



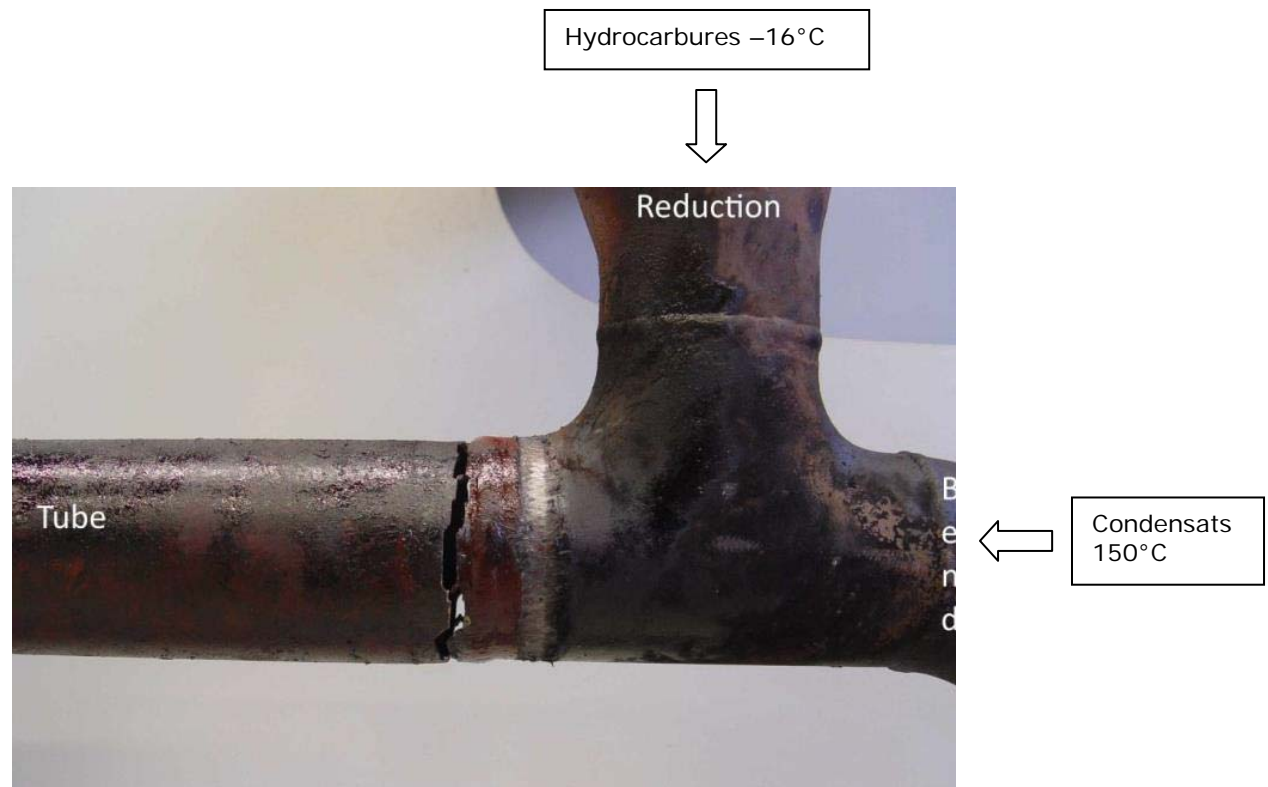
Incendie et explosion après une fuite due à de la fatigue thermique

En conséquence à de la fatigue thermique, une rupture totale d'une tuyauterie avec un gaz liquéfié inflammable s'est produite. Une couche en suspension de nuage de gaz s'est formée et a été enflammée par une voiture. Il s'en est suivi une explosion occasionnant une légère surpression et un incendie. Après 20 minutes, l'incendie était sous contrôle. Il n'y a eu aucun blessé.

Description de l'installation

La rupture a eu lieu sur une tuyauterie en acier inoxydable (AISI 316) avec un diamètre interne de 80 mm et une épaisseur de paroi d'environ 2 mm.

La rupture s'est produite peu après un point d'injection où des condensats de vapeur à 150°C étaient ajoutés à un flux d'hydrocarbures à une température de -16°C.



Relation des faits

Le déroulement chronologique des faits le jour de l'incident est repris ci-dessous.

+/- 5:55	Le changement d'équipes de 6h vient juste d'avoir lieu. Les collaborateurs de l'équipe du matin entrent dans la salle de contrôle et les collaborateurs de l'équipe de nuit quittent la salle de contrôle.
5:56:00	Rupture dans la tuyauterie.
5:56:04	La pression du réacteur auquel la tuyauterie est reliée tombe de la pression opérationnelle à 0,5 barg.
5:56:14	2 alarmes de pression basse apparaissent au DCS.
5:56:24	La détection de gaz au niveau du réacteur se déclenche et donne une alarme au DCS.
5:56:36	Une deuxième détection de gaz au niveau d'un réservoir adjacent se déclenche et donne une alarme au DCS.
5:56:41	Une troisième détection de gaz au niveau d'une pompe près du réacteur se déclenche et donne une alarme au DCS.
5:57:16	Une quatrième détection de gaz se déclenche et donne une alarme au DCS.
	L'opérateur de supervision demande à un collaborateur de sortir pour évaluer la situation sur place.
5:57:53	Le nuage de gaz formé est enflammé. La (faible) surpression fait bouger les panneaux de commande des douches de secours et rince-yeux et les alarmes associées sont activées en salle de contrôle. Les alarmes liées aux mesures de déséquilibre des refroidisseurs d'air sont aussi déclenchées.
5:58:14	Dans l'incendie, qui suivait l'inflammation, une mesure faisant partie d'une boucle de sécurité instrumentale du réacteur est endommagée, entraînant l'activation de cette sécurité: le réacteur est isolé et la pompe de circulation du réacteur est arrêtée.
5:58:20	La pression de l'air d'instrumentation commence à baisser.
5:58:56	A cause de la perte en air d'instrumentation, les vannes qui sont 'fail close' se ferment et l'alimentation en hydrocarbures vers l'installation est interrompue.
5:59:13	Le collaborateur qui était en route vers l'extérieur pour estimer la situation entend d'un collègue qu'un incendie s'est déclenché. Il poursuit son chemin vers l'extérieur et voit lui-même aussi l'incendie. Il avertit la salle de contrôle.
6:00:29	Les têtes de sprinklage au-dessus des pompes dans la zone touchée sont activées à partir de la salle de contrôle.
	Les pompiers de l'entreprise sont avertis et l'alarme est activée.

Selon les estimations, il y a eu au maximum 4 tonnes de substances inflammables libérées.

Conclusions de l'enquête

La cause de la rupture

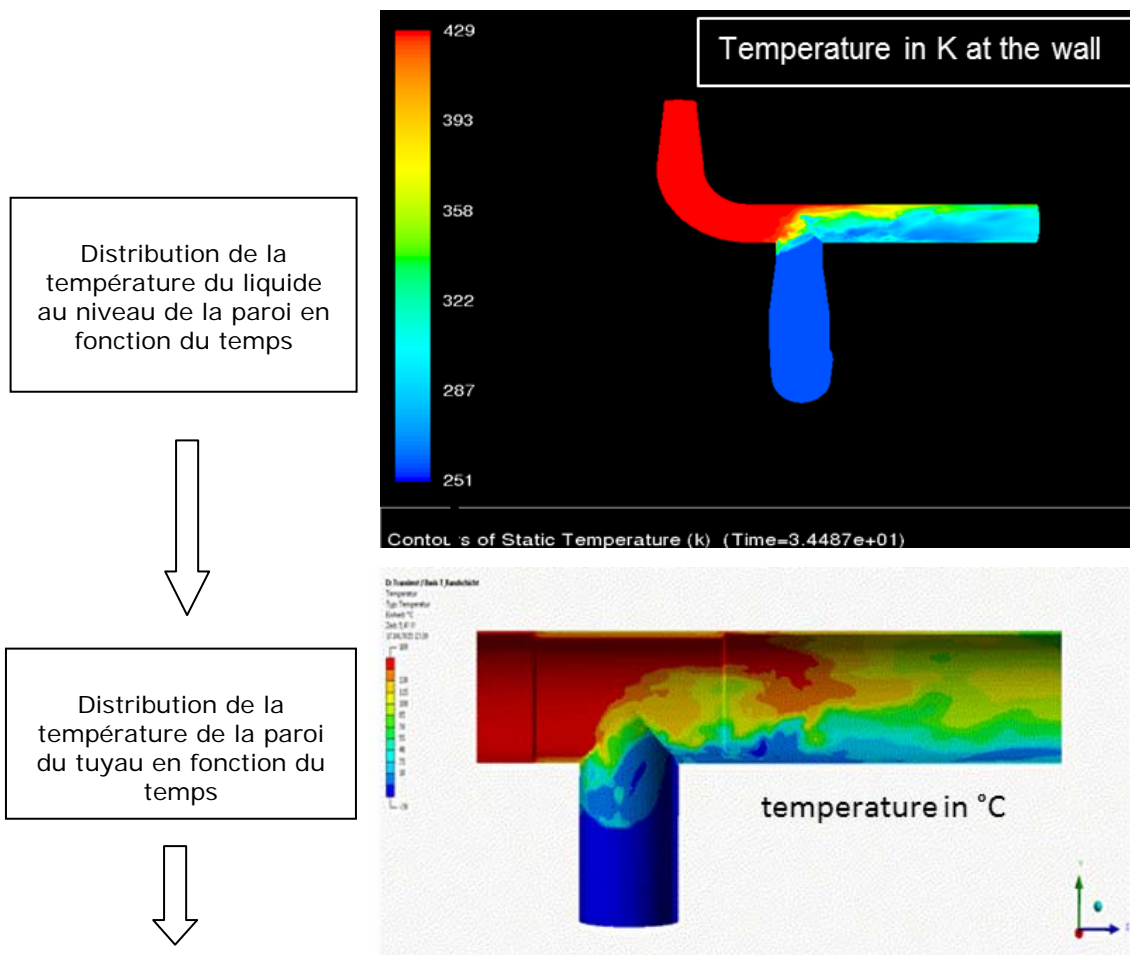
L'enquête a démontré que la rupture était due à de la fatigue thermique ('thermal fatigue'). La fatigue thermique est un phénomène pouvant survenir lors du mélange de différents flux de produits à des températures très différentes et avec un mauvais profil de mélange. Après le mélange, le flux de produit est constitué d'un flux très tourbillonnant, à cause duquel de grandes différences de température peuvent apparaître à courte distance. Les différences de température dans le liquide donnent lieu à des différences de température dans la paroi, qui à leur tour, donnent lieu à des tensions dans le métal de la tuyauterie.

L'hypothèse de fatigue thermique est soutenue par une analyse de la surface de rupture et par la réalisation de calculs de simulation avec lesquels les fluctuations de température et les tensions associées dans la paroi de la tuyauterie ont été déterminées.

La surface de rupture avait les caractéristiques typiques d'une rupture de fatigue. La déchirure a pris naissance à la surface interne du tuyau, dans le matériau de base. Ceci rend peu plausible l'hypothèse de fatigue due à des vibrations, vu que dans ce cas, une initiation peut être attendue au niveau des concentrations de tensions à la surface externe du tuyau (par exemple près de la soudure).

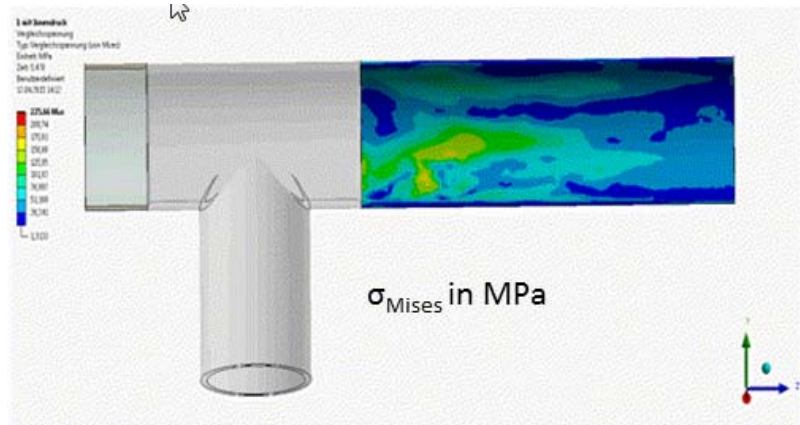
Via des simulations par ordinateur, on a pu démontrer que les variations de température dans le liquide se traduisaient effectivement par des variations de température dans la paroi. La différence de température maximale en fonction du temps à un endroit déterminé allait jusqu'à 128°C dans la simulation.

Les grandes différences de température dans le temps et entre différents points dans la tuyauterie ont assuré la production dans la paroi du tuyau de concentrations de tensions qui se trouvaient au-dessus du niveau de tension permis. Dans de telles conditions, on peut s'attendre à l'initiation et à la propagation de fissure.

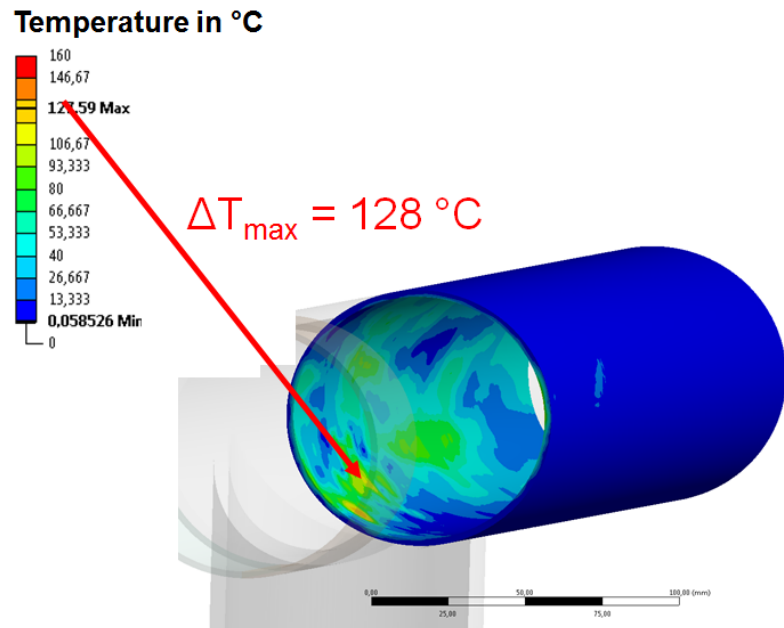




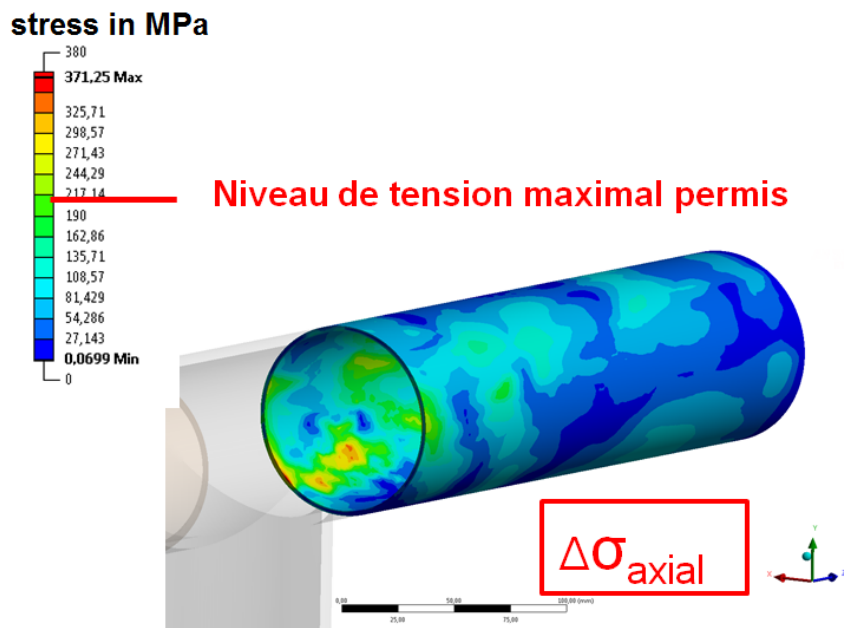
Distribution de la tension dans la paroi du tuyau sous l'influence des variations de température en fonction du temps



La différence de température maximale pendant la durée de la simulation



Le niveau de tension maximal pendant la durée de la simulation. Il y a de grandes zones où le niveau de tension est significativement plus haut que le niveau permis.



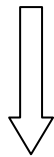
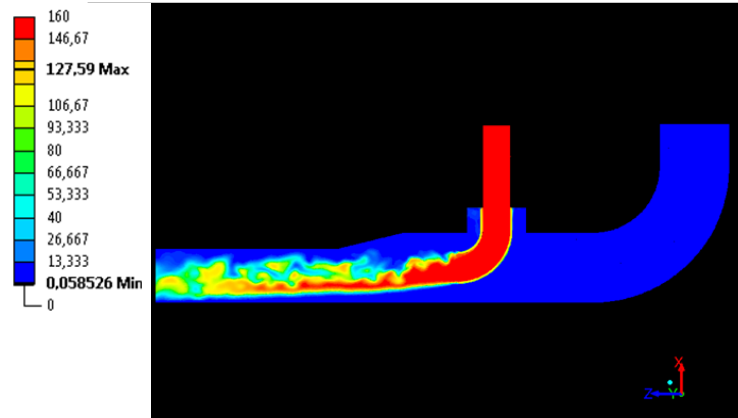
Leçons

Prévenir les fluctuations de température dans la paroi

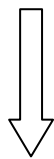
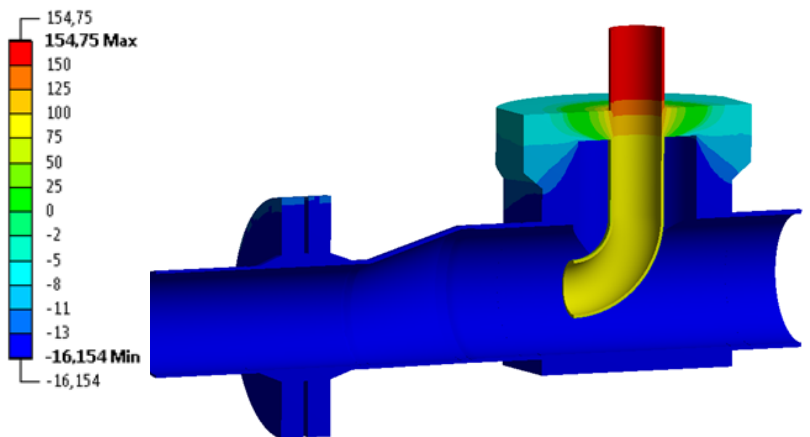
Le problème de fatigue thermique peut être évité par une autre conception du point d'injection, avec laquelle le flux chaud est injecté au milieu du flux froid.

Des simulations telles que décrites ci-dessus démontrent que les variations de température au niveau des parois restent limitées et qu'aucune tension thermique intolérable ne se produit.

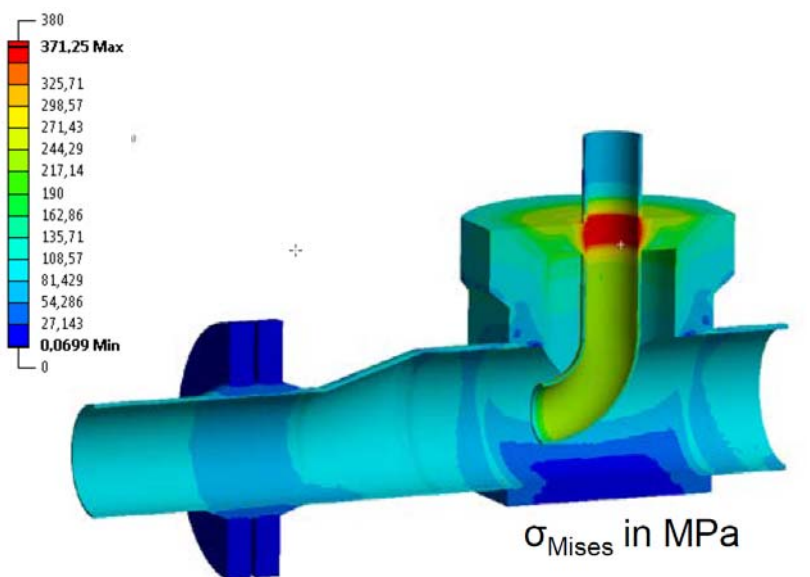
La distribution de température (en °C) du liquide au niveau de la paroi en fonction du temps démontre que les variations de température ont surtout lieu au milieu du flux.



Le profil de température (en °C) de la paroi est quasi indépendant du temps.



Les tensions (en MPa) dans la paroi du tuyau sont quasi indépendantes du temps et ne dépassent pas les valeurs tolérées.



La réaction dans la salle de contrôle

Du déroulement au cours du temps donné ci-dessus, on peut constater que dans les premières minutes après la fuite, une série d'alarmes ont abouti en salle de contrôle, dont 4 alarmes gaz et quelques alarmes de pression. Il a alors été décidé d'envoyer un opérateur dehors pour reconnaître la situation. Le nuage s'est enflammé avant que cette personne n'ait quitté le bâtiment. Si l'inflammation avait cependant eu lieu plus tard, au moment où l'opérateur était dans l'installation, les conséquences auraient pu être très graves.

Lorsqu'en peu de temps, plusieurs alarmes gaz et alarmes de procédé surviennent, cela donne une très forte indication qu'il y a réellement eu une émission et qu'il ne s'agit pas d'une fausse alarme. Dans de telles circonstances, on doit éviter d'envoyer des personnes en reconnaissance, les exposant ainsi à des risques d'une explosion ou d'incendie.

Suite à cet incident, des directives claires ont été données aux opérateurs dans l'entreprise concernée, en lien avec la reconnaissance sur place de la situation après l'activation d'une alarme gaz: dans le cas où deux ou plus de deux détecteurs de gaz se mettent en alarme, on ne peut pas se déplacer dans l'installation et le plan d'urgence est immédiatement activé.

La visualisation des alarmes gaz a aussi été améliorée. Des écrans sur lesquels un plan d'implantation de l'installation et la localisation des détecteurs sont donnés en permanence, ont été placés dans la salle de contrôle. De cette manière, on peut vite avoir une idée de l'endroit où la fuite de gaz éventuelle a eu lieu et de l'étendue de la zone touchée.

En complément des alarmes de gaz existantes, une forme de détection de fuite a été développée sur base de paramètres de procédé tels que pression et débit. Des modifications soudaines, inattendues de ces paramètres peuvent en effet signaler une fuite importante.

Prévenir les sources d'inflammation

Le nuage a été enflammé par une voiture qui roulait le long de l'installation. La route était en dehors de la zone ATEX 2 et il n'y avait donc pas de problème avec le zonage Ex.

La classification en zones conformément à la directive européenne ATEX ne tient cependant pas compte des grandes libérations anormales, comme par exemple dans ce cas à cause de la rupture d'une tuyauterie. Cela ne dispense cependant pas les entreprises d'évaluer les risques d'inflammation de grands nuages explosifs qui sont la conséquence d'évènements anormaux.

A ce propos, la bonne pratique dans l'industrie des procédés est d'utiliser des distances de sécurité entre les installations avec d'importantes quantités de substances inflammables et des sources d'inflammation permanentes ou présentes de manière très fréquente, telles que des torchères, des fours et des véhicules.

Les distances de sécurité recommandées pour des routes utilisées fréquemment, sont de l'ordre de grandeur de quelques dizaines de mètres. L'entreprise concernée utilise pour ce type d'installation une distance de sécurité de 30 m. Ce standard interne datait cependant d'avant la construction de l'installation. Après l'incident, l'usage au quotidien de la route a été rendu impossible par le placement de barrières.

Les routes ou voies ferroviaires qui arrivent près d'une installation, et qui ne peuvent pas être exclues de l'usage (quotidien), peuvent être équipées d'une signalisation qui empêche l'usage en cas d'alarme gaz.

Cette note est publiée dans la série "Leçons tirées des accidents". Des incidents et accidents survenus dans des entreprises Seveso belges et enquêtés par la Division du contrôle des risques chimiques sont décrits dans cette série. L'objectif de ces notes est de mettre à disposition pour un grand public les leçons tirées de ces incidents et accidents.

Cette note a été rédigée en collaboration avec l'entreprise où l'incident ou l'accident a eu lieu. Pour des raisons de vie privée et de confidentialité, les données rendant l'identification de l'entreprise concernée possible et qui ne sont pas nécessaires pour la clarté des leçons, n'ont pas été reprises (tels que le lieu et la date de l'accident et certaines données spécifiques de l'installation).

Vous trouverez plus de "Leçons tirées des accidents" et d'informations sur la prévention des accidents majeurs sur: www.emploi.belgique.be/drc

Cette note peut être distribuée librement à condition qu'il s'agisse de la note entière.

Deze nota is ook verkrijgbaar in het Nederlands.

Référence: CRC/ONG/043-F
Editeur responsable: SPF Emploi, Travail et Concertation sociale
Rédaction clôturée le 12 mai 2017