




Sitzung der CLI vom 3. Oktober 2022

A photograph of a nuclear power plant with four large cooling towers, illuminated from within, set against a sunset sky. The towers and the plant's lights are reflected in the calm water in the foreground. The sky transitions from a deep blue at the top to a warm orange and yellow near the horizon.

Phänomen der
Spannungskorrosion:
Stand der Arbeiten

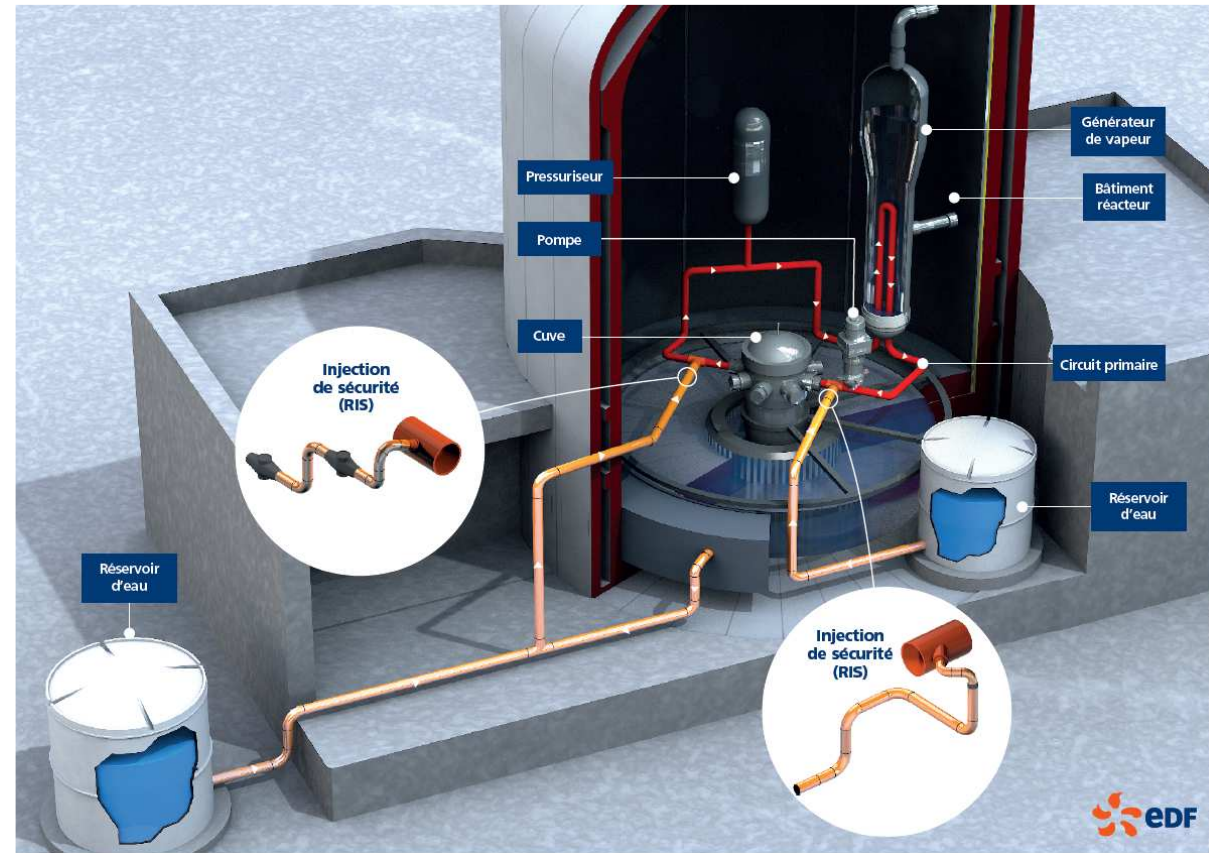
Das Phänomen der Spannungskorrosion

Die Spannungskorrosion äußert sich durch sehr feine Risse von wenigen Millimetern, die für das bloße Auge nicht sichtbar sind.

Es handelt sich um einen in der Industrie bekannten Schädigungsprozess, bei dem mehrere Faktoren zusammenkommen:

- der Werkstoff;
- die Spannung: die mechanischen Belastungen, denen der Werkstoff unterworfen ist;
- und die Art des darin zirkulierenden Fluids.

Dieses Phänomen wurde an Abschnitten der Hilfsrohrleitungen des Primärkreislaufs (RIS- und RRA-Kreisläufe) einiger Reaktoren des französischen Kernkraftwerksparks festgestellt.



Im EDF-Kraftwerkspark durchgeführte Kontrollen

Erinnerung an die Fakten: Ende 2021 werden bei Ultraschalluntersuchungen an den Leitungen des Nachwärmeabfuhr- und Notkühlsystems (RIS) im Reaktorblock Nr. 1 von Civaux im Rahmen von dessen Zehnjahresrevision erste Hinweise entdeckt.

Strategie: EDF erarbeitet eine systematische Kontrollstrategie, basierend auf einer Auswertung der Ergebnisbögen der im Rahmen der Zehnjahresrevisionen der Reaktoren durchgeführten Ultraschalluntersuchungen.

- **Erstellung einer Prioritätenliste und eines mehrjährigen Kontrollplans für den gesamten Kraftwerkspark;**
- **Bis 2025 sollen alle Reaktoren überprüft werden.**

Aktuelle Situation: EDF setzt die Arbeiten an den derzeit abgeschalteten Reaktoren fort: Aktuell werden bei 10 Reaktoren, die sich zu Wartungszwecken in Abschaltung befinden, Reparaturen vorgenommen, da für die Untersuchungen Rohrleitungsabschnitte herausgetrennt werden mussten; bei 5 Reaktoren werden Kontrollen durchgeführt.



Metallurgische Untersuchungen

Die metallurgischen Untersuchungen erlauben es, nach Entdeckung entsprechender Hinweise im Rahmen der zerstörungsfreien Prüfungen das Phänomen der Spannungskorrosion zu bestätigen.

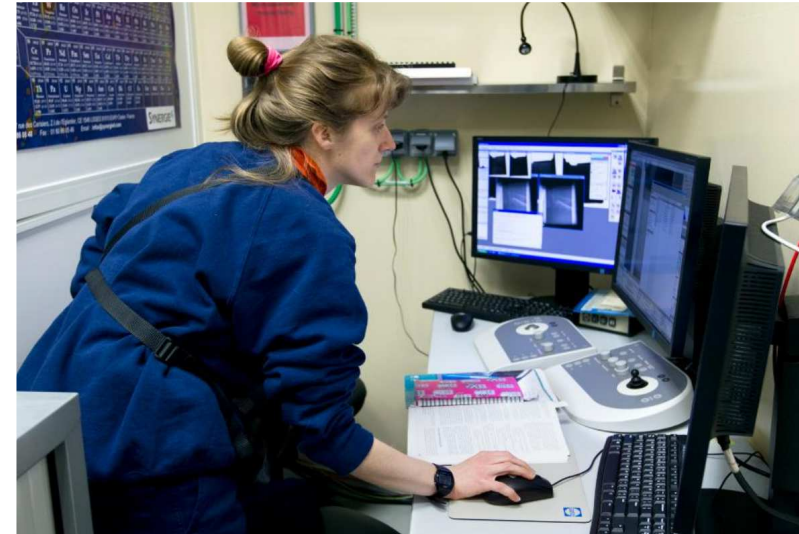
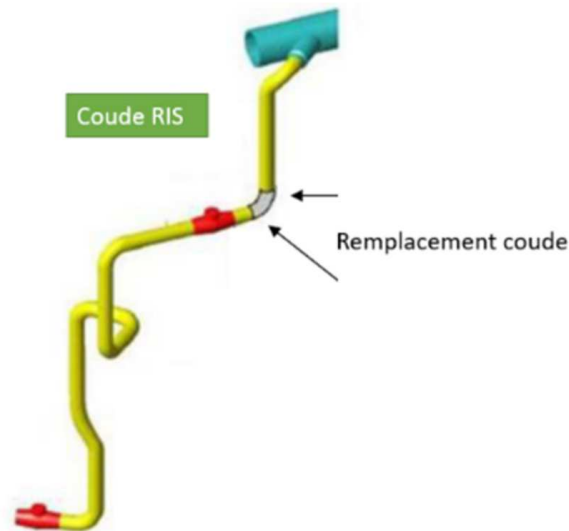
→ Entnahme einer Metallprobe durch Heraustrennung eines Rohrleitungsabschnitts, anschließend metallurgische Untersuchung im Labor.

→ Die Untersuchungen werden in dem in Europa einmaligen Gutachterlabor für Werkstoffe und Chemie LIDEC, das in Chinon ansässig ist, durchgeführt.

Insgesamt hat EDF mehr als 100 Proben im Labor begutachten lassen.

LIDEC beschäftigt 120 Ingenieure und Techniker, die täglich mit der Analyse der Materialien, aus denen die nuklearen Anlagen bestehen, befasst sind.

Ihre Arbeit erlaubt es, das Verhalten der Materialien sowie deren Entwicklung im Laufe der Zeit zu verstehen.



Zerstörungsfreie Ultraschallprüfungen

Die zerstörungsfreien Prüfungen der Rohrleitungen erfolgen mittels Ultraschall.

→ Bei diesem Verfahren werden Unregelmäßigkeiten im Metall durch ein spezifisches Echo im gemessenen Signal identifiziert. Dieses Echo kann durch ein unterschiedliches Korn im Stahl, einen feinen Riss oder eine leichte Verformung des Metalls erzeugt werden. Durch die Analyse der Frequenz der Ultraschallwelle nach Durchgang durch das Material kann festgestellt werden, ob der Ton normal ist oder auf eine eventuelle Anomalie hinweist.

2 Arten zerstörungsfreier Prüfungen werden angewandt:

- **Herkömmliche Ultraschallprüfungen:** im Rahmen der Zehnjahresrevision der Reaktoren durchgeführte Untersuchungen, um das Phänomen der thermischen Ermüdung zu identifizieren. Für eine präzise Analyse der Spannungskorrosion nicht geeignet.
- **Verbesserte Ultraschallprüfungen:** von EDF entwickeltes und seit Juli 2022 verfügbares Prüfverfahren, das ermöglicht, das Phänomen der Spannungskorrosion präziser zu identifizieren und die Tiefe der Schädigung abzuschätzen.



Sicherheit: Integrität der Kreisläufe bestätigt



Die Sicherheit der Anlagen ist gewährleistet:

- Durchführung von Berechnungen zur mechanischen Festigkeit der Rohrleitungen bei Vorliegen einer Spannungskorrosion → **Bestätigung der Integrität der Kreisläufe**, auch bei einem hypothetischen Ausfall von zwei Leitungen des RIS-Kreislaufs.
- Regelmäßiger Kontakt mit der **Behörde für nukleare Sicherheit (ASN)**, von der die Kontrollstrategie von EDF als angemessen bewertet wurde.
- **Alle Sicherheitsfunktionen waren somit zu jedem Zeitpunkt sichergestellt.** Dennoch wird das Ereignis für 4 Reaktoren (Civaux 1, Chooz 1, Penly 1 und Cattenom 3) in Stufe 1 der INES-Skala eingestuft, aufgrund des möglichen gemeinsamen Ausfalls, zu dem die Unkenntnis über die Umstände der Entstehung dieser Art von Schädigung hätte führen können.

Mobilisierung der ganzen Branche

Die über 10 Monate durchgeführten Untersuchungen erlauben es, dieses komplexe Phänomen zu benennen, zu verstehen und zu behandeln:

- Geometrie der Kreisläufe als einer der Hauptfaktoren;
- **Sehr langsame Entwicklung des Phänomens** in den betroffenen Reaktoren.

Einsatz höchster Expertise:

- Beauftragung mehrerer europäischer Stahlwerke mit der Herstellung von Ersatzteilen;
- Vermittlung wertvoller Expertise im Kernkraftwerkspark, insbesondere in Bezug auf die Schweißer, die **spezielle Schulungen und Trainings erhalten haben, um eine hochwertige Ausführung sicherzustellen.**

Eingegangene Verpflichtungen:

- **Überprüfung aller Reaktoren bis 2025;**
- Kontrolle der Schweißstellen im Rahmen unserer vorbeugenden Instandhaltungsprogramme.





Stand der Arbeiten in Cattenom

Reaktorblock Nr. 4

Reaktorblock Nr. 4 befindet sich seit dem 19.02.2022 zur Durchführung der jährlichen Wartung in geplanter Abschaltung.

Durchgeführte Maßnahmen:

- Ultraschallprüfungen, dann Heraustrennung von 4 Bögen des RIS-Kreislaufs zur metallurgischen Untersuchung im Labor;
- Erhalt der Ersatzteile;
- Genehmigung der Schweißarbeiten durch die ASN;
- Beginn der Schweißarbeiten durch die Gruppe SIGEDI/ENDEL.

Ergebnisse:

Die durchgeführten Prüfungen zeigen keinerlei Vorliegen einer Spannungskorrosion.

Nächster Schritt:
Wiederbestückung mit Brennstäben.



Reaktorblock Nr. 3

Reaktorblock Nr. 3 zählt zu den Reaktoren, denen in Bezug auf die Kontrollen zur Spannungskorrosion Priorität eingeräumt wurde. Er befindet sich seit dem 26.03.2022 in Abschaltung.

Durchgeführte Maßnahmen:

- Ultraschallprüfungen, dann Heraustrennung von 4 Bögen des RIS-Kreislaufs zur metallurgischen Untersuchung im Labor;
- Erhalt der Ersatzteile für das Schweißen der neuen Bögen durch Westinghouse (demnächst).

Ergebnisse:

Die durchgeführten Kontrollen haben gezeigt, dass an den Schweißstellen am Ende der Bögen eine Spannungskorrosion vorlag (6 Schweißstellen mit Rissen in der Größenordnung von 1 bis 2mm in einer Rohrleitung von etwa 30 mm).

Laufende Arbeiten:

Nach Erhalt der ersten Untersuchungsergebnisse: Ausweitung der Ultraschallprüfungen (verbesserte Ultraschallprüfungen) und endoskopische Oberflächenrissprüfung an den weiter entfernten Schweißstellen der Rohrleitung, um den Umfang der zu ersetzenden Teile besser einschätzen zu können.



Reaktorblock Nr. 1

Reaktorblock Nr. 1 befindet sich seit dem 11.06.2022 zur Durchführung der jährlichen Wartung in geplanter Abschaltung.

Durchgeführte Maßnahmen:

Durchführung von Ultraschallprüfungen an einer der 4 Schleifen (Schleife 2) des RIS-Kreislaufs mit dem neuen verbesserten Ultraschallverfahren.

Erste Ergebnisse:

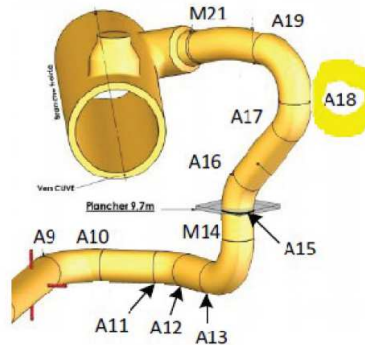
Kontrollen zeigen eine leichte Spur an einer der 6 kontrollierten Schweißstellen (Schweißstelle A18).

Laufende Maßnahmen:

- Ausweitung der Ultraschallprüfungen auf die 3 anderen Schleifen.
- Kontrolle von 10 „ausgebesserten“ Schweißstellen an Schleife 2.

Nächster Schritt

Entweder Reparatur oder Nachweis der Belastbarkeit (Berechnung) und Belassung an Ort und Stelle für begrenzte Dauer.



Vorhandene Schädigung von 2 bis 3 mm
(Umfang der Rohrleitung = 66 cm).

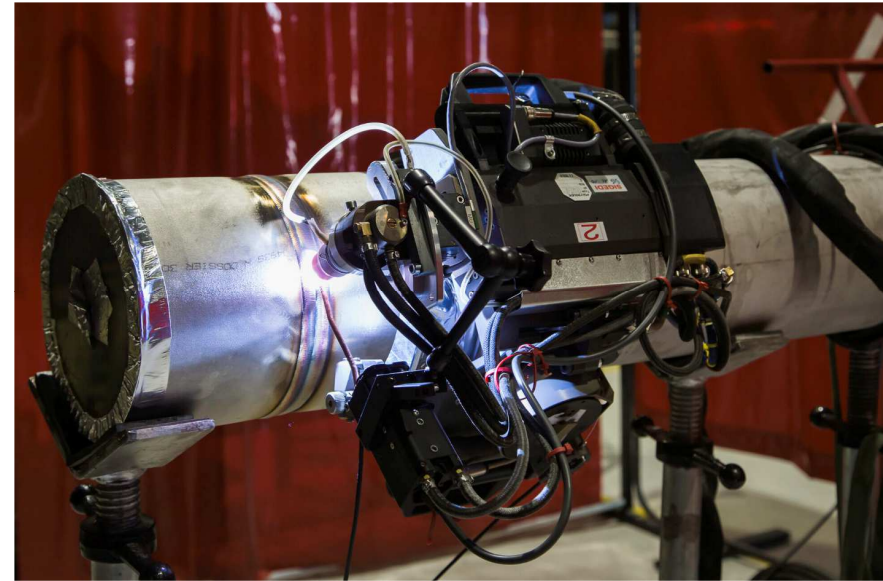


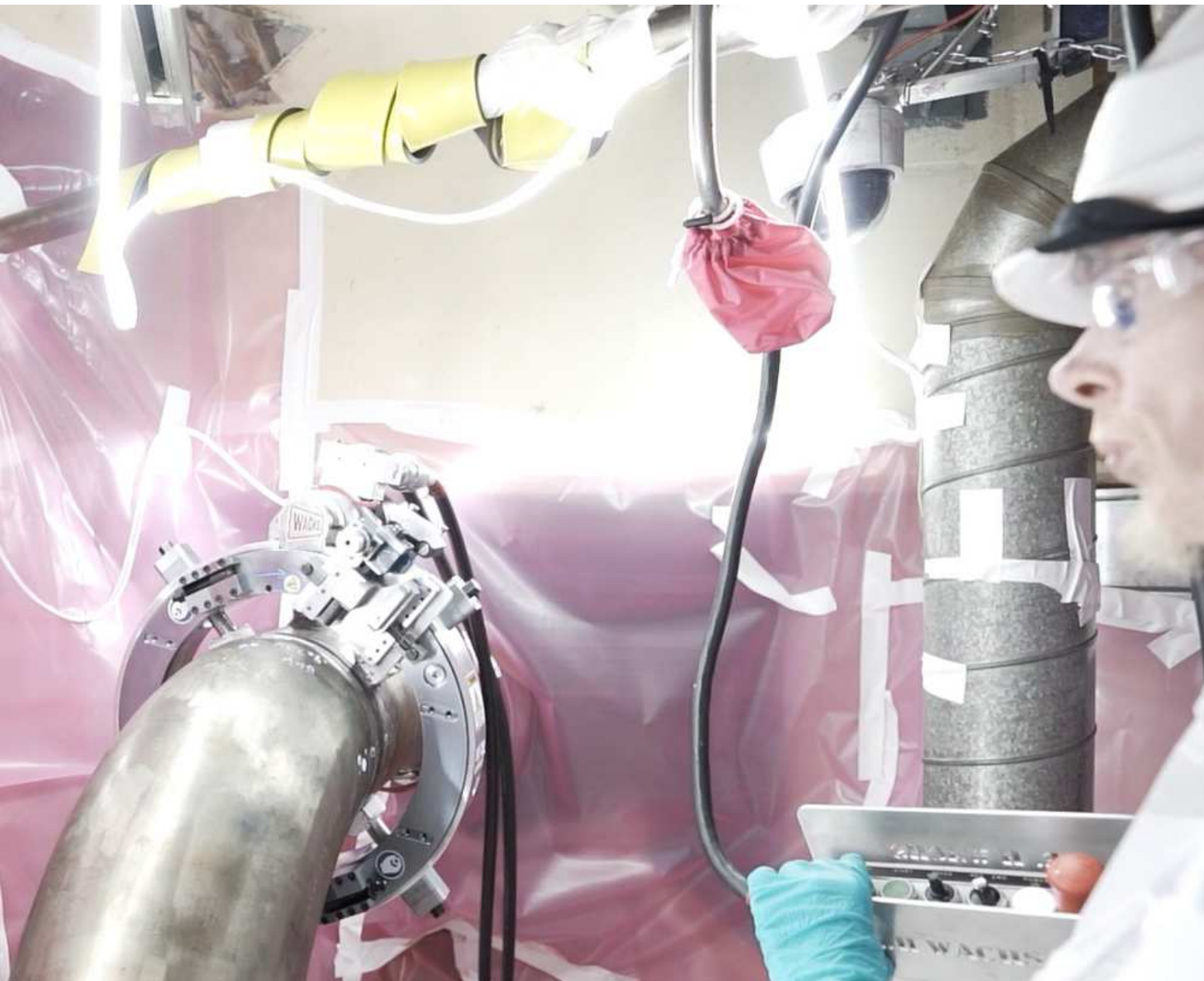
Fortsetzung unseres Programms

Die Kontrollen, Untersuchungen und Reparaturen werden fortgesetzt:

Durch die Ergebnisauswertung der letzten Untersuchungen, den Einsatz höchster Expertise sowie die verbesserte Kenntnis des Phänomens haben wir unser Industrieprojekt angepasst und in diesem Zuge die **Dauer der laufenden Abschaltungen** für die genannten Reaktoren verlängert. Diese werden nicht vor Ende 2022 wieder ans Stromnetz angeschlossen werden.

Der Reaktorblock Nr. 2 wird im Rahmen seiner geplanten Abschaltung zu Wartungszwecken im Frühjahr 2023 kontrolliert werden.





Fragen?