

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Boum... Quand votre hydrogène fait boum...*

Rappel des faits

Une équipe de recherche étudie le comportement des fibres optiques soumises à de l'hydrogène sous haute pression. Pour cela, elle s'est équipée d'un réacteur de 3 litres supportant une pression maximale admissible de 250 bars et muni d'un disque de rupture en Inconel 600® (alliage nickel/chrome/fer) certifié pour supporter une pression de

207 bars à température ambiante (+/- 5%).

Dans le cadre de cette expérience, les fibres à tester sont déposées dans l'enceinte qui est ensuite remplie d'hydrogène pur à 140 bars. Le réacteur est ensuite chauffé à 80 °C à l'aide de colliers chauffants entourant l'extérieur de l'équipement. Des sondes de température sont installées sur les

colliers chauffants et un capteur mesure la pression à l'intérieur du réacteur.

Pour des raisons de sécurité, avant la mise en œuvre de cette manipulation, une étude de poste a eu lieu et des précautions ont été prises :

- Le réacteur a été installé à l'extérieur du bâtiment dans une alvéole grillagée. Pour protéger



Photo du dispositif expérimental



Boule de feu générée lors de l'explosion (photo issue de la vidéo surveillance du site)

* En référence au titre musical de Charles Trenet « Boum... quand votre cœur fait boum »

l'équipement des intempéries climatiques, les parois et le toit de l'alvéole étaient recouverts de plaques de polycarbonates.

- Les ceintures chauffantes n'étant pas utilisables en présence d'une atmosphère explosive, l'orifice du disque de rupture était relié à un tuyau d'évacuation permettant, en cas de fuite, de diriger l'hydrogène vers la toiture de l'alvéole afin d'éviter tout contact accidentel avec la ceinture chauffante.
- Le poste de commande, permettant le lancement de la manipulation ainsi que la relève des indicateurs de température et de pression, a été déporté dans un local situé à l'intérieur du bâtiment.

Depuis son lancement, une trentaine de manipulations ont eu lieu et aucun incident n'a été

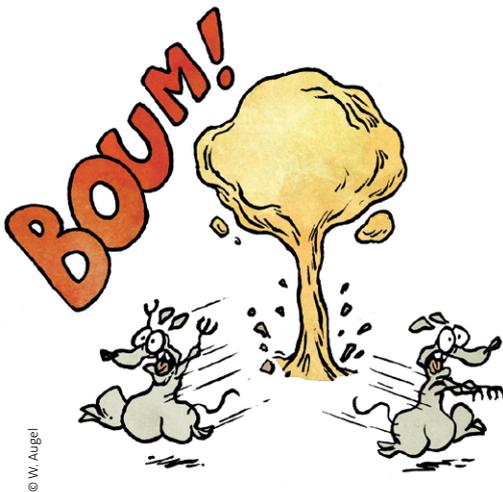
rapporté jusqu'à ce que survienne cette explosion.

Le jour de l'incident, après la phase de remplissage, aucune anomalie n'est détectée. La phase de chauffage est alors initiée. Le collier chauffant est allumé pour monter à 80 °C et porter l'enceinte à une pression maximale de 175 bars. La manipulation est prévue pour tourner plusieurs jours.

48 minutes plus tard, une explosion retentit. Une boule de feu se forme pulvérisant les parois en polycarbonate de l'alvéole. Si les morceaux de polycarbonate projetés ont causé des dégâts mineurs au bâtiment, aucune victime n'a été heureusement à déplorer.

Analyse de l'accident

Des tests ultérieurs ont montré un dysfonctionnement des capteurs de température des ceintures chauffantes. La température à l'intérieur du réacteur était bien supérieure aux 80 °C attendus. La pression à l'intérieur de l'enceinte a alors dépassé la pression admissible du disque de rupture. Ce dernier a cédé provoquant la fuite de l'hydrogène à l'intérieur de l'alvéole car le disque de rupture n'était pas relié, ce jour-là, au tuyau d'évacuation. L'hypothèse la plus probable de l'inflammation, puis de l'explosion, du nuage d'hydrogène est l'échauffement par frottement



© W. Augel

HYDROGÈNE

H₂
H — H



- N° Cas : 1333-74-0
- Température d'auto-inflammation : 585 °C
- Domaine d'inflammabilité : 4 %-75 % à pression et température ambiantes
- Énergie minimale d'inflammation : 17 μJ si 29,5 % en volume d'hydrogène dans l'air, 3 μJ si dans de l'oxygène pur.
- Énergie d'explosion de 2,02 kg TNT/m³ (H₂ est 24 fois plus puissant que le TNT)

Source : INERIS AFHYPC (Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible) <http://www.afhyperc.org>

de l'hydrogène à la sortie de l'orifice du disque de rupture. En effet, si une fuite d'hydrogène exempt de poussière s'enflamme difficilement, une inflammation survient rapidement si des poussières sont entraînées dans le gaz. L'inflammation peut aussi être provoquée par la présence de fines gouttelettes d'eau dans le gaz.

CNPS

Coordination nationale de prévention et de sécurité

► cnps@cnrs.fr

MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES

- Déplacement de la manipulation dans un bunker sécurisé. Le poste de commande restera déporté dans une pièce à proximité directe de la manipulation.
- Rajout, au niveau du poste de commande, de voyants lumineux s'allumant automatiquement lors des phases de travail à risque (chargement de l'hydrogène, phase de chauffage) mais aussi en cas de détection de fuite d'hydrogène ou de flammes.
- Révision du dispositif d'extraction de l'hydrogène en cas de fuite accidentelle en renforçant la résistance du tuyau d'extraction relié au disque de rupture.
- Remplacement des ceintures chauffantes par un dispositif de chauffage par fluide caloporteur afin de réduire les risques de surchauffe.
- Installation d'un capteur de température externe, au contact de la cuve, doublé d'un capteur de température interne.