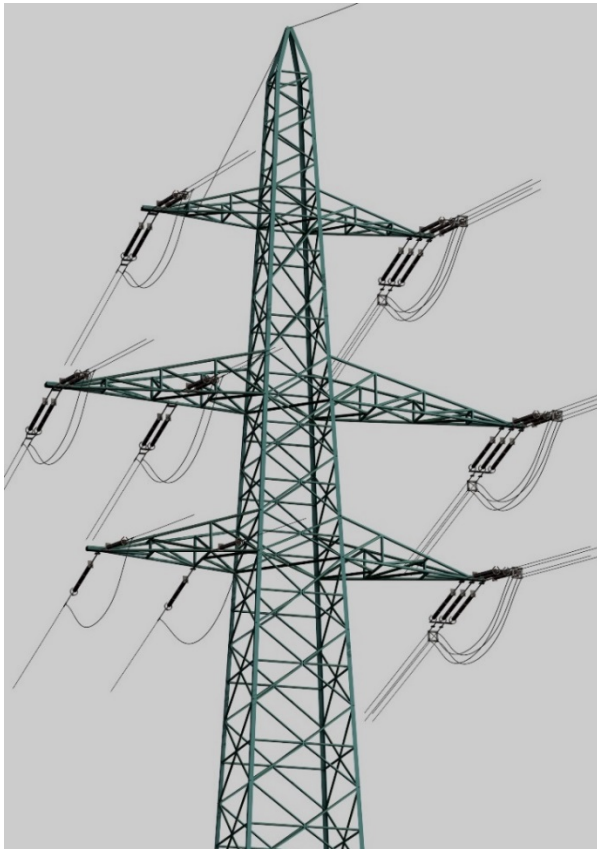
Les illustrations suivantes montrent de manière schématique le décroisement des conducteurs dans la portée et au niveau du pylône.



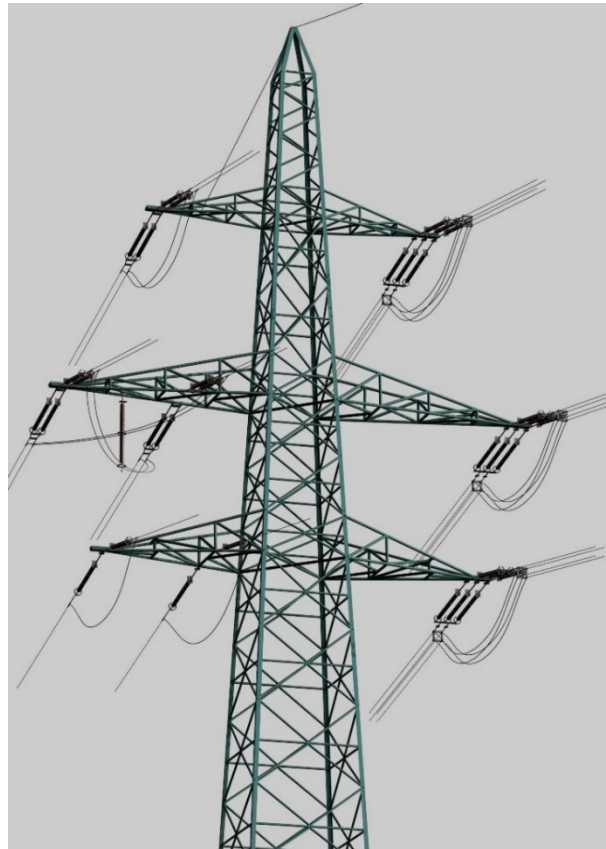
Esquisse position des phases existante



Esquisse position des phases prévue



*Esquisse position des phases existante
pylône n° 72*



*Esquisse position des phases prévue
pylône n° 72*

2.2.3. Mesures pour l'introduction dans la SST de Bassecourt

Les postes de couplage 132 et 220 kV sont situés du côté ouest dans le périmètre de la SST de Bassecourt. Le poste de couplage 380 kV se situe dans la partie est.

Le terne Swissgrid à partir de Mühleberg est actuellement introduit à partir du pylône n° 139 par le pylône n° 140-1 dans le poste 220 kV dans la partie ouest de la SST. Lors de la modification du terne à 380 kV, le terne devra être raccordé au poste de couplage 380 kV dans la partie est de la sous-station.

Adaptation de l'introduction de la ligne

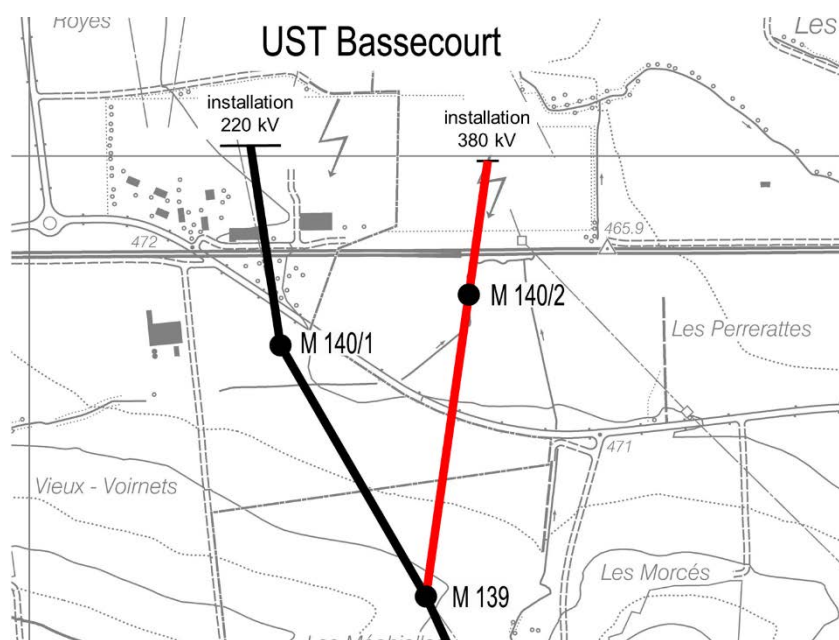
Il est prévu de déplacer le terne de la ligne 380 kV à partir du pylône n° 139 en direction de l'est vers le pylône existant n° 140-2 et de le diriger depuis là directement dans le poste de couplage 380 kV en tant que ligne aérienne.

Les conducteurs seront connectés entre le pylône n° 139 et la SST de Bassecourt comme faisceau à quatre conducteurs. Le pylône n° 140-2 et le portique seront équipés de nouvelles chaînes d'ancrage 380 kV.

Il était déjà prévu dans les dossiers de plans des années 1974 et 1976 que ce terrain soit introduit par le pylône n° 140-2 (n° de construction 169/2) dans la partie est de la SST pour l'exploitation du terrain à 380 kV.

Lors de l'année de construction de la ligne Bassecourt – Mühleberg, le pylône n° 140-2 a été dimensionné et construit pour son utilisation finale autorisée, mais a cependant uniquement été équipé des conducteurs du lacet CFF. À l'époque, on a renoncé à l'équiper de conducteurs pour le terrain 380 kV.

Le terrain de conducteurs jumelés existant entre les pylônes n°s 139, 140-1 et le portique ouest de la SST de Bassecourt sera démantelé.



Adaptation de l'introduction de la ligne à la SST de Bassecourt



Pylône n° 140-2: conçu pour un terne 380 kV et un lacet CFF, équipé de la LT 132 kV Biel – Delémont

Dans un courrier du 13 mai 2015, l'OFEN a communiqué que l'introduction de la ligne en soi prévue à partir du pylône n° 139, par le pylône n° 140-2 dans la sous-station de Bassecourt n'a pas de conséquences importantes sur l'aménagement du territoire et l'environnement et ne relève donc pas de l'obligation de plan sectoriel (PSE) selon l'art. 16 al. 5 de la Loi sur les installations électriques (LIE; SR 734.0). Il n'est donc pas nécessaire de réaliser ni une procédure PSE, ni une procédure de renonciation PSE.

2.2.4. Mesures pour la suppression de l'introduction à la SST de Pieterlen

Actuellement, les conducteurs du terne exploité à 220 kV, en provenance du pylône n° 71, sont ancrés dans le champ 3 du portique d'ancrage. De là, le terne est introduit dans l'installation sous forme de câble. En sortant de l'installation, le câble relie le champ 4 du portique d'ancrage, auquel sont ancrés les conducteurs en direction du pylône n° 72.

Le terne de la ligne qui sera exploité à 380 kV à l'avenir ne doit plus être introduit dans la SST de Pieterlen.

Ceci signifie que les ternes 380 kV entrant et sortant doivent être reliés entre eux.

Basculement de lignes

En tant que variante la plus économique et la plus simple sur le plan de la technique et de l'exploitation pour relier les terres de la ligne, il est prévu de déplacer le terre 380 kV sortant (terre direction pylône n° 72) du champ 4 au champ 3 et relier les conducteurs directement par des bretelles d'amarrages.

Ensuite la liaison câblée 220 kV dans la sous-station peut être démantelée. Les illustrations suivantes visualisent les ancrages existants sur le portique ainsi que la modification prévue.



Portique SST PIE existant



Portique SST PIE prévu

Dans un courrier du 23.11.2016, l'OFEN a communiqué que la suppression de l'introduction du terre en soi ne nécessite pas de réaliser une procédure PSE ni une procédure de renonciation au PSE étant donné que la suppression de l'introduction du terre n'a pas de conséquences importantes sur l'aménagement du territoire et l'environnement. La suppression de l'introduction du terre, liée au basculement du champ 4 au champ 3 sur le portique d'ancrage, nécessite même moins de place et réduit les impacts sur l'environnement.

2.2.5. Chaînes prévues

Les types de chaînes employés sont listés ci-dessous:

terre 380 kV BAC-MUE:	chaîne d'ancrage double avec isolateurs composites
	chaîne de suspension double avec isolateurs composites
terre 132 kV MUE-KAP:	chaîne de suspension double avec isolateurs composites
terre 132 kV KAP-PIE:	chaîne de suspension double avec isolateurs composites
terre 132 kV PIE-SOR:	chaîne de suspension double avec isolateurs composites
terre 132 kV SOR-BAC:	chaîne de suspension double avec isolateurs composites
lacet CFF 132 kV BI-DM52:	chaîne de suspension double en A dans la direction de la ligne avec isolateur LG 75/22

Les dessins des chaînes sont joints au dossier (registre 6).

2.3. Description des mesures de construction

2.3.1. Augmentation de la tension de tirage des conducteurs

Afin d'augmenter la tension de tirage des conducteurs entre les pylônes tenseurs, il convient d'abord de démonter les chaînes de suspension qui permettent de suspendre les conducteurs aux traverses, sur tous les pylônes porteurs qui se trouvent entre, et de placer les conducteurs dans des poulies. Les conducteurs sont ensuite réglés à nouveau sur la base des indications calculées auparavant. Pour ce faire, le conducteur est fixé à une extrémité, puis est mis en place dans la position souhaitée en tirant le conducteur par l'autre extrémité au moyen d'un tirant à câble Habegger. Ensuite, les poulies sont à nouveau démontées et remplacées par des chaînes de suspension.

2.3.2. Montage de distanceurs de phase

Le montage de distanceurs de phases est effectué dans la portée. L'accès à l'endroit du montage se fait au moyen d'une plate-forme élévatrice et les distanceurs de phases sont fixés aux conducteurs correspondants. Au cas où l'accès avec une plate-forme élévatrice dans la portée n'est pas possible en raison de la végétation ou de la topographie, des chariots peuvent être employés sur les conducteurs comme alternative.

2.3.3. Montage de chaînes doubles

La chaîne de suspension simple installée est remplacée par une chaîne de suspension double. A cet effet, les conducteurs doivent d'abord être détachés de leurs fixations existantes aux isolateurs et fixés à un point adapté du pylône. Ensuite, les câbles fixés provisoirement peuvent être montés avec les chaînes d'isolateurs prévues sur la traverse.

2.3.4. Optimisation des phases

Pour l'optimisation des phases dans la portée, il convient d'abord d'ouvrir les bretelles, les conducteurs sont ensuite détachés de leurs fixations existantes aux chaînes d'ancrage et fixés à un point adapté sur le pylône. Ensuite, les conducteurs sont fixés à la chaîne d'ancrage à l'autre point d'ancrage et les conducteurs sont reliés dans la bretelle.

Exemple: les deux conducteurs sont détachés des points d'ancrage existants (point d'ancrage A et B) lors de l'échange des conducteurs A et B. Le conducteur A est ensuite fixé au point d'ancrage B, le conducteur B au point d'ancrage A. Les bretelles sont ensuite de nouveau raccordées.

Pour l'optimisation des phases sur le pylône, les bretelles sont ouvertes et raccordés à l'autre conducteur. De plus, la bretelle est équipée d'une stabilisation.

2.3.5. Basculement de lignes

Des chaînes d'ancrage pour l'ancrage des conducteurs en direction du pylône n° 72 sont montées aux trois points d'ancrage du champ 3 du portique d'ancrage de la SST de Pieterlen. Les conducteurs sont ensuite détachés de leur fixation aux chaînes d'ancrage sur le champ 4 et déplacés. Les conducteurs entrants du pylône n° 71 sur le champ 3 sont reliés dans la bretelle aux conducteurs sortants vers le pylône n° 72. Pour terminer, les ancrages verticaux des champs 3 et 4 sont démontés.

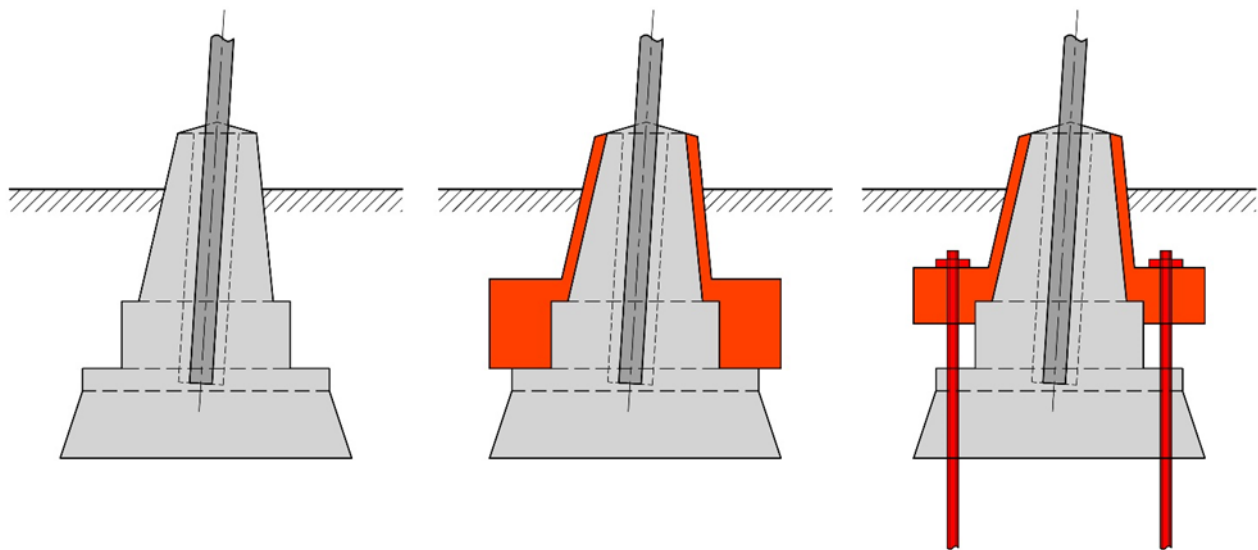
2.3.6. Adaptation de l'introduction de ligne

De nouveaux faisceaux à 4 conducteurs sont installés entre le pylône n° 139 et la sous-station de Bassecourt. Pour ceci, les conducteurs enroulés pour le transport sur des bobines sont montés sans frottement, c'est-à-dire sans toucher le sol entre l'emplacement des bobines et l'emplacement du treuil. Pour ce faire, des poulies, par lesquelles le conducteur sera tiré, sont d'abord fixées aux pylônes. Un filin de tirage léger est d'abord tendu pour le tirage des conducteurs. Le filin de tirage est mis en place à la main ou au moyen d'un véhicule tout-terrain suivant la nature du sol. Puis le conducteur est tiré par-dessus les poulies avec le filin de tirage. Afin de maintenir la garde au sol lors du tirage, les conducteurs sont retenus de manière appropriée par une machine de freinage et maintenues sous tension de traction. Les chaînes d'ancrage sont montées après le tirage des conducteurs, les conducteurs sont fixés aux chaînes d'ancrage et régulées de sorte que leur flèche corresponde à la flèche calculée auparavant. Les poulies sont ensuite démontées.

Les conducteurs du terme actuellement exploité à 220 kV entre le pylône n° 139, le pylône n° 140-1 et le portique dans la partie ouest de la SST de Bassecourt sont détachés des chaînes, descendus à terre et enroulés. Les conducteurs et chaînes sont ensuite éliminés de manière appropriée.

2.3.7. Renforcements de fondations et de supports

Les renforcements de fondations sont réalisés avec des machines et les excavations sont limitées aux alentours du socle de béton visible. Le déroulement du travail prévoit d'abord de dégager le socle de béton. Un coffrage est ensuite posé et une collerette est bétonnée autour du socle existant. Des micropieux doivent éventuellement être installés afin d'assurer une stabilité supplémentaire. Pour terminer, les excavations autour du socle en béton nécessaires à la réalisation du renforcement de la fondation sont à nouveau recouvertes.



Fondation existante

Fondation renforcée
avec collerette en béton

Fondation renforcée avec
collerette en béton et micropieux

Les renforcements aux supports ont lieu principalement avec un doublage des profilés métalliques des cornières d'angle et par un remplacement éventuel des profilés diagonaux existants.

Les mesures spécifiques par pylônes (renforcement de fondations et de pylônes) sont indiquées dans le tableau des pylônes avec mesures (registre 5).

3. Tracé

3.1. Description du tracé

La numérotation des pylônes de la ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg a été déterminée de manière ascendante depuis la SST de Mühleberg jusqu'à celle de Bassecourt. Sur la base de cette numérotation, la ligne est, contrairement à sa dénomination, considérée de Mühleberg en direction de Bassecourt.

La ligne parcourt les cantons de Berne et du Jura de Mühleberg à Bassecourt et traverse les communes suivantes:

- Mühleberg
- Wohlen bei Bern
- Radelfingen
- Seedorf
- Aarberg
- Lyss
- Kappelen
- Worben
- Studen (BE)
- Bütigen
- Schwadernau
- Scheuren
- Safnern
- Meinisberg
- Pieterlen
- Romont (BE)
- Sauge
- Péry-La-Heutte
- Sorvilier
- Valbirse
- Champoz
- Petit-Val
- Perrefitte
- Haute-Sorne (JU)

La frontière cantonale passe entre les pylônes n^{os} 120 et 121.

Le terme 132 kV de la ligne est introduite dans les SST de Kappelen, Sorvilier et Pieterlen dans les communes de Kappelen, Sorvilier et Pieterlen.

L'augmentation de la tension et la modernisation ne prévoient pas de remplacement de pylônes existants. Le tracé n'est modifié que légèrement dans les deux dernières portées avant la SST de Bassecourt.

3.2. Croisements

La ligne 380/132kV Bassecourt – Mühleberg survole diverses lignes ferroviaires, autoroutes et conduites de gaz.

Les croisements sont indiqués dans le plan de situation (registre 3). Les portées où se situent croisements sont listées ci-dessous.

Les croisements de lignes électriques sont listés séparément dans le tableau des croisements dans le registre 7 et figurent sur les plans de situation (registre 3) et les profils en long (registre 4).

3.2.1. Chemin de fer

La ligne électrique croise des lignes de chemins de fer équipées de caténaires entre les pylônes suivants:

- pylônes n^{os} 29 et 30: ligne CFF 251 tronçon: Aarberg – Lyss Grien (PK 97,59)
- pylônes n^{os} 46 et 47: ligne CFF 260 tronçon: Busswil – Studen (PK 27,17)
- pylône n° 71 et SST de PIE: ligne CFF 410 tronçon: Lengnau – Pieterlen (PK 89,38)
- pylônes n^{os} 102 et 103: ligne CFF 226 tronçon: Malleray Bévillard – Sorvilier (PK 63,31)
- pylône n° 140-2 et SST de BAC: ligne CFF 240 tronçon: Courfaivre – Bassecourt (PK 92,49)

Les distances exigées selon l'OLEI (art. 101, annexe 18) sont respectées. Les autorisations existantes conservent leur validité.

3.2.2. Autoroutes

La ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg survole l'autoroute dans les portées suivantes:

- autoroute A6 entre les pylônes n^{os} 34 et 35
- autoroute A6 entre les pylônes n^{os} 35, 36 et 37
- autoroute A6 entre les pylônes n^{os} 45 et 46
- tunnel de l'autoroute A5 entre les pylônes n^{os} 70 et 71
- autoroute A16 (nouveau tronçon Court – Loveresse) entre les pylônes n^{os} 99 et 100

Les distances minimales au sol selon l'OLEI sont respectées. Les autorisations existantes conservent leur validité.

3.2.3. Conduites de gaz

La ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg croise une conduite de gaz de l'entreprise UNIGAZ SA entre les pylônes n^{os} 29 et 30. De même, elle croise une conduite de gaz de l'entreprise Gasverbund Mittelland AG entre les pylônes n^{os} 47 et 48.

Les distances selon l'annexe 19 OLEI sont respectées. Les autorisations existantes conservent leur validité.

3.2.4. Cours d'eau navigables selon l'art. 40 OLEI

La ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg survole l'Aar entre les pylônes n^{os} 59 et 60.

Les distances réglementaires selon l'art. 40 OLEI sont respectées au niveau du croisement avec la plus grande flèche des conducteurs et le plus haut niveau navigable.

4. Servitudes

L'ensemble des servitudes de la ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg ont été acquises avant la construction pour la durée d'existence de la ligne. Les parcelles concernées ne sont pas soumises à des contraintes supplémentaires du fait des mesures prévues.

5. Accès

L'accès se fait si possible par les routes et chemins existants. Des pistes de chantier doivent être réalisées pour les emplacements de pylône où des renforcements des fondations sont prévus et qui ne sont pas situées à proximité immédiate d'une route ou d'un chemin. Les surfaces requises pour les accès seront remises en état à la fin des travaux. Dans les lieux inaccessibles, l'accès aux pylônes se fait par hélicoptère. L'accès aux pylônes individuels est décrit de manière détaillée dans la notice sur l'environnement (registre 8).

6. Coûts

Les coûts de construction pour l'augmentation de la tension et la modernisation de la ligne 380/132 kV Bassecourt – Mühleberg s'élèvent à env. CHF 5 millions (base de prix de décembre 2016).

7. Caractéristiques techniques

Longueur du tracé	Bassecourt – Mühleberg env. 45,4 km
Caractéristiques techniques	Etat existant: <u>SST de Mühleberg – SST de Kappelen – SST de Pieterlen</u> 1 x 220(380) kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132(220) kV (50 Hz) <u>SST de Pieterlen – pylône n° 72</u> 1 x 220(380) kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132(220) kV (50 Hz) <u>pylône n° 72 – pylône n° 89</u> 1 x 220(380) kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132(220) kV (50 Hz) / 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz) <u>pylône n° 89 – SST de Sorvilier</u> 1 x 220(380) kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132(220) kV (50 Hz) / 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz) / 1 x 50(132) kV (50 Hz) <u>SST de Sorvilier – pylône n° 139</u> 1 x 220(380) kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132(220) kV (50 Hz) / 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz) <u>pylône n° 139 – pylône n° 140-1 – SST de Bassecourt</u> 1 x 220(380) kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132(220) kV (50 Hz) / 1 x 132 kV (50Hz) / 1 x 50(132) kV (50 Hz) par le pylône n° 73 dans la SST de BAC <u>pylône n° 139 – pylône n° 140-2 – SST de Bassecourt</u> 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz) Etat prévu: <u>SST de Mühleberg – SST de Kappelen – SST de Pieterlen</u> 1 x 380 kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132 kV (50 Hz) <u>SST de Pieterlen – pylône n° 72</u> 1 x 380 kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132 kV (50 Hz) <u>pylône n° 72 – pylône n° 89</u> 1 x 380 kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132 kV (50 Hz) / 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz) <u>pylône n° 89 – SST de Sorvilier</u> 1 x 380 kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132 kV (50 Hz) / 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz) / 1 x 50(132) kV (50 Hz)

SST de Sorvilier – pylône n° 139

1 x 380 kV (terne est) (50 Hz) / 1 x 132 kV (50 Hz) /
1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz)

pylône n° 139 – pylône n° 140-1 – SST de Bassecourt

2 x 132 kV (50 Hz) / 1 x 50(132) kV (50 Hz) par le pylône n° 73 dans la SST
de BAC (démantèlement terne 380 kV)

pylône n° 139 – pylône n° 140-2 – SST de Bassecourt

1 x 380 kV (50 Hz) / 1 x 132 kV CFF, exploitation à 66 kV (16,7 Hz)

Conducteurs

Etat existant:

terne 380 kV BAC-MUE:

SST de MUE – pylône n° 139: 3 x 4 x Aldrey 400 mm²

pylône n° 139 – SST de BAC: 3 x 2 x Aldrey 400 mm²

terne 132 kV MUE-KAP: 3 x 2 x Aldrey 400 mm²

terne 132 kV KAP-PIE: 3 x 2 x Aldrey 400 mm²

terne 132 kV PIE-SOR: 3 x 2 x Aldrey 400 mm²

terne 132 kV SOR-BAC: 3 x 2 x Aldrey 400 mm²

lacet CFF 132 kV BI-DM52: Aldrey 400 mm²

terne 50(132) kV REU-SOR: Aldrey 400 mm²

terne 132 kV BAC-BRI: Aldrey 400 mm²

terne 50(132) kV BAC-COU: Aldrey 400 mm²

Etat prévu:

comme l'état actuel, à l'exception de:

terne 380 kV BAC-MUE:

pylône n° 139 – SST de BAC: 3 x 4 x Aldrey 400 mm²

Tension d'exploitation

terne 380 kV BAC-MUE: 420 kV

terne 132 kV MUE-KAP-PIE-SOR-BAC: 145 kV

lacet CFF 132 kV BI-DM52: 170 kV 16,7Hz

terne 50(132) kV REU-SOR: 145 kV

terne 132 kV BAC-BRI: 145 kV

terne 50(132) kV BAC-COU: 145 kV

Câble de terre

Etat existant:

SST de MUE – pylône n° 1D: OPGW 190, 600 mm² Aldrey,
554 mm² Aldrey coax

pylône n° 1D – pylône n° 3: OPGW 190, 600 mm² Aldrey

pylône n° 3 – pylône n° 6: 358 mm² Aldrey FO

pylône n° 6 – SST de PIE: COAX / FO skywrap, 554 mm² Aldrey
SST de PIE – SST de BAC: OPGW, 630 mm² Aldrey
introductions SST de KAP, PIE, SOR, BAC:
400 mm² Aldrey supplémentaire

Etat prévu:
comme l'état existant

Isolation

Etat existant:
terne 380 kV BAC-MUE:
chaîne d'ancrage triple: LG 85/22 ou LG 75/22
chaîne d'ancrage double: LG 75/22
chaîne de suspension double: LG 85/22 ou isolateur composite
chaîne de suspension simple: LG 85/22

terne 132(220) kV MUE-KAP-PIE-SOR-BAC:
chaîne d'ancrage double: LG 85/22 ou LG 75/22
chaîne de suspension simple: LG 85/22 ou LG 75/22
chaîne de suspension double: isolateur composite

lacet CFF 132 kV BI-DM52:
chaîne d'ancrage double: LG 75/22
chaîne d'ancrage simple: LG 75/22
chaîne de suspension simple: LG 75/22
chaîne de suspension double: LG 75/22

terne 50(132) kV REU-SOR:
chaîne d'ancrage double: LG 75/22 ou isolateur composite
chaîne d'ancrage simple: LG 75/22
chaîne de suspension simple: LG 75/22
chaîne de suspension double: LG 75/22 ou isolateur composite

terne 132 kV BAC-BRI:
chaîne d'ancrage double: isolateur composite
chaîne d'ancrage simple: LG 75/22

terne 50(132) kV BAC-COU:
chaîne d'ancrage double: isolateur composite
chaîne d'ancrage simple: LP75/19

Etat prévu:
en cas de changement de chaîne, montage de:

terne 380 kV BAC-MUE:
chaîne de suspension double: isolateur composite

terne 132 kV MUE-KAP-PIE-SOR-BAC:
chaîne de suspension double: isolateur composite

lacet CFF 132 kV BI-DM52:
chaîne de suspension double en A dans le sens de la ligne:
LG 75/22

au pylône n° 140-2 et au portique SST de BAC, montage de:
chaîne d'ancrage double 380 kV: isolateur composite

Tension déterminante de tenue au choc de foudre 380 kV: 1425 kV (1.2 / 50 μ s)
132 kV: 650 kV (1.2 / 50 μ s)

Armatures mise en place d'armatures de faible interférence radio

Supports pylônes en treillis métallique

Fondations fondations en béton

Boules de balisage aérien Des boules de balisage aérien sont aujourd'hui disposées à plusieurs endroits sur les pointes de pylônes et dans les portées sur le câble de terre. Les boules de balisage aérien existantes sont indiquées dans les plans de profil en long.
Une nouvelle évaluation de la ligne sera menée par l'OFAC et les Forces Aériennes sur la base de la directive «Obstacles à la navigation aérienne (AD I-006 F)» existante dans la cadre de la procédure d'autorisation.

Mise à la terre mise à la terre en boucle au moyen de rubans de cuivre étamé 30 x 3 mm

\\main\groups\n_ng\ngh\7_leitungen\05_fremde\swissgrid\05_un380\mue_pie_02014\m000-m999_spannungserhöhung auf 380kv\10_bewilligungen\01_esti\20170424_dossier français\01_register\20160424_technischer_bericht_f.docx