

Rapport d'analyse sur la situation de la distribution de par rapport au niveau de fuite de mode commun sur le réseau haute qualité, effectué par la société EduWatt

1 Instrumentation mise en œuvre

Oscilloscope Tektronix : THS 720 P

Pince ampèremétrique Merlin-Gérin : XP 100 AC

2 Objet de l'étude

Le but de cette étude est

- de déterminer les causes d'une signalisation de la présence de courants de mode commun lors de la mise en oeuvre des différents couplages possibles en sortie des groupes onduleurs OND1 et OND2 aussi bien dans le local 1 que dans les trois tableaux divisionnaires alimentés par la distribution ondulée.
- de déterminer le niveau réel de ces courants de mode commun afin de savoir s'ils représentent un risque de perte de la continuité de l'alimentation des charges en aval des groupes onduleurs.
- de proposer des solutions qui amélioreront la fiabilité de la distribution.
- de déterminer la cause de la signalisation de la présence d'un courant de mode commun en aval de la distribution du tableau divisionnaire B.

3 Présentation de l'étude et mesures effectuées

Le courant de mode commun est le courant circulant entre un conducteur actif et la terre. Cette circulation de courant a normalement comme origine un réel défaut d'isolement d'un équipement, ou être du à l'existence de couplages capacitifs parasites entre conducteurs actifs et la terre.

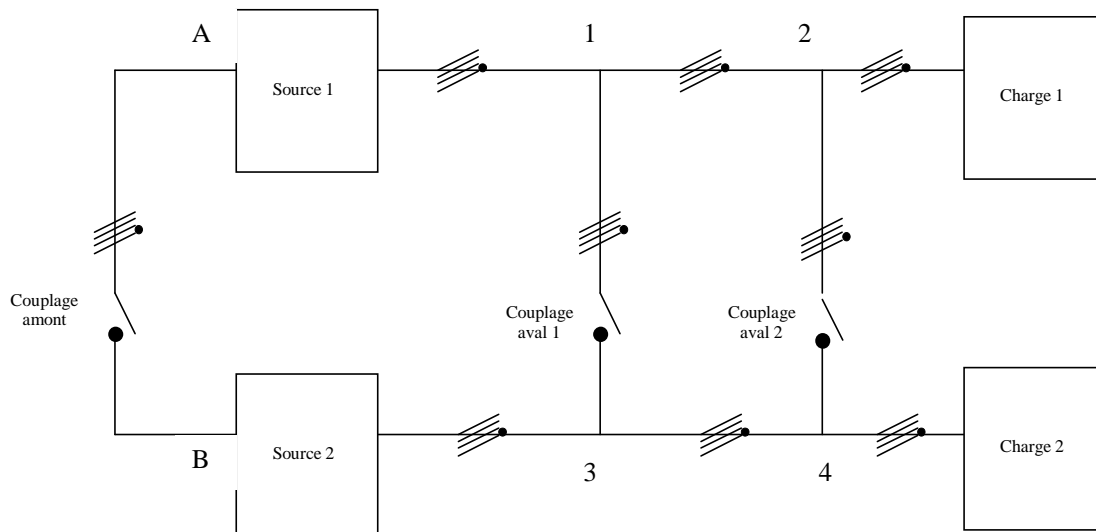
Dans le cas particulier de l'existence de multiples couplages, en amont et en aval de 2 sources distinctes (les 2 groupes onduleurs dans le cas qui nous concerne), tels que nous avons pu les constater lors de notre pré-visite, nous avons été conduits à effectuer une étude théorique. Cette étude montre que la somme des courants dans les conducteurs actifs alimentant des charges en aval de deux sources présentant plusieurs couplages peut atteindre des valeurs significatives sans qu'il n'existe pour autant de défaut d'isolement.

en conséquence l'étude théorique présentée ci-dessous, a deux objectifs :

- fournir une explication du phénomène ;
- et justifier des mesures à effectuer pour confirmer cette explication.

3.1 Étude théorique du phénomène

La situation rencontrée correspond au schéma de principe électrique proposé ci-dessous :



Si l'on se place dans l'hypothèse de l'absence de défaut sur l'installation, la somme des courants (3 phases + neutre) vers les charges est nécessairement nulle.

Cette hypothèse impose comme conséquence les résultats suivants :

- La somme totale des courants entre les nœuds électriques en 1 et 2 et les nœuds électriques en 2 et 4 est nécessairement nulle.
- La somme totale des courants entre les nœuds électriques en 3 et 4 et les nœuds électriques en 2 et 4 est nécessairement nulle.

Dans le cadre de cette hypothèse, nous détaillons ci-dessous divers cas possibles.

- Cas 1 : couplage amont ouvert, couplage aval 1 fermé, couplage aval 2 ouvert
la somme des courants
 - entre nœuds électriques en 1 et nœuds électriques en 2
 - entre nœuds électriques en 3 et nœuds électriques en 4
 - entre source 1 et nœuds électriques en 1
 - entre source 2 et nœuds électriques en 3

sera nulle et aucune signalisation n'aura lieu.

- Cas 2 : couplage amont ouvert, couplage aval 1 fermé, couplage aval 2 fermé
si l'organe de couplage aval 2 est fermé, le raisonnement suivant, nécessitant de prendre en compte les impédances des sources ainsi que les impédances de tous les conducteurs figurant sur le schéma permet d'expliquer que la somme des courants entre les nœuds électriques en 1 et 2 d'une part et 3 et 4 d'autre part ne sera plus nulle, provoquant la signalisation d'un défaut sur l'installation.
En effet, du fait que :
 - les sources 1 et 2 ne proposent pas rigoureusement les mêmes tensions et n'ont pas exactement les mêmes impédances de source
 - les impédances de lignes

- entre la source 1 et les nœuds électriques en 1 d'une part, la source 2 et les nœuds électriques en 3 d'autre part,
- entre les nœuds électriques en 1 d'une part et les nœuds électriques en 2 d'autre part,
- entre les nœuds électriques en 3 d'une part et les nœuds électriques en 4 d'autre part,

ne sont pas rigoureusement identiques

il résulte que, pour chacune des phases et le neutre, les potentiels respectivement aux nœuds électriques en 1 et 3 d'une part et 2 et 4 d'autre part ne sont pas identiques et les différences de ces potentiels sont dans la dépendance de la dissymétrie des diverses impédances.

En conséquence il n'y a aucune raison pour que la somme des courants circulant entre d'une part les nœuds électriques en 2 et 4 et d'autre part les nœuds électriques en 1 et 3 soit nulle.

Cette somme n'étant pas nulle, il en sera de même pour la somme des courants entre d'une part, les nœuds électriques en 1 et 2 et d'autre part les nœuds électriques en 3 et 4, provoquant de ce fait la signalisation d'un défaut pourtant inexistant.

Par contre, la somme des courants

- entre source 1 et nœuds électriques en 1
- entre source 2 et nœuds électriques en 3

reste nulle et il n'y aura pas de signalisation de défaut à ce niveau de l'installation;

- Cas 3 : couplage amont fermé, couplage aval 1 fermé, couplage aval 2 ouvert

Cette hypothèse impose comme conséquence les résultats suivants :

- La somme totale des courants entre source 1 et nœuds électriques en 1 et les nœuds électriques en 1 et 3 est nécessairement nulle.
- La somme totale des courants entre source 2 et nœuds électriques en 3 et les nœuds 1 et 3 est nécessairement nulle.

Si l'organe de couplage aval 1 est fermé, le raisonnement suivant, nécessitant de prendre en compte les impédances des sources ainsi que les impédances de tous les conducteurs figurant sur le schéma permet d'expliquer que la somme des courants entre source 1 et nœuds électriques en 1 d'une part et entre source 2 et nœuds électriques en 3 d'autre part ne sera plus nulle, provoquant la signalisation d'un défaut sur l'installation.

En effet, du fait que :

- les sources 1 et 2 ne proposent pas rigoureusement les mêmes tensions et n'ont pas exactement les mêmes impédances de source
- les impédances de lignes
 - entre la source 1 et les nœuds électriques en 1 d'une part, la source 2 et les nœuds électriques en 3 d'autre part,
 - entre les nœuds électriques en 1 d'une part et les nœuds électriques en 2 d'autre part,
 - entre les nœuds électriques en 3 d'une part et les nœuds électriques en 4 d'autre part,

ne sont pas rigoureusement identiques

il résulte que, pour chacune des phases et le neutre, les potentiels respectivement aux points A et B d'une part et aux nœuds électriques en 1 et 3 d'autre part ne sont pas identiques et les différences de ces potentiels sont dans la dépendance de la dissymétrie des diverses impédances.

En conséquence il n'y a aucune raison pour que la somme des courants circulant entre d'une part les nœuds électriques en 1 et 3 soit nulle.

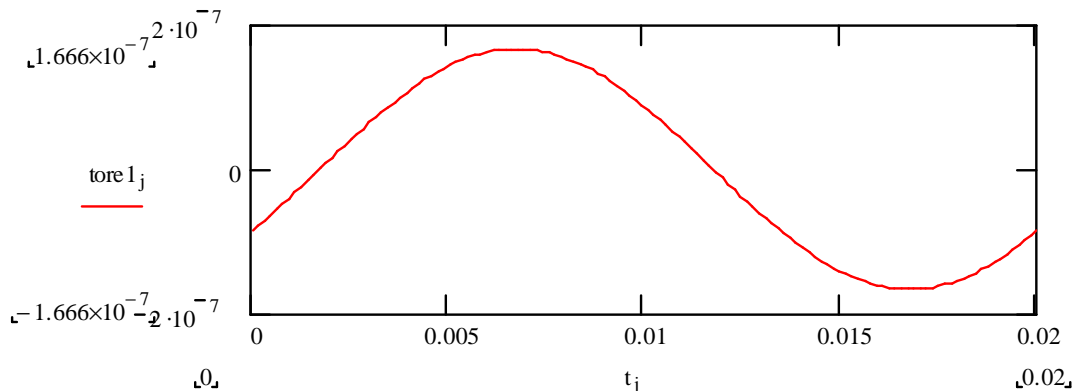
Cette somme n'étant pas nulle, il en sera de même pour la somme des courants entre d'une part, la source 1 et les nœuds électriques en 1 et d'autre part la source 2 et les nœuds électriques en 3, provoquant de ce fait la signalisation d'un défaut pourtant inexistant.

- Cas 4 : couplage amont fermé, couplage aval 1 ouvert, couplage aval 2 ouvert
la somme des courants
 - entre nœuds électriques en 1 et nœuds électriques en 2
 - entre nœuds électriques en 3 et nœuds électriques en 4
 - entre source 1 et nœuds électriques en 1
 - entre source 2 et nœuds électriques en 3

sera nulle et aucune signalisation n'aura lieu.

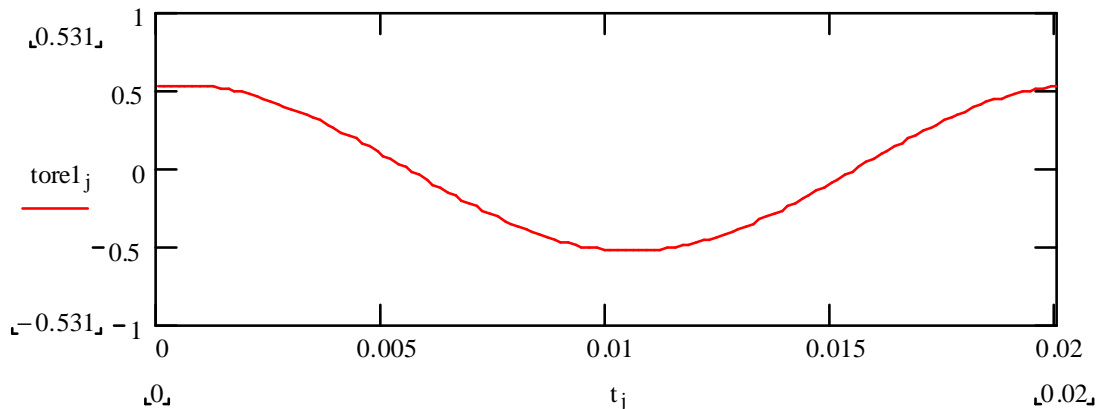
Nous proposons ci-dessous les résultats obtenus par modélisation du problème pour les cas 1 et 2.

- Cas 1 : couplage amont ouvert, couplage aval 1 fermé, couplage aval 2 ouvert
Le chronogramme ci-dessous représente le courant vu par un tore qui entoure l'ensemble des conducteurs actifs (3 phases + neutre) entre nœuds électriques en 1 et nœuds électriques en 2 en ayant des valeurs très légèrement différentes pour les tensions de sources et les diverses impédances de lignes entre les différents nœuds



Le courant est de l'ordre de 10^{-7} , c'est à dire quasiment nul

- Cas 2 : couplage amont ouvert, couplage aval 1 fermé, couplage aval 2 fermé
Le chronogramme ci-dessous représente le courant vu par un tore qui entoure l'ensemble des conducteurs actifs (3 phases + neutre) entre nœuds électriques en 1 et nœuds électriques en 2 en ayant des valeurs très légèrement différentes pour les tensions de sources et les diverses impédances de lignes entre les différents nœuds (valeurs rigoureusement identiques au cas 1)



Le courant atteint 500 mA et provoquerait bien la signalisation d'un défaut pourtant inexistant sur l'installation.

3.2 Mesures effectuées

Afin de vérifier que le phénomène sur l'installation en aval des groupes onduleurs est bien celui décrit ci-dessus, les formes d'ondes de courants de mode commun ont donc été relevées aux points suivants :

- Arrivée 1 simultanément avec arrivée 2 avec couplage en amont des sources fermé, couplage entre arrivée 1 et arrivée 2 fermé, couplage dans les tableaux divisionnaires ouverts
- Arrivée 1 avec couplage en amont des sources fermé et couplage arrivée 1 et couplage entre arrivée 1 et arrivée 2 ouvert, couplage dans les tableaux divisionnaires ouverts
- Arrivée 2 avec couplage en amont des sources fermé et couplage arrivée 1 et couplage entre arrivée 1 et arrivée 2 ouvert, couplage dans les tableaux divisionnaires ouverts

Les résultats sont présentés sous la forme suivante :

- ✓ Forme d'onde de courant
- ✓ Analyse spectrale de la forme d'onde de courant

4 Analyse et interprétation des mesures

4.1 Arrivée 1 simultanément avec arrivée 2 avec couplage en amont des sources fermé et couplage entre arrivée 1 et arrivée 2 fermé, couplage dans les tableaux divisionnaires ouverts (voir figures en annexe page 9)

Comme prévu lors de l'étude théorique (cas 3), les chronogrammes montrent la présence de courants de mode commun élevés et identiques sur les 2 arrivées 1 et 2 et les voyants annoncent l'existence de ces courants qui ne correspondent pourtant pas à des courants de fuites vers la terre.

4.2 Arrivées 1 et 2 avec couplage en amont des sources fermé et couplage arrivée 1 et couplage entre arrivée 1 et arrivée 2 ouvert, couplage dans les tableaux divisionnaires ouverts (voir figures en annexe page 10 et 11)

Comme prévu lors de l'étude théorique (cas 4), les chronogrammes montrent des courants de mode commun à des valeurs négligeables aussi bien pour l'arrivée 1 (16 mA) que pour l'arrivée 2 (15 mA), ce qui confirme l'absence de tout défaut d'isolement en aval des groupes onduleurs. Les valeurs mesurées correspondent aux courants de mode commun circulant au travers des capacités parasites de la distribution et des équipements en aval des arrivées 1 et 2.

Ainsi, lors de l'ouverture du couplage entre les arrivées 1 et 2, les voyants de signalisation se sont bien éteints.

4.3 Observations complémentaires

Afin de valider totalement les premiers résultats obtenus, nous avons procédé à la fermeture du couplage au niveau du tableau divisionnaire A, en conservant le couplage entre les arrivées 1 et 2. Nous avons alors pu observer l'allumage des voyants, fournissant ainsi la confirmation définitive du fait que malgré l'absence de défaut d'isolement sur l'installation, la présence d'un double couplage (amont- aval ou aval-aval) entraîne que la somme des courants (3 phases + neutre) dans la maille limitée par les deux couplages est non nulle.

4.4 Cause de la signalisation de la présence d'un courant de mode commun en aval de la distribution du tableau divisionnaire A

La recherche effectuée dans l'armoire divisionnaire a permis de déterminer que le tore de surveillance mis en place n'était pas connecté au son relais homopolaire.

En conséquence, celui-ci, en l'absence d'information se met dans sa configuration par défaut et allume son voyant de signalisation.

Pour remédier à ce problème, il suffit donc de procéder au câblage du tore sur le relais homopolaire.

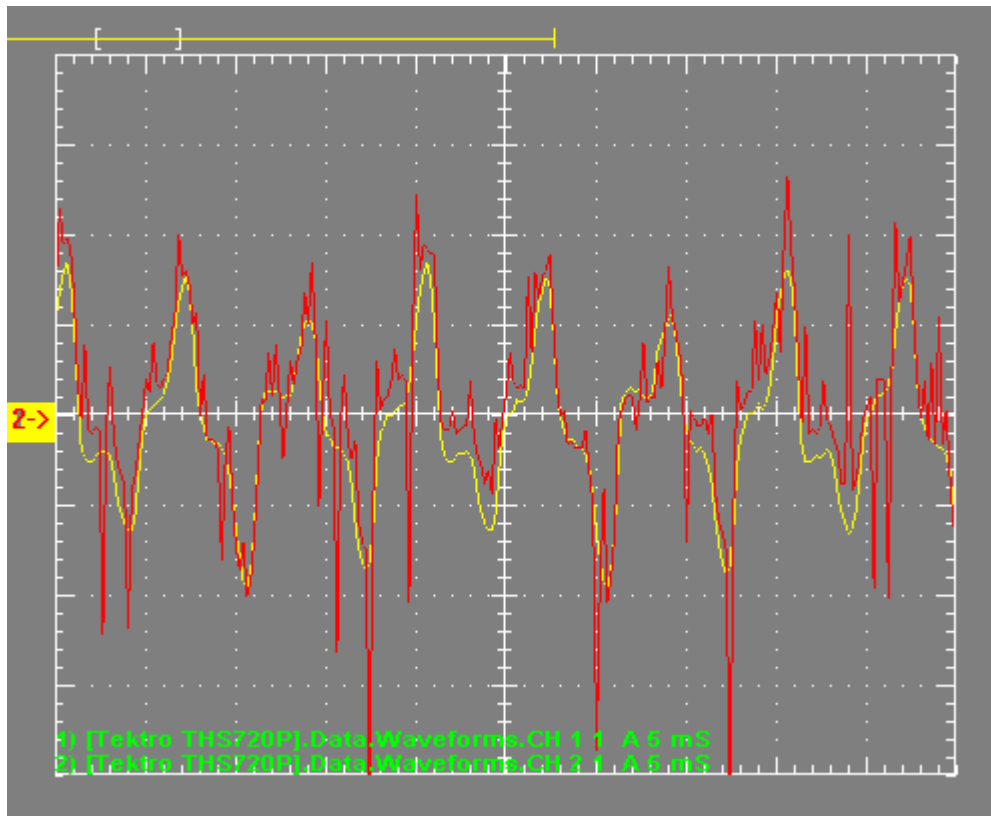
5 Conclusions et prescriptions

Suite à l'ensemble de l'étude réalisée à ce jour, il apparaît que :

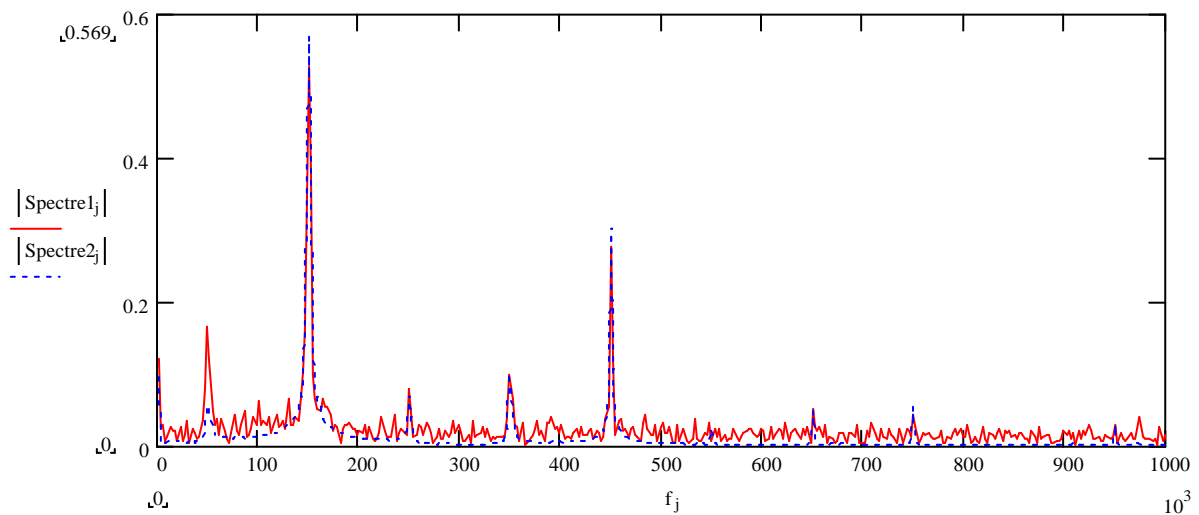
- Les indications de présence de défaut d'isolement fournies par les relais homopolaires des arrivées 1 et 2 ou par ceux des armoires divisionnaires A, C, et B ne sont pas exactes et qu'elles sont dues uniquement à l'existence des doubles couplages en amont et/ou en aval de la distribution ondulée.
- Le niveau d'isolement en aval de la distribution ondulée est satisfaisant et ne présente à ce jour pas de risque de perte de la continuité de l'alimentation des charges en aval des groupes onduleurs.
- L'indication de défaut d'isolement du relais homopolaire du tableau B est uniquement due à une erreur de câblage qu'il convient de corriger.

Nous recommandons, afin de replacer l'installation dans un niveau de fiabilité élevé, de supprimer les possibilités de couplage actuellement existantes et de procéder à la mise en place de systèmes de transfert statiques au niveau des armoires divisionnaires. Ceux-ci permettraient le transfert automatique de la charge vers l'onduleur restant disponible en cas de perte de l'autre.

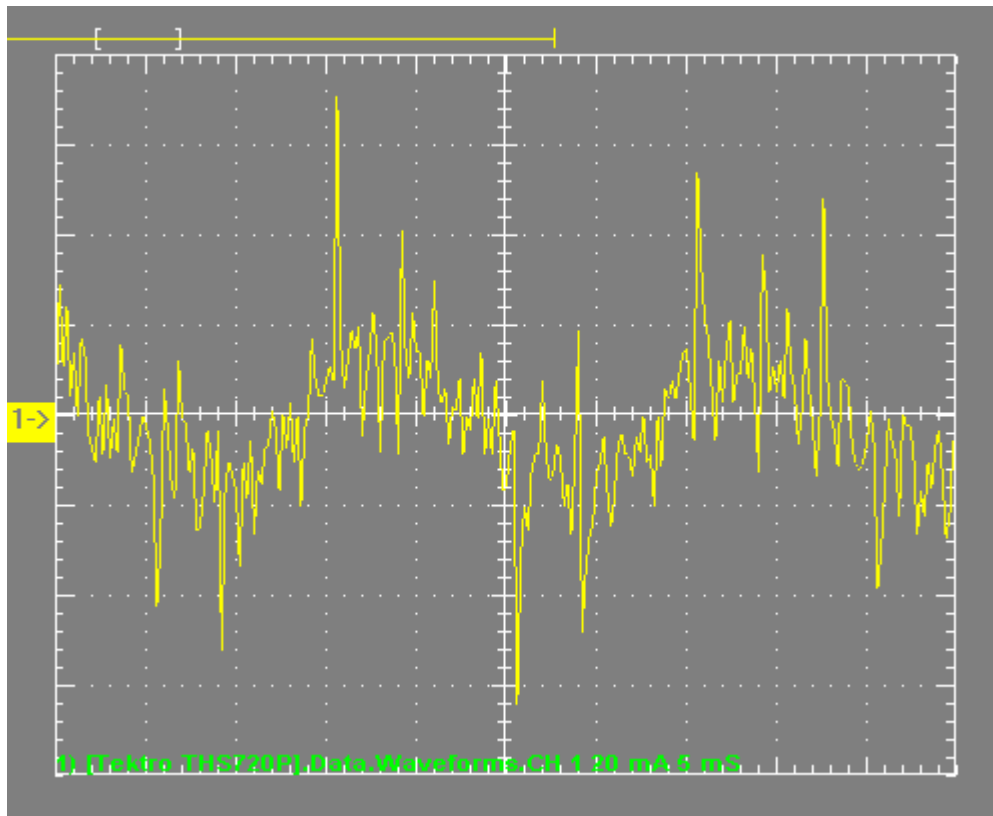
Annexes



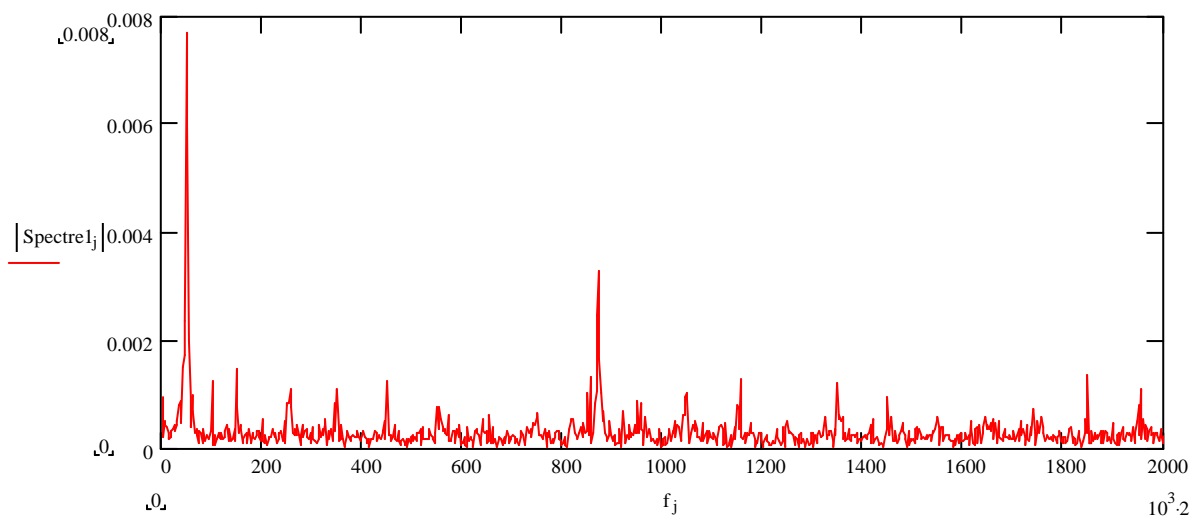
Forme d'onde des courants de mode commun au niveau de OND1 et de OND2 avec couplage



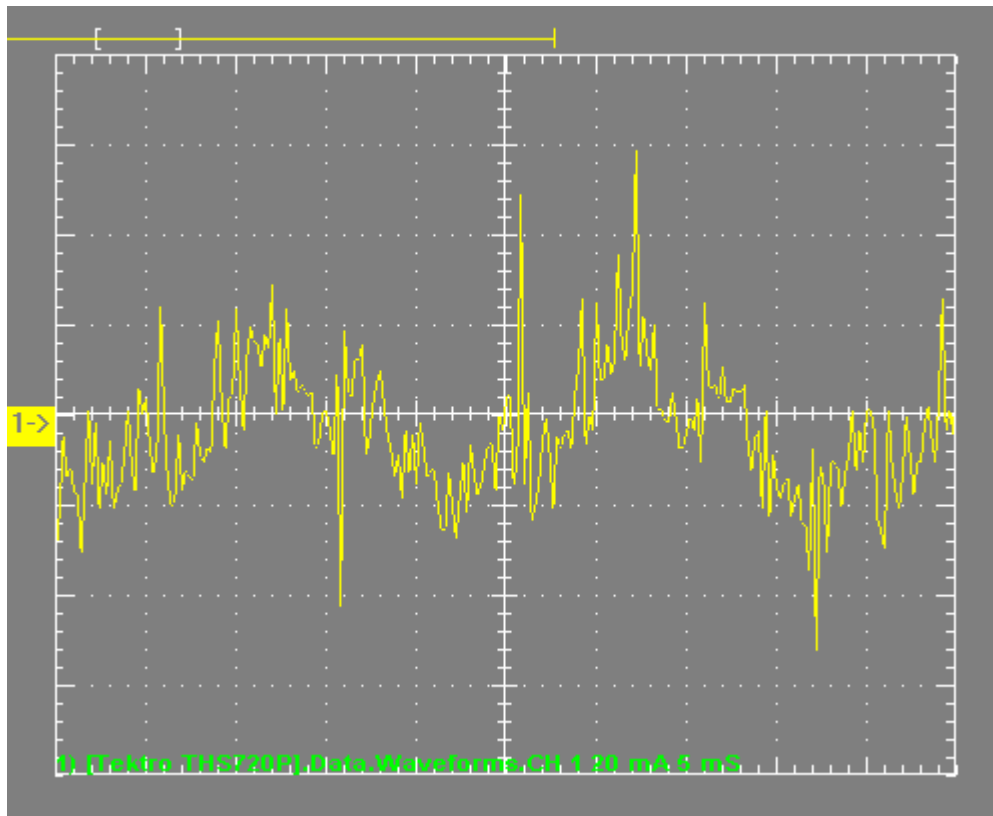
Analyse spectrale de l'onde du courant de mode commun au niveau de OND1 et de OND2 avec couplage



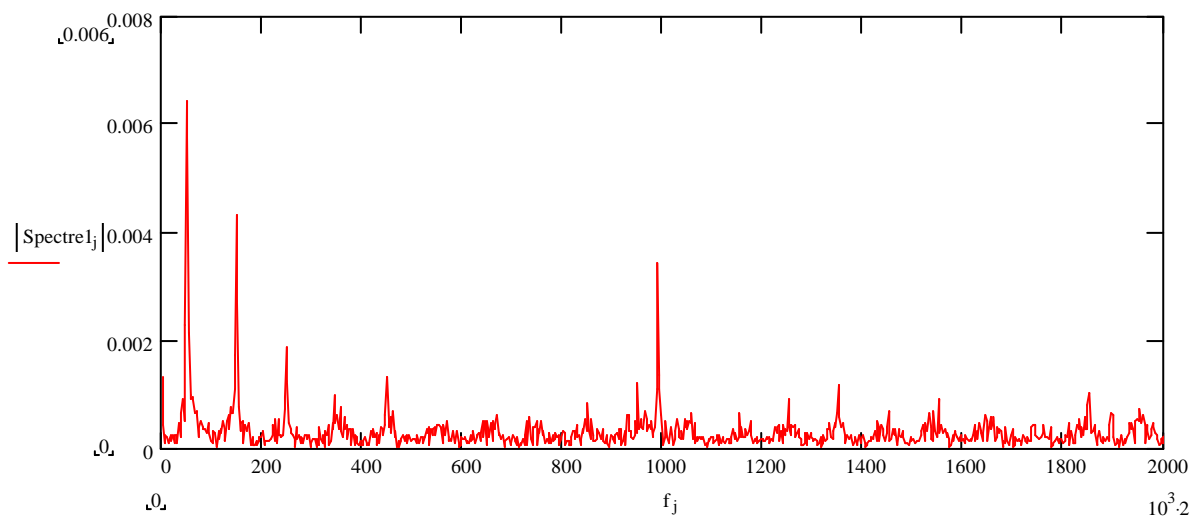
Forme d'onde du courant de mode commun au niveau de OND1 hors couplage



Analyse spectrale de l'onde du courant de mode commun au niveau de OND1 hors couplage



Forme d'onde du courant de mode commun au niveau de OND2 hors couplage



Analyse spectrale de l'onde du courant de mode commun au niveau de OND2 hors couplage