

Incendie du transformateur principal de la centrale nucléaire de Doel 1 le 31 octobre 2015

1. RESUME

1.1 Que s'est-il passé ?

Le 31 octobre 2015, à 22h52, un incendie s'est déclaré dans un transformateur principal de la centrale nucléaire d'Electrabel, ENGIE, à Doel. Ce transformateur se situe dans la partie non nucléaire, en dehors des installations, et veille à ce que l'électricité produite par l'alternateur de la centrale soit portée à la tension correcte pour l'injecter dans le réseau haute tension.

Le système d'extinction automatique et l'intervention de l'équipe interne de pompiers ont permis de rapidement maîtriser le feu. Les services publics d'incendie ont également été appelés, comme le prescrivent les procédures, bien qu'une intervention n'ait finalement plus été nécessaire étant donné que l'incendie avait été éteint après 20 minutes. Toutes les interventions et la coordination globale de cet incident se sont déroulées conformément aux procédures.

Le transformateur est placé dans un encuvement spécialement conçu pour que, en cas de perte d'huile éventuelle, cette huile soit recueillie sous le transformateur et ensuite acheminée vers un réservoir de récupération. Lors de l'incendie dans le transformateur principal de Doel 1, l'huile a ainsi été récoltée comme prévu dans le réservoir de récupération.

La centrale de Doel 1 est à l'arrêt depuis le 15 février 2015 et il n'y a dès lors pas de combustible dans le réacteur. Doel 1 ne produit donc pas d'électricité. Il n'y avait donc pas de transport d'électricité vers le réseau externe via le transformateur en question, mais de l'électricité était effectivement acheminée pour les besoins de la centrale. Une centrale nucléaire qui ne produit pas doit en effet acheminer de l'électricité pour alimenter ses propres installations qui sont encore opérationnelles.

Doel 1 et Doel 2 étaient, au moment de l'incident et comme prévu, temporairement alimentés à partir du réseau 380 kV via les transformateurs principaux afin de permettre les travaux d'entretien prévus sur les transformateurs 150 kV. Ces transformateurs de démarrage assurent normalement l'alimentation externe lorsqu'une unité est à l'arrêt. L'alimentation des deux centrales a toutefois toujours été garantie pour Doel 1 via les systèmes de back-up, et Doel 2 a continué à être alimentée normalement via le réseau externe.

Cet incident a reçu une large couverture médiatique. Les explications nécessaires ont été transmises le plus rapidement possible via les canaux de communication adéquats. Conformément aux procédures convenues avec les instances concernées, un niveau de Notification 0 a été annoncé avec le flux d'informations correspondant. Des explications verbales et/ou écrites ont été données à la presse et aux parties prenantes externes locales. En interne également, la communication nécessaire à l'intention des collaborateurs de la centrale a été réalisée.

Electrabel souhaite souligner qu'il n'y a jamais eu de danger pour l'environnement.

Après analyse, cet incident a été classé par l'AFCN au niveau 0 sur l'échelle INES. INES (*International Nuclear Event Scale*) est un outil de communication destiné à faciliter la perception de l'importance d'un événement impliquant des sources de rayonnements. Cette échelle compte 7 niveaux allant du niveau 1 (anomalie) au 7 (accident majeur). Un événement classé au niveau 0 n'a pas le moindre impact sur la sûreté nucléaire et est donc répertorié « en deçà de » l'échelle. Conformément aux pratiques internationales, l'AFCN ne communique généralement pas sur les événements de niveau 0. Toutefois, l'AFCN a décidé de déroger à cette règle eu égard à l'attention considérable qui a été portée à cet événement.

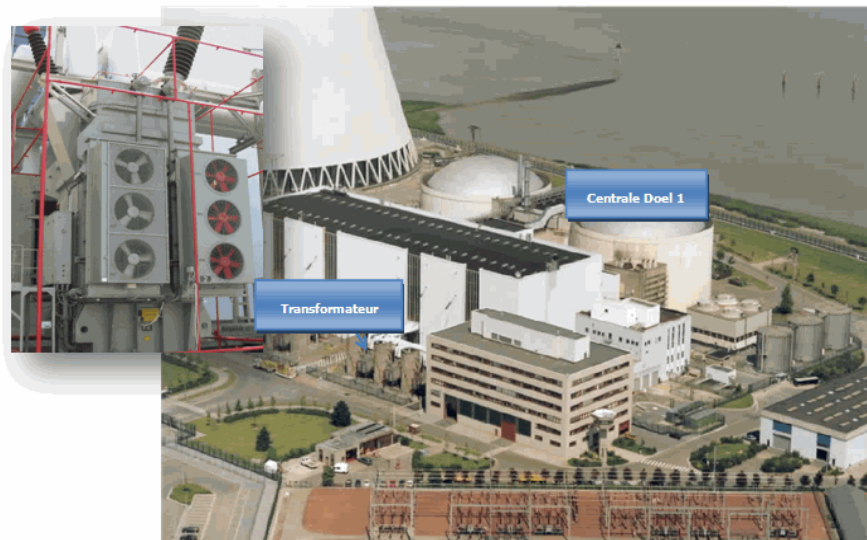
1.2 Quelles sont les mesures immédiates qui ont été prises ?

Immédiatement après les événements, les mesures nécessaires ont d'abord été prises de manière à assurer la sécurité (analyse des risques pour la sécurité après l'incendie, protection des transformateurs, retrait du transformateur endommagé, nettoyage du réservoir de récupération d'huile du transformateur,...). Le transformateur a ensuite été déplacé vers un endroit où l'entreprise Laborelec a entrepris une analyse approfondie des causes. Cette analyse se poursuit encore actuellement.

Peu après ces événements, des inspecteurs de diverses instances de contrôle (AFCN, Bel V, SPF Emploi, Travail et Concertation sociale / Contrôle du bien-être au travail) se sont rendus sur place afin d'examiner la situation. Ils assurent également le suivi ultérieur de ce dossier. Electrabel offre à cet effet sa totale collaboration.

1.3 Où se situe ce transformateur ?

Le transformateur en question se trouve sur le terrain du site de la centrale nucléaire, à ciel ouvert, sur un territoire balisé à cet effet, à côté de la salle des machines de Doel 1. Un transformateur n'est pas relié à la partie nucléaire de la centrale.



Bron: Electrabel, ENGIE

Il importe de mentionner qu'un transformateur n'est pas propre à une centrale nucléaire mais se situe dans chaque installation qui produit ou transporte de l'électricité et sur laquelle une variation de la tension doit être réalisée (donc, également dans les centrales à charbon, les centrales à gaz, les éoliennes, les postes à haute tension, les maisons de repos, les hôpitaux, les appareils électriques, les spots 12V dans la salle de bain ou la cuisine, ...).

1.4 Quelle est la cause de l'incendie ?

La cause directe de l'événement est de nature technique, à savoir un court-circuit dû à un défaut de terre dans l'enroulement du transformateur. Dans le cas d'un court-circuit interne, l'arc électrique entraîne une évaporation quasi instantanée de l'huile dans le transformateur. Il en résulte une onde de pression très rapide dans la cuve du transformateur, qui est perçue comme une explosion. Il s'agit d'un

phénomène très rapide, lors duquel l'explosion du transformateur se produit déjà 50 à 100 millisecondes après le court-circuit.

Il n'y a pas eu d'indications préalables laissant soupçonner un défaut d'isolation qui aurait évolué. Rien n'indique non plus qu'il y ait eu une erreur humaine ou une action manuelle. De plus amples analyses sont encore en cours.

1.5 À quelle fréquence se produit un court-circuit dans un transformateur ?

Des incendies de transformateurs se produisent régulièrement dans le monde entier, dans toutes sortes d'installations qui utilisent des transformateurs. Les transformateurs sont sous tension et contiennent de l'huile, ce qui peut entraîner un incendie et une explosion. Quelques exemples :

- Le 29 septembre 2001 : explosion dans un transformateur de la centrale STEG d'Electrabel à Drogenbos.
- Le 7 janvier 2009 : explosion dans un transformateur de la centrale au charbon d'Awirs 5 d'Electrabel.
- Le 4 avril 2009 : explosion dans un transformateur de la centrale au gaz de Ruien 6 d'Electrabel.
- Le 28 mai 2009, dans une centrale au charbon d'EDF à Blénod-lès-Pont-à Mousson, près de Nancy, un transformateur a explosé et a pris feu.
- En 2011, un incendie s'est déclaré dans le poste de transformation de Tiel aux Pays-Bas.
- Le 16 mars 2014, un lourd transformateur déphaseur a explosé dans le poste de transformation d'Elia Monceau-II. La détonation a été si forte que tout le poste a été endommagé, et la fonction de liaison avec la France est longtemps restée indisponible.
- Le 9 mai 2015, un transformateur de puissance a explosé dans la centrale nucléaire d'Indian Point à Westchester, New York.
- Le 8 août 2015, un incendie s'est déclaré dans un transformateur d'une fabrique des Papeteries Emin Leydier de Nogent-sur-Seine en France.

1.6 Comment se dérouleront les travaux de réparation ?

L'incendie a occasionné des dommages au transformateur principal. Le transformateur sera dès lors remplacé par un transformateur de réserve disponible sur le site. Entre-temps, une première évaluation a lieu concernant l'impact de ces travaux de remplacement sur l'éventuelle date de redémarrage de Doel 1. Il était officiellement prévu, si toutes les conditions légales étaient réunies, de reconnecter Doel 1 au réseau le 14 décembre. Au vu de la situation actuelle, le remplacement du transformateur peut, encore avoir lieu dans le délai déjà visé. Il va de soi que ce planning peut subir des modifications. Electrabel souhaite avant tout pouvoir remettre cette installation en service en toute sécurité et prendra le temps nécessaire à cet effet.

1.7 Quel est le lien avec le creux de tension dans l'alimentation électricité dans la nuit de samedi ?

Après concertation avec Elia, il s'est avéré qu'aux environs du moment de l'incendie, 2 creux de tension ont été mesurés, qui ont été résolus en l'espace de 120 et de 92 millisecondes respectivement. Selon Elia, de nombreux creux de tension sont régulièrement mesurés sur le réseau et il n'est pas possible de démontrer de façon concluante que les creux étaient la conséquence directe des événements qui se sont produits à la centrale nucléaire de Doel.

1.8 Quelle est la situation en ce qui concerne le remplacement des autres transformateurs de même type ?

Le remplacement de tous les transformateurs principaux des centrales de Doel 1 et Doel 2 est prévu dans le plan d'action associé à l'éventuelle prolongation de la durée de vie des centrales. Ce plan d'action a récemment été transmis et validé par l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) et prévoit le placement de nouveaux transformateurs au cours de l'une des prochaines révisions des centrales. Pour information : le délai de livraison de tels transformateurs est d'environ 18 mois.

Les transformateurs du même type des centrales de Doel 3 et Doel 4 ont déjà été remplacés, respectivement en 2006 et 2008. Contrairement à la situation des transformateurs principaux de Doel 1 et 2, une dégradation des installations avait effectivement été constatée lors des inspections périodiques.

1.9 Comment le bon état de ces transformateurs est-il assuré ?

Les transformateurs principaux des centrales de Doel 1 et Doel 2 sont les transformateurs d'origine. Comme toutes les installations sur les sites nucléaires, ceux-ci font l'objet d'une inspection et d'une maintenance périodiques afin de s'assurer qu'ils répondent toujours aux normes de sécurité actuelles. Ces programmes ont lieu, pour certains aspects, à une fréquence journalière, hebdomadaire, trimestrielle, semestrielle ou annuelle. En ce qui concerne l'inspection, il s'agit concrètement, par exemple, de vérifications du niveau / de la température de l'huile, de la corrosion, de la saleté des refroidisseurs, de mesures thermographiques, de l'analyse du gaz au moyen d'échantillons d'huile. Les transformateurs font également l'objet d'un entretien et d'un nettoyage périodiques. Les protections et les automatismes sont testés lors d'un tel entretien. L'état de santé des transformateurs fait donc l'objet d'un suivi périodique au moyen d'analyses. Les analyses effectuées sur le transformateur en question n'ont jamais suscité une réelle préoccupation. La concentration des gaz dissous était très en dessous du seuil d'alerte, la concentration en eau était normale et le système d'analyse du gaz en ligne fonctionnait parfaitement.

2. INFORMATIONS DETAILLEES

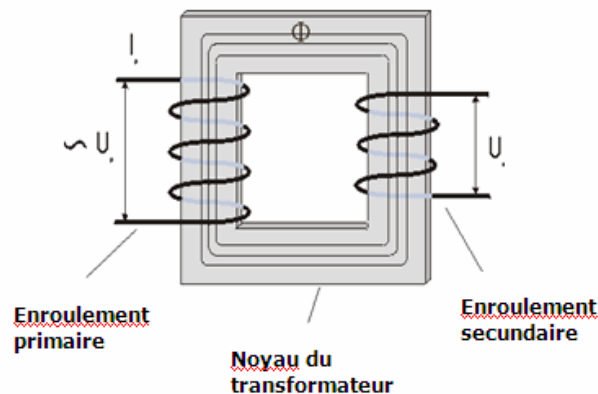
2.1 Qu'est-ce qu'un transformateur ?

Un transformateur, ou transfo en abrégé, est un composant électrique élémentaire de quasi chaque installation électrique. On retrouve des transfos partout. Des transformateurs sont utilisés dans les centrales électriques, pour le transport haute et basse tension et la distribution d'électricité. De même, des transformateurs sont également présents dans pratiquement tous les appareils électriques destinés à un usage ménager, de l'éclairage à la carte de circuits imprimés d'un ordinateur, par exemple.

Un transfo transforme une tension d'une valeur élevée à une valeur basse (transformateur abaisseur) ou l'inverse (transformateur élévateur).

En fonction de l'application à laquelle ils sont destinés, ces transformateurs sont de type et de dimensions différents. Le type de transformateur utilisé à Doel 1 pèse environ 160 tonnes et mesure 8 mètres de haut, 6,5 mètres de long et 5 mètres de large.

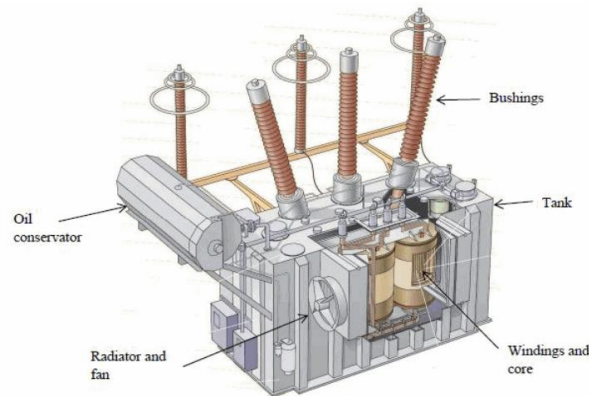
Le principe de fonctionnement reste toutefois toujours le même. Un courant alternatif provenant de l'enroulement primaire va créer un flux magnétique alternatif. Ce flux magnétique circule dans le noyau du transformateur et induit une tension dans l'enroulement secondaire.



Bron: <http://www.cybercomm.nl/~cesmet.el/kennisweb/trafo/transformator.html>

Dans une installation de production électrique, il s'agit généralement de transformateurs élévateurs. Ces transformateurs veillent à ce que l'électricité produite par l'alternateur de la centrale soit portée à la tension adéquate afin de l'injecter dans le réseau haute tension. Pour maintenir les pertes à un niveau aussi bas que possible pendant le transport de l'électricité, les lignes de transmission sont exploitées à très haute tension (36 kV, 150 kV & 400 kV en Belgique). Les pertes augmentent en effet proportionnellement au carré de l'intensité du courant. En maintenant un niveau élevé de tension, le courant est plus faible pour la même puissance.

La tension du générateur (18 kV) est amenée au niveau de transmission (400 kV) via les transformateurs élévateurs. Le fait que les transformateurs produisent un rendement très élevé est, de façon générale, propre à ces appareils. En d'autres termes, durant la conversion d'une tension à un autre niveau de tension, il y a très peu de perte de puissance (perte calorifique). Toutefois, ces pertes calorifiques doivent être éliminées par un refroidissement de l'huile. L'huile ainsi chauffée est envoyée vers un échangeur de chaleur et refroidie à l'aide de ventilateurs. Tant les enroulements que le noyau du transformateur se trouvent dans une cuve remplie d'huile, et l'huile fait alors fonction à la fois de fluide isolant et de réfrigérant.



Source : http://www.cbsa-asfc.gc.ca/sima-lmsi/i-e/ad1395/Transformer_E.jpg

Conservateur d'huile : La température augmente lors de la charge du transformateur, ce qui fait augmenter le volume de l'huile. A l'inverse, le volume baissera lorsque la charge diminuera. Afin d'éviter l'oxydation de l'huile à l'air, il est nécessaire que la cuve du transformateur soit entièrement remplie d'huile jusqu'au couvercle. De manière à permettre les variations de volume lors d'une variation de charge, un vase d'expansion, également appelé conservateur, est prévu. Il s'agit d'une cuve cylindrique qui est placée au-dessus du transformateur et qui, via un tube, est reliée au côté supérieur de la cuve du transformateur.

Bushings ou isolateurs : Ils servent à isoler la haute tension entrante et sortante de la cuve du transformateur. Ils sont constitués de disques en porcelaine ou en verre qui accroissent la distance dans l'air entre le conducteur à haute tension et la cuve du transformateur. De la sorte, **l'ionisation** de l'air entre le conducteur et la cuve est évitée.

Réservoir du transformateur : C'est ici que se trouvent les enroulements primaire et secondaire ainsi que le noyau magnétique. Le réservoir est rempli d'huile.

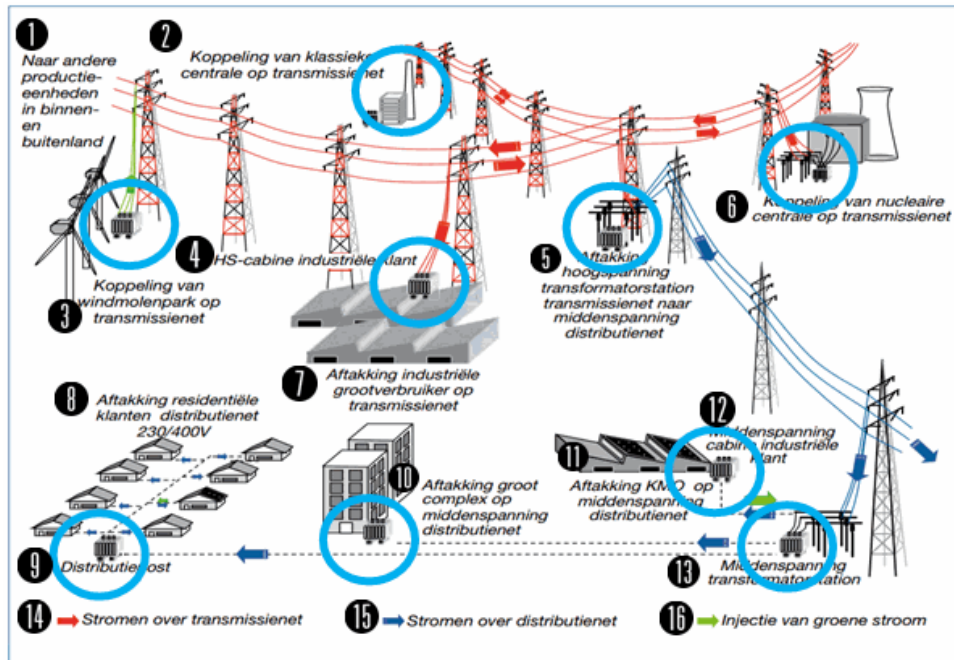
Radiateur et ventilateur de refroidissement : L'huile dans la cuve transmet sa chaleur à l'air au moyen d'un radiateur avec refroidissement forcé par une circulation d'air provenant du ventilateur.

Encuvement et réservoir de récupération : Le transformateur est placé sur un encuvement spécialement conçu à cet effet. En cas de perte d'huile éventuelle, cette huile est recueillie sous le transformateur et est ensuite acheminée vers un réservoir de récupération. Lors de l'incendie dans le transformateur principal de Doel 1, l'huile du condensateur a également été récupérée de cette manière, comme prévu, dans le réservoir de récupération.

2.2 Le transformateur en tant qu'élément essentiel du réseau électrique

Afin de pouvoir injecter l'énergie électrique dans le réseau de transmission, chaque source de production utilisera un transformateur élévateur. Qu'il s'agisse d'une centrale nucléaire, d'une centrale au gaz, d'une centrale hydroélectrique ou d'éoliennes, sans transformateur élévateur il ne peut y avoir de connexion avec le réseau. Bien entendu, ces transformateurs différeront par la taille, en fonction de la puissance de l'installation (ici, l'unité de production).

Toutefois, des transformateurs ne sont pas seulement nécessaires pour injecter l'énergie électrique dans le réseau. Des transformateurs sont également nécessaires pour relier le réseau 150 kV au réseau 400 kV, et comme embranchements du réseau de transmission pour les grands utilisateurs industriels. Pour alimenter les clients résidentiels, les PME, etc. en énergie électrique, des transfos sont à nouveau nécessaires pour relier le réseau de transmission au réseau de distribution et pour abaisser la tension du réseau de distribution à la tension utilisable pour le client.



Source : Eandis

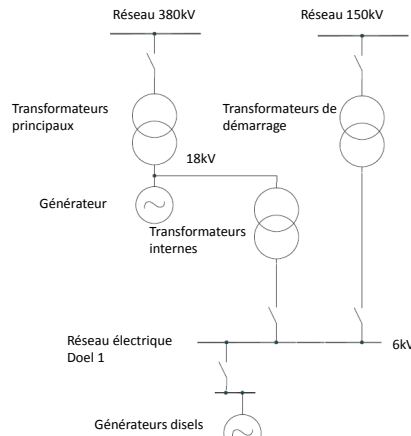
1. Vers d'autres unités de production au niveau national et à l'étranger
2. Connexion d'une centrale classique au réseau de transmission
3. Connexion du parc à éoliennes au réseau de transmission
4. Cabine HT client industriel
5. Embranchement poste de transformation haute tension vers un réseau de distribution moyenne tension
6. Connexion de la centrale nucléaire au réseau de transmission
7. Embranchement des grands utilisateurs industriels au réseau de transmission
8. Embranchement des clients résidentiels au réseau de distribution 230/400V
9. Poste de distribution
10. Embranchement d'un grand complexe au réseau de distribution moyenne tension
11. Embranchement de PME au réseau de distribution moyenne tension
12. Cabine moyenne tension de client industriel
13. Poste de transformation moyenne tension
14. Flux sur réseau de transmission
15. Flux sur réseau de distribution
16. Injection d'électricité verte

2.3 Compte-rendu détaillé des événements du 31 octobre

- Avant 23h00

- La centrale de Doel 1 est hors service depuis février, avec un cœur déchargé. Cela signifie que tous les éléments combustibles du réacteur ont été retirés et se trouvent dans des piscines de refroidissement prévues à cet effet.
- Dans ces conditions, le réseau électrique interne de Doel 1 est alimenté en tension comme suit :
 - Via l'alimentation externe de 150 kV à l'aide des transformateurs de démarrage.

- Ou via l'alimentation externe de 380 kV à l'aide des transformateurs principaux et internes.
- En tant qu'alimentation de secours (au cas où les alimentations de 150 kV et de 380 kV seraient indisponibles), des groupes diesel de sécurité sont prévus.



- Afin d'exécuter l'entretien préventif prévu sur les transformateurs de démarrage de Doel 1 et 2, les transformateurs principaux de Doel 1 et 2 ont donc été alignés de façon à recevoir l'énergie électrique du réseau 380 kV pour l'alimentation des unités Doel 1 et 2. Cette action est réalisée en déconnectant l'alternateur. Les transformateurs principaux servent alors à retransformer la tension du réseau (380 kV) en une tension de 18 kV et à alimenter ainsi l'unité avec la puissance nécessaire (évaluée à 2 à 3 MW, soit beaucoup moins que la puissance nominale des transformateurs). Cet alignement est habituel et est réalisé lors des travaux d'entretien sur les transformateurs de démarrage. Il s'agit de la seule façon de faire pour pouvoir entretenir les transformateurs de démarrage lors d'une révision de l'unité. Cette procédure standard est régulièrement appliquée et est totalement conforme aux directives d'exploitation.
- Vers 23h00
 - Un défaut de terre se produit (courant de défaut de 35 kA) sur l'enroulement 380 kV du transformateur principal de Doel 1.
 - Le défaut est détecté après quelques millisecondes par la protection différentielle sur le poste haute tension (protection électrique qui détecte un courant de défaut et qui donne un ordre de déclenchement au disjoncteur).
 - La cuve du transformateur de la phase du transformateur élévateur est endommagée par suite d'une explosion.
 - Le système d'extinction automatique veille, comme prévu, à l'extinction immédiate de l'incendie.
 - Comme prévu, le système de back-up de Doel 1 (générateurs diesel) prend le relais et assure l'alimentation de la centrale. C'est également ce qui a été prévu dans la conception de la centrale.

- L'équipe interne de pompiers se rend sur place et se charge de l'extinction.
 - Les services publics d'incendie sont appelés, mais ne doivent pas intervenir.
 - L'alimentation interne nécessaire de Doel 1 est par conséquent toujours restée disponible.
-
- *Dimanche, 1^{er} novembre*
 - Un des transformateurs de démarrage est remis en service.
 - Vers 21h00, Doel 1 est de nouveau alimentée à partir du réseau 150 kV.

L'incident a été traité de manière adéquate et la situation s'est très rapidement normalisée.