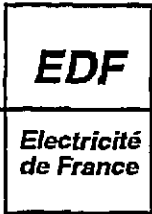


LIPN
I+D



Direction des Etudes et Recherches

SERVICE ENSEMBLES DE PRODUCTION
Département Surveillance Diagnostic Maintenance

Juin 1994

GERMAIN J.L.
LOISY F.
APOLZAN S.

**DETECTION DE FUITES DE TRAVERSEES DE
COUVERCLES DE CUVE PAR SURVEILLANCE
HYGROMETRIQUE**

***HYGROMETRIC MEASUREMENT FOR ON-LINE
MONITORING OF PWR VESSEL HEAD
PENETRATIONS***

Pages : 00022

95NB00031

Diffusion : J.-M. Lecœuvre
EDF-DER
Service IPN. Département SID
1, avenue du Général-de-Gaule
92141 Clamart Cedex

© Copyright EDF 1995

ISSN 1161-0611

SYNTHÈSE :

En septembre 1991, une légère fuite a été constatée sur une traversée de couvercle de cuve. Après expertise, d'autres fissures non débouchantes ont été localisées dans la partie basse de l'adaptateur concerné. Le même type de fissures a ensuite été découvert à l'intérieur de quelques adaptateurs d'autres tranches REP françaises. Après intervention, la poursuite de l'exploitation de ces tranches a été autorisée par les autorités de sûreté, à condition qu'un système de surveillance en continu des traversées soit mis en place. Deux systèmes de détection de fuites ont été retenus : le premier basé sur une détection de l'azote 13 et le second sur une détection de la vapeur d'eau.

Les deux systèmes utilisent un circuit de prélèvement de l'air dans un espace confiné au-dessus du couvercle de cuve. Le nombre et la répartition des prises de prélèvement, ainsi que l'équilibrage de leurs débits, assurent la bonne surveillance de l'ensemble des traversées. Des orifices d'injection de gaz sont aussi mis en place dans l'espace confiné ; ils sont utilisés pour simuler des fuites et calculer les performances effectives du circuit de prélèvement. Les fuites sont simulées à l'aide d'un gaz traceur à base d'hélium, dont on mesure ensuite la concentration dans le circuit de prélèvement.

Le dispositif de mesure de la teneur en vapeur d'eau des échantillons utilise des hygromètres à miroir. Un micro-ordinateur effectue des mesures régulières, pilote les divers automatismes du système de mesure et analyse automatiquement les mesures en vue de contrôler le bon fonctionnement de la chaîne et déclencher une alarme en cas d'apparition de fuite.

L'efficacité du circuit de prélèvement dépend principalement de l'étanchéité du calorifuge recouvrant le couvercle de cuve et qui confine partiellement les fuites. Cette efficacité va aussi dépendre de la position géométrique de la fuite. On caractérise donc l'efficacité du circuit de prélèvement par les mesures du débit local de dilution pour chaque orifice d'injection test. L'analyse de ces résultats expérimentaux permet de calculer le débit local de dilution maximal correspondant à la position géométrique la plus défavorable d'une fuite. Les résultats obtenus montrent qu'en général, le débit de dilution maximal est de l'ordre de 1 500 m³/h.

Les hygromètres à miroir permettent de mesurer la température de rosée de l'air. Pratiquement, le seuil de détection du système va dépendre de la température de rosée qui existe dans le bâtiment réacteur. Pour une température de rosée de 22 °C (maximum observé en France), le seuil de détection est de 1.2 kg/h pour un débit de dilution de 1 500 m³/h. Pour une température de rosée de 6 °C (minimum observé), le seuil de détection est de 0,5 kg/h avec un débit de dilution de 1 500 m³/h.

Ce système est maintenant installé depuis un an et demi sur trois tranches REP françaises et il fonctionne de manière satisfaisante.

GERMAIN J.L., LOISY F. APOLZAN S. (*)

(*) FRAMATOME

Version française p. 16

EXECUTIVE SUMMARY :

In September 1991, a small leak was found on one of the reactor's upper vessel head penetrations. After inspection, other non-throughwall cracks were localized in the lower part of the vessel head adapter in question. The same type of crack was later found inside some adapters on other French PWR units.

After repairs, the safety authorities granted approval to continue unit operation, with the specific provision that a system for ongoing monitoring of the penetrations be set up. Two types of system were selected to detect leaks through any potential cracks : the first is based on nitrogen-13 detection and the second on steam detection.

Both systems call for sampling the air in a confined space above the vessel head. The number and distribution of sampling taps in the circuit, and the balancing of their respective flow rates, are factors in proper monitoring of all vessel head penetrations. Gas-injection holes are also installed in the confined space. These holes are used during the sampling system qualification tests to simulate leaks in various positions and calculate the effective performance of the sampling system. Leaks are simulated using a helium-base gas tracer and measuring tracer concentrations in the sampling system.

The system for measuring steam levels in air samples uses chilled-mirror hygrometers. A microcomputer takes regular readings, drives the various automatic functions of the measurement system and automatically analyses the readings so as to monitor operations and trigger an alarm at the first sign of a leak.

The efficiency of the sampling system in turn depends primarily on the leaktightness of the heat insulator covering the vessel head, allowing partial containment of leaks. It also depends on the geometric position of the leak. Sampling system efficiency is therefore characterized by measurement of the local dilution flow rate for each test injection hole. Analysis of these experimental results enables calculation of a maximum local dilution flow rate corresponding to the least favorable geometric position of a leak. The results obtained show that in general, the maximum dilution flow rate is on the order of 1500 m³/h.

Chilled-mirror hygrometers enable measurement of the dewpoint of the air. In practical terms, the system's detection threshold will depend on the dewpoint in the reactor building. For a dewpoint of 22 °C (the maximum observed in France), the detection threshold is 1.2 kg/h for a dilution flow rate of 1500 m³/h. For a dewpoint of 6 °C (minimum observed), the detection threshold is 0.5 kg/h for a dilution flow rate of 1500 m³/h.

This system has now been installed for a year and a half on three French PWR units and is functioning satisfactorily.

SUMMARY - SOMMAIRE

1. Background	7
2. The hygrometric measurement principle.....	8
3. Measurement system description and system functions.....	10
4. Sampling system description and control of its efficiency.....	12
5. Feedback and conclusions	14
1. ORIGINE DU PROBLEME.....	16
2. PRINCIPE DE LA MESURE PAR HYGROMETRIE.....	17
3. MATERIELS DE MESURE UTILISES ET FONCTIONNALITES DU DISPOSITIF DE MESURE.....	18
4. CIRCUIT DE PRELEVEMENT ET VERIFICATION DE SON EFFICACITE.....	21
5. RETOUR D'EXPERIENCE ET CONCLUSIONS	23

LIST OF FIGURES

- Figure 1: The hygrometric measurement system
- Figure 2: Principle of hygrometric measurement
- Figure 3: Theoretical mean detection threshold with the hygrometric method.
- Figure 4: Cycle of readings in the hygrometric sequence
- Figure 5: Schema of a sampling system

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Principe du système de détection .
- Figure 2 : Schéma de principe de la mesure par hygrométrie.
- Figure 3 : Seuil de détection théorique moyen de la méthode hygrométrique.
- Figure 4 : Cycles de mesure de la chaîne hygrométrique
- Figure 5 : Schéma d'un circuit de prélèvement

1. Background

The Bugey 3 decennial hydrotest, performed during the course of the unit's decennial outage program at the end of 1991, pointed up a slight primary coolant leak on one of the peripheral vessel head penetrations. Following removal of the vessel head and demounting of the control rod drive mechanism (CRDM), inspections revealed the presence of longitudinal cracks in the lower part of the adapter in the area of the Inconel 600 weld attaching the adapter to the vessel head.

Later inspections revealed the existence of similar defects on other units (Bugey 4 and Paluel 4). To deal with the problem, Electricité de France opted for systematic inspection of all vessel head penetrations. Depending on the results of these inspections, the penetrations are either left as they are, repaired or fitted with a leak detection system while awaiting subsequent replacement of defective vessel heads by new ones with Inconel 690 penetrations.

To detect any nascent primary coolant leaks during plant operation, Electricité de France decided to install monitoring systems on all units affected by these problems.

Early detection of minor leaks is a delicate problem, given the need to ensure adequate sensitivity and rapid response on the part of the detection system and to guarantee its reliability.

Following an initial review of possible solutions, the choice was rapidly taken to use tracers which could indicate beyond any doubt the presence of a leak. The sensitivity of these methods, however, decreases with the considerable flow of sweeping air in the casing which contributes to significant dilution of the tracer from the leak. One of the first measures Electricité de France has adopted is to improve casing leaktightness. It was further decided to design a sampling system to take representative samples of the air in the casing so as to be certain of detecting a slight leak no matter what its position.

Among the possible solutions for leak detection, two based on use of tracers were chosen for EDF plants: "nitrogen-13" detection and "hygrometry". The first of these methods calls for detection in the casing of nitrogen-13: a radioactive tracer which is naturally present in the primary coolant during unit operation. The system, first studied by Electricité de France, is manufactured by MERLIN GERIN. It enables detection of a primary coolant leak on the order of 0.5 kg/h. The second method, hygrometry, involves detection in the casing of steam liberated by the leak. This second system, also studied by Electricité de France, is manufactured by FRAMATOME.

This twofold choice was justified by the need to deal rapidly with vessel heads which might be affected by problems of cracking. Neither supplier (MERLIN GERIN for nitrogen-13 and FRAMATOME for hygrometry) could quickly fit all the units with the same system. At the time of writing, two and one-half years after the first defects were found on certain adapters, three hygrometric leak detection devices have been installed and are in use on 1300-MW units (Paluel, 1, Paluel 4 and Saint-Alban 1). The nitrogen-13

system is now in use on the 900-MW series and is being installed on other 1300-MW units, giving a total of 27 monitored units using this system. At the end of 1993, 30 of EDF's 54 PWR units were equipped with one of these leak detection systems for the vessel head penetrations.

2. The hygrometric measurement principle

The aim is to monitor the appearance of any through-wall primary coolant leaks on the vessel head near the CRDM adapters. These leaks necessarily infiltrate an insulated space called the casing (cf. Figure 1) where they are diluted. Because of expansion (from 155 bars to the pressure in the reactor building) and the vessel head temperature, these leaks take the physical form of steam. The air sweeping through the casing, due to the aspiration generated by the CRDM ventilation system, is air from the reactor building which leaks into the casing through a number of apertures (the heat insulator, in particular). The sweeping air flow rate can be estimated by means of a helium test described further on.

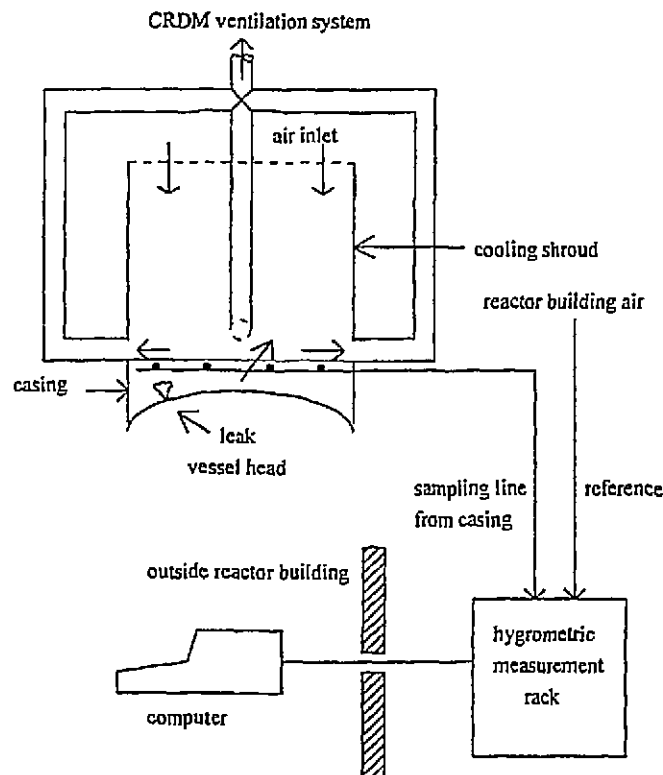


Figure 1: The hygrometric measurement system

The presence of a leak necessarily causes an increase in the proportion of steam in the air sweeping through the casing.

A sampling tap enables taking samples with a low air flow rate in the casing (some 3 m³/h).

Comparison of the dewpoint in the sampling line with that in a reference line containing air from the reactor building (outside the casing) enables detection and estimation of the flow rate of the primary coolant leak in question.

Air is circulated through the detection system drawn alternately from inside (measurement) and outside (reference) the casing. Measuring the difference in dewpoint using a single device eliminates certain systematic errors.

The instrumentation of the detection system consists in two chilled-mirror hygrometers mounted in parallel, each of which measures the dewpoint of a given sample (cf. Figure 2).

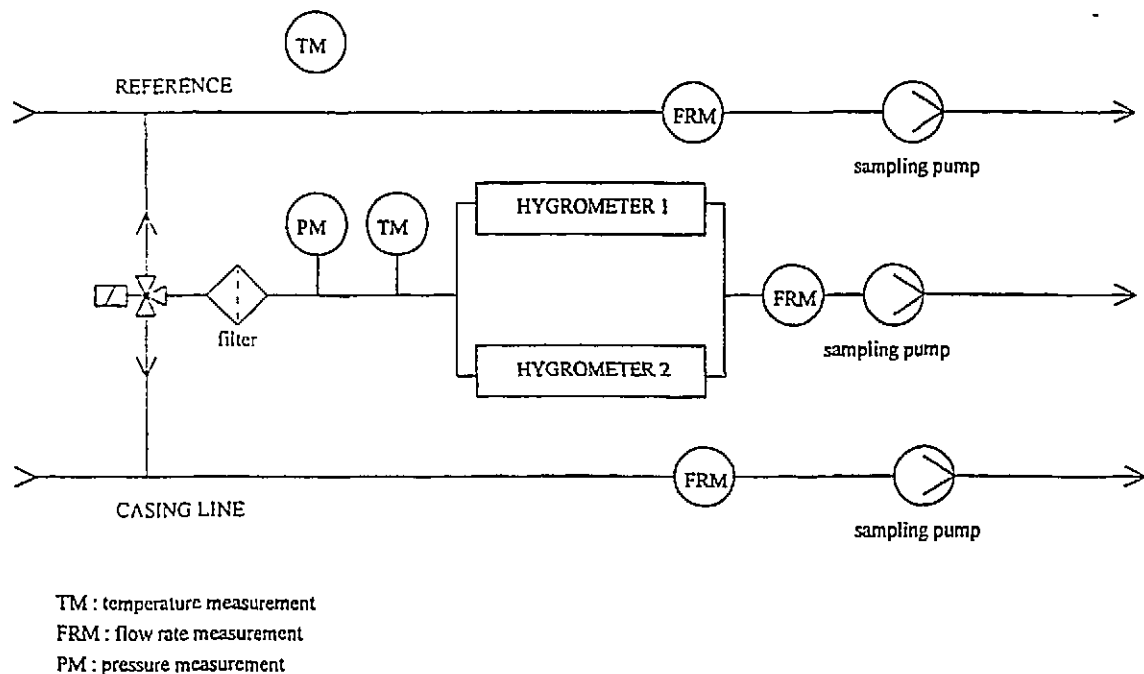


Figure 2: Principle of hygrometric measurement

The use of two chilled-mirror hygrometers in parallel enables pinpointing of wear on one or the other of the detectors, should there appear too great a difference in readings.

The system's detection threshold depends on the dewpoint in the reactor building. For a dewpoint of 22° C (the maximum observed in France), the detection threshold is 1.2 kg/h for the nominal dilution flow rate of 1500 m³/h. For a dewpoint of 6° C (minimum observed), the detection threshold is 0.5 kg/h for the nominal dilution flow rate of 1500 m³/h (cf. Figure 3).

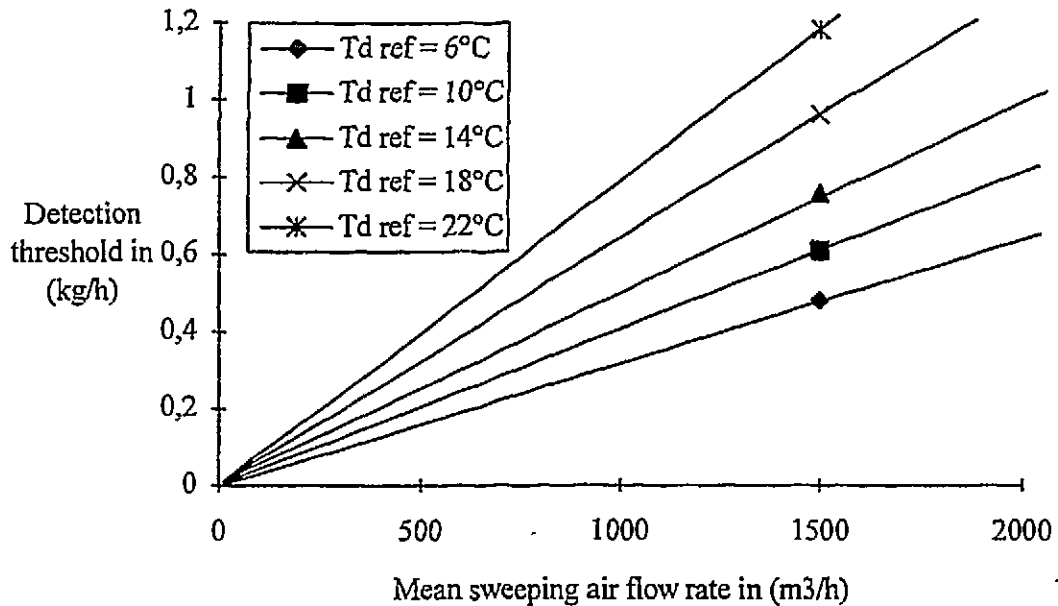


Figure 3: Theoretical mean detection threshold with the hygrometric method.

The instrumentation is connected to a microcomputer which processes the data and generates a "leak" alarm when a given measurement threshold is exceeded.

Several parameters of satisfactory system operation are monitored by the microcomputer, which generates a "system error" alarm when the relevant thresholds are exceeded.

3. Measurement system description and system functions

The measurement system is essentially made up of the following:

- a 3-way solenoid valve to alternate passage through the hygrometer cells of air from the sampling tap (casing) and of reference air (reactor building),
- a filter to eliminate dust and steam other than that of water (oils),
- two GENERAL EASTERN hygrometers whose probes are placed in the measurement cells,
- a device to circulate air through the hygrometer cells, comprising a diaphragm pump and a mass flowmeter,
- an absolute-pressure sensor mounted upline of the hygrometer cells, to correct the dewpoint recorded in the event of a difference in pressure between the two principal sampling lines,
- two diaphragm pumps for circulation of air through the "casing" and "reference" sampling lines,
- an air temperature probe at the entrance to the hygrometer cells,
- two mass flowmeters to measure flow in each of the sampling lines.

This equipment is set up in the reactor building, in a rack maintained at a temperature of around 30° C, and is interfaced with a microcomputer via 4/20mA links and low-voltage control signals. With the microcomputer, set up close to the control room, it is possible to acquire the data necessary to monitor the proper operation of the measurement system and for generation of an alarm in case of a leak.

The monitoring system is designed so as to facilitate distinction of an anomaly in the measurement system from a possible leak, thereby minimizing the risk of false "leak" alarms.

The microcomputer regularly monitors the various measurement system functions and triggers a "system error" alarm the moment certain parameters exceed set thresholds. The monitored parameters are:

- flow rate in each of the sampling lines,
- sampling rate common to both hygrometer cells,
- sample temperature,
- temperature in the hygrometer rack,
- difference between readings given by the 2 hygrometers analysing a single sample,
- absolute pressure in the sampling line,
- microcomputer power supply,
- disabling of the software.

Leak detection is possible only in the absence of any alarm triggered by the monitoring system. A "leak detected" alarm is triggered the moment the difference between the "reference" and "casing" dewpoints exceeds a certain threshold.

Furthermore, the measurement system triggers a "saturated measurement" alarm if the difference between the temperature of the measurement rack and the measured dewpoint is below a certain value.

Readings are taken sequentially every 20 minutes on both the "casing" and "reference" sampling lines. The procedure is the following: upon switch-over to the "casing" line, the system waits 5 minutes while the readings stabilize, then automatically acquires readings for the next 15 minutes. These readings are then averaged and stored in the computer memory. The system next automatically switches over to the "reference" line, and the wait/reading sequence is repeated, as shown in Figure 4.

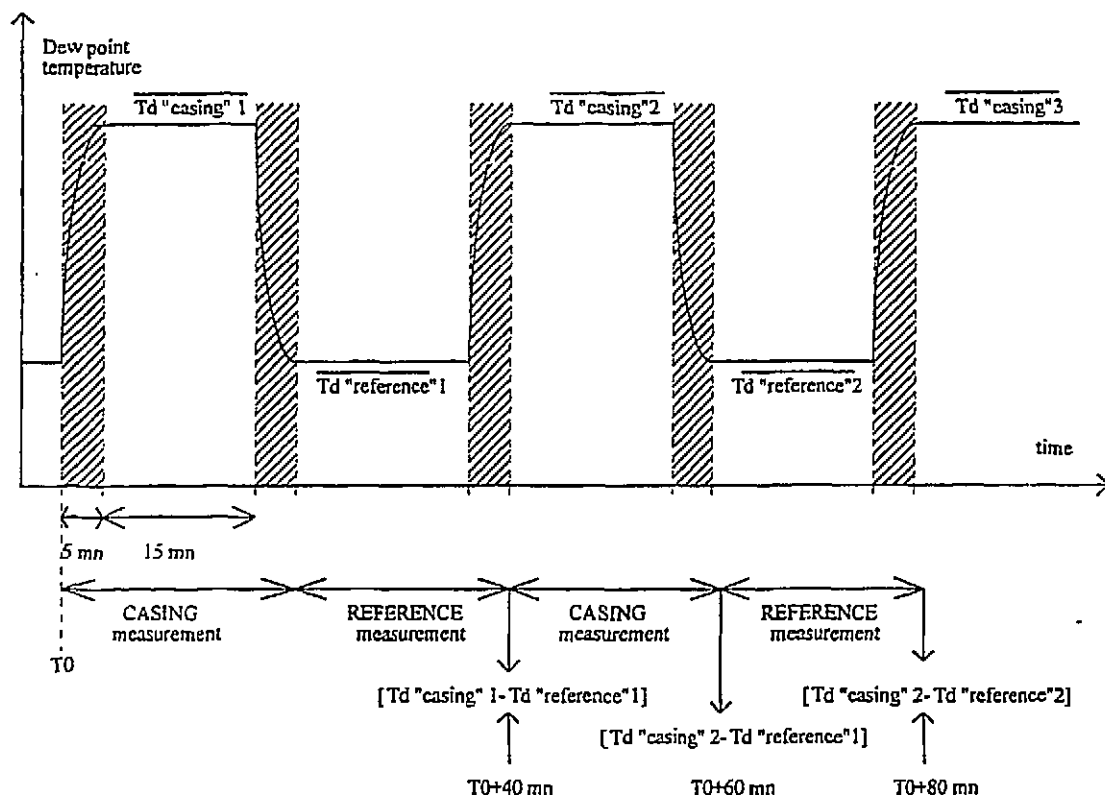


Figure 4: Cycle of readings in the hygrometric sequence

4. Sampling system description and control of its efficiency

The sampling system is independent of the measurement system. It enables continuous extraction of samples of the air circulating in the casing and in the reactor building, for the purposes of analysis. This sampling must be as homogeneous as possible, so as to enable detection under optimum conditions of any leaks, whatever their position on the vessel head.

The number and distribution of sampling taps in the "casing" circuit, and the balancing of their respective flow rates, are factors in proper monitoring of all vessel head penetrations.

Different sampling systems of differing design have been, or are in the course of being installed in units with N13 or hygrometric measuring systems. These are:

- systems with nine holes distributed on three lines, for the CP0 900-MW plant series,
- systems with twelve holes distributed on four lines, for the 1300-MW series,
- systems with 28 holes fitted with sonic flow nozzles and distributed on seven lines, for the CP1 and CP2 900-MW series.

The sampling apertures can allow for free passage, be fitted with diaphragms for better distribution of sample flow rates, or be fitted with sonic flow nozzles, again for better balancing of sample flow rates.

The following figure illustrates one sampling system.

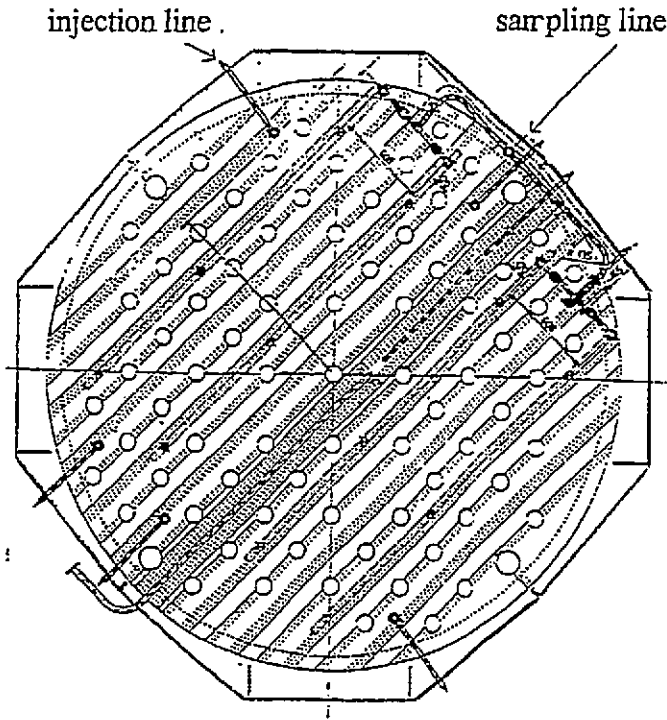


Figure 5: Schema of a sampling system

In each of these configurations, the tubing is connected to a shared piping system called the "casing line".

On each of the units concerned, a piping system called the "reference line" is installed, and conveys a sample of the air taken near the vessel head.

The hygrometric leak detection system is installed at the extremity of these "casing" and "reference" lines. At the present time, such systems are functioning on three 1300-MW units: Paluel 1 and 4 and Saint Alban 1, in the 12-hole sampling system configuration.

In order to test the effective performance of the sampling system, gas-injection holes are also installed in the confined space. These holes are used during the sampling system qualification tests to simulate leaks in various positions and calculate the effective performance of the sampling system. Leaks are simulated using a helium-base gas tracer and measuring tracer concentrations in the sampling system by means of mass spectrometry.

Helium tests are performed when the primary cooling system is hot (hot shutdown, for example) under conditions of normal operation of the CRDM ventilation system, so as to benefit from conditions as close as possible to normal use of the sampling system.

The purpose of these tests is to characterize the "casing-sampling system" dynamics on the units in question. In particular, the aim is to assess the system efficiency and estimate the statistical distribution of local sweeping air flow rate due to dispersion of sweeping air velocities in the casing.

The tests performed enable determination of the range within which the local sweeping air flow rate is found, on the basis of a gaussian distribution of calculated local flow rates. A maximum statistical value for the flow rate is then deduced, corresponding to a leak position for which the sensitivity of the sampling system is the least satisfactory, which is to say where dilution (local sweeping air velocity) is maximum.

Trials at the end of 1992 showed that the performance of the "casing-sampling" assembly is globally satisfactory. In particular, the maximum statistical value for the dilution rate rarely exceeds the nominal flow rate of 1500 m³/h.

At the present time, these tests are systematically performed upon installation of each leak detection system, and must be repeated if casing removals :

- to improve the leaktightness of the heat insulator,
- to upgrade the sampling system.

Tests carried out to date have proven the effectiveness of the measures taken to improve casing leaktightness, and have enabled characterization of the sampling system.

5. Feedback and conclusions

Certain difficulties which arose during the first few weeks of operation (unwarranted alarms) led to adjustments in the hygrometric detection systems. Since January 1993, no further specific problems have occurred.

To guarantee satisfactory operation of these systems over time, complementary testing was undertaken to assess the impact on their performance of accumulated dirt on the filter.

The results, available at the end of 1992, showed that soiling of the filter had no significant impact on the performance of the measurement system. In addition, regular inspection of the Paluel 4 and Saint Alban 1 filters has confirmed good resistance over time.

During the first days of operation of the Saint Alban 1 hygrometric system, a number of "leak" alarms were triggered. These were due to a drop-by-drop leak from the vessel vent. After replacement of the faulty valve, the alarms ceased. At the least, this proved that the detection system functioned well.

The measurement system was successfully tested using specially generated humid reference air at Saint Alban 1 in 1992 and at Paluel 1 in 1993.

As regards qualification of the casing-sampling system assembly, its entry into service posed no particular problems. Measurement of the sweeping air flow rate showed that, in close to 75% of all cases, it remained below 1500 m³/h.

Given the good behavior of the hygrometric systems in monitoring the vessel heads on three 1300-MW units, there is no plan at this time to replace them with "nitrogen-13" systems, particularly in view of the high cost this would entail. The hygrometric leak detection systems will therefore remain in place for a matter of months or years to come, the time it takes to replace the defective vessel heads.

1. ORIGINE DU PROBLEME

L'épreuve hydraulique de Bugey 3, réalisée dans le cadre de la visite décennale de cette tranche, fin 1991, a mis en évidence une légère fuite d'eau primaire sur l'une des traversées périphériques du couvercle de cuve. Après dépose du couvercle de cuve et démontage du mécanisme de grappe, des contrôles ont permis de constater la présence de fissures longitudinales dans la partie basse de l'adaptateur au droit de la soudure en inconel 600 fixant l'adaptateur au couvercle.

Les contrôles ont montré ultérieurement l'existence de défauts analogues sur d'autres tranches (Bugey 4 et Paluel 4). Electricité de France a donc adopté, en face de ce problème, une démarche qui a consisté à contrôler systématiquement les traversées de couvercles de cuve. Suivant les résultats de ces contrôles les traversées sont laissées en l'état, réparées ou équipées d'un système de détection de fuites en attendant de remplacer, à terme, les couvercles de cuve défectueux par de nouveaux couvercles équipés de traversées en inconel 690.

Pour détecter l'apparition de fuites éventuelles d'eau primaire en fonctionnement, Electricité de France a décidé d'installer des systèmes de surveillance sur les tranches concernées par ces problèmes.

La détection précoce de faibles fuites pose des problèmes d'importance : assurer une sensibilité suffisante, une réponse rapide et garantir une bonne fiabilité du système de détection.

Après un premier examen du dossier, le choix des méthodes utilisables s'est rapidement orienté vers l'emploi de traceurs permettant de s'assurer de façon indiscutable de la présence d'une fuite. Mais ces méthodes sont d'autant moins sensibles que le volume où débouchent les fuites (casing) est parcouru par un débit d'air important contribuant à diluer fortement le traceur issu de la fuite. L'une des premières actions menées par Electricité de France a consisté à améliorer l'étanchéité des casings. Par ailleurs, il s'est agi de concevoir un circuit de prélèvement permettant de réaliser un échantillonnage représentatif de l'air dans le casing afin d'être sûr de pouvoir détecter une faible fuite quelle que soit sa position.

Parmi les solutions envisagées pour la détection de fuites, deux, basées sur l'utilisation d'un traceur, ont été retenues pour être installées en centrales : "azote 13" et "hygrométrie". La première méthode utilise la détection dans le casing d'un traceur radioactif naturellement présent dans l'eau du circuit primaire lors du fonctionnement du réacteur : l'azote 13. Cette méthode développée par Electricité de France est industrialisée par MERLIN GERIN. Elle permet de détecter une fuite d'eau primaire de l'ordre de 0,5 kg/h. La deuxième méthode utilise la détection dans le casing de la vapeur d'eau libérée par la fuite, il s'agit de la méthode hygrométrique. Cette méthode, conçue également par Electricité de France, a été industrialisée avec l'aide de FRAMATOME.

Ce double choix a été justifié par la nécessité d'une mise en service urgente sur les couvercles potentiellement concernés par les phénomènes de fissuration. Aucun des

fournisseurs (MERLIN GERIN pour l'azote 13 et FRAMATOME pour l'hygrométrie) ne pouvait, dans un court délai, équiper les tranches d'un système unique. A l'heure actuelle, deux ans et demi après avoir constaté la présence de défauts sur certains adaptateurs, trois dispositifs de détection de fuite par hygrométrie ont été installés et sont utilisés sur certaines tranches 1300 MW (Paluel 1, Paluel 4 et Saint-Alban 1). L'équipement "azote 13" est implanté sur le palier 900 MW et est en cours d'installation sur les autres tranches 1300 MWe soit un total de 27 tranches. Fin 1993, 30 tranches étaient équipées d'un dispositif de détection de fuites de traversées de couvercles de cuve sur les 54 tranches du parc nucléaire de type REP d'Electricité de France.

2. PRINCIPE DE LA MESURE PAR HYGROMETRIE

On cherche à surveiller l'apparition d'éventuelles fuites d'eau primaire traversant le couvercle de cuve au droit des adaptateurs des mécanismes de commande des grappes. Ces fuites débouchent nécessairement dans un espace calorifugé appelé "casing" (Cf fig. 1) où elles se diluent. Du fait de la détente (de 155 bar à la pression du bâtiment réacteur) et de la température du couvercle, ces fuites sont physiquement à l'état de vapeur. Le casing est parcouru par un débit d'air, généré par la dépression créée par le circuit de ventilation des mécanismes de commande des grappes (circuit RRM). Cet air est celui du bâtiment réacteur qui pénètre dans le casing par des inétanchéités diverses (calorifuge du casing notamment). Le débit de balayage peut être estimé par un test hélium décrit plus loin.

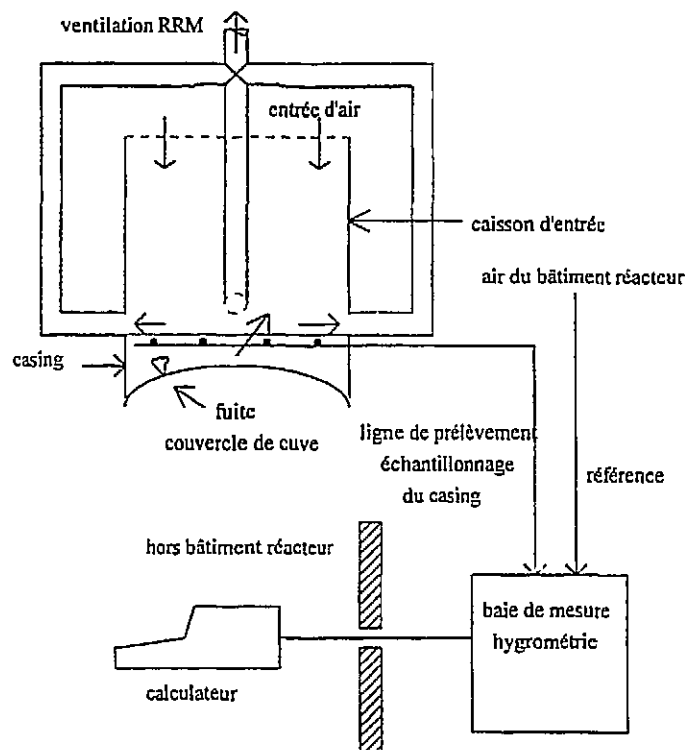


Figure 1 : Principe du système de détection .

L'existence d'une fuite provoque nécessairement une augmentation de la teneur en vapeur d'eau de l'air parcourant le casing.

Un dispositif de prélèvement permet l'échantillonnage sous un faible débit (environ 3 m³/h) de l'air dans le casing.

La comparaison des températures de rosée dans la ligne de prélèvement et dans une ligne parcourue par de l'air du bâtiment réacteur (extérieur du casing) constituant une référence, permet la détection et l'évaluation du débit de la fuite d'eau primaire recherchée.

On fait passer alternativement dans le dispositif de mesure de l'air provenant soit de l'intérieur (échantillon représentatif), soit de l'extérieur (référence) du casing. Cette mesure par différence sur un même appareillage de mesure permet d'éliminer certaines erreurs systématiques.

L'instrumentation servant à la détection se compose de deux hygromètres à miroir refroidi montés en parallèle faisant la mesure de la température de rosée sur le même échantillon (Cf. fig. 2).

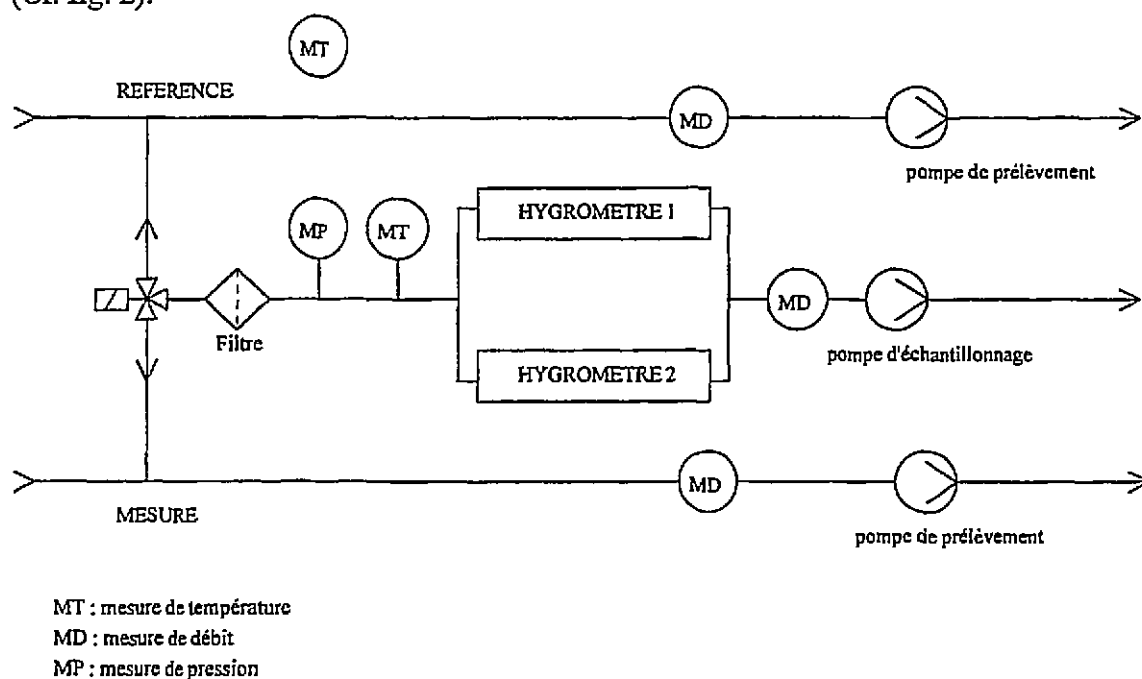


Figure 2 : Schéma de principe de la mesure par hygrométrie.

L'utilisation de deux hygromètres en parallèle permet de vérifier leur fidélité et de signaler une différence de mesure trop élevée indiquant la dérive de l'indication de l'un des deux.

Le seuil de détection du système dépend de la température de rosée qui existe dans le bâtiment réacteur. Pour une température de rosée de 22 °C (maximum observé en France), le seuil de détection est de 1,2 kg/h pour un débit de dilution de 1500 m³/h. Pour une

température de rosée de 6 °C (minimum observé), le seuil de détection est de 0,5 kg/h avec un débit de dilution de 1500 m³/h comme le montre la figure 3.

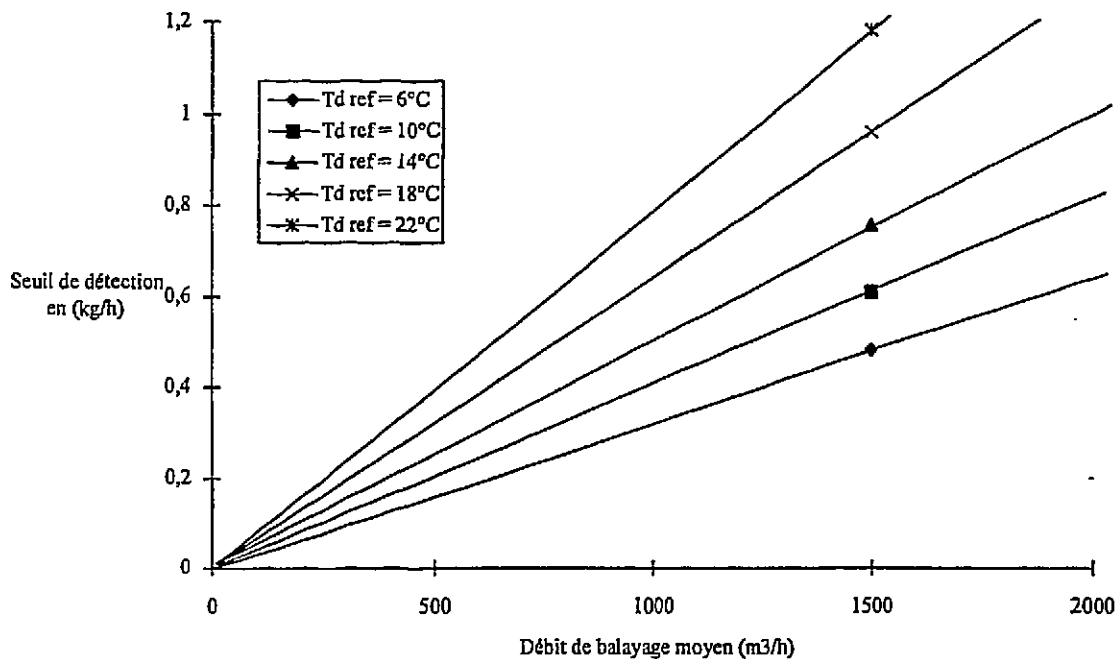


Figure 3 : Seuil de détection théorique moyen de la méthode hygrométrique.

L'instrumentation est reliée à un ordinateur qui effectue le traitement des mesures et qui génère une alarme "fuite" lors du dépassement d'un certain seuil de mesure.

Plusieurs paramètres de bon fonctionnement du système sont surveillés par le calculateur qui génère une alarme "défaut système" en cas de dépassement de seuils de bon fonctionnement.

3. MATÉRIELS DE MESURE UTILISÉS ET FONCTIONNALITÉS DU DISPOSITIF DE MESURE

La chaîne de mesure se compose essentiellement des matériels suivants :

- une électrovanne trois voies permettant de faire passer alternativement dans les cellules des hygromètres de l'air issu du dispositif de prélèvement (casing) et de l'air de référence (bâtiment réacteur),
- un filtre pour l'élimination des poussières et vapeurs autres que la vapeur d'eau (huiles),
- deux hygromètres GENERAL EASTERN dont les sondes sont placées dans des cellules de mesure,
- un dispositif de circulation d'air dans les cellules de mesure des hygromètres comprenant une pompe à membrane et un débitmètre thermique massique,

- un sonde de température d'air en entrée des cellules des hygromètres,
- un capteur de pression absolue monté en amont des cellules des hygromètres pour correction de la température de rosée délivrée en fonction de la pression, ,
- deux pompes à membrane assurant la circulation de l'air dans les lignes de prélèvement "casing " et "référence",
- deux débitmètres thermiques massiques mesurant le débit dans chacune des lignes de prélèvement.

Ces matériels sont installés dans une baie maintenue à une température d'environ 30°C disposée dans le bâtiment réacteur et sont interfacés à un ordinateur par des liaisons 4/20 mA et des signaux de commande basse tension. Ce ordinateur permet de contrôler les acquisitions nécessaires à la surveillance du bon fonctionnement du système de mesure et à la génération d'une alarme en cas de fuite. Ce ordinateur est situé à proximité de la salle de commande.

Le système de surveillance est conçu de telle façon qu'on puisse distinguer aisément une anomalie de la chaîne de mesure d'une fuite éventuelle, de façon à minimiser le taux de fausses alarmes "fuite".

Le ordinateur surveille régulièrement les diverses fonctions de la chaîne de mesure et déclenche une alarme "défaut système" dès que certains paramètres sortent d'un intervalle fixé. Les paramètres surveillés sont les suivants :

- débit dans chacune des lignes de prélèvement,
- débit d'échantillonnage commun aux cellules des hygromètres,
- température de cet échantillonnage,
- température dans l'armoire hygrométrie,
- écart entre les indications délivrées par les hygromètres analysant un même échantillon,
- pression absolue dans la ligne d'échantillonnage
- présence de tension secteur pour l'alimentation du ordinateur,
- mise hors service du logiciel.

La détection d'une fuite par le système de mesure n'est réalisée que lorsque la fonction surveillance n'a pas généré d'alarmes. Une alarme "fuite détectée" est déclenchée dès que l'écart des températures de rosée mesurées entre les lignes "référence" et "casing " dépasse un certain seuil.

Par ailleurs, la fonction de surveillance déclenche une alarme "mesure saturée" si l'écart entre la température de la baie de mesure et la température de rosée mesurée est inférieur à une certaine valeur.

Les mesures sont réalisées séquentiellement toutes les 20 minutes sur chacune des lignes "casing " et "référence". Elles s'effectuent de la façon, suivante : lors du basculement sur la ligne "mesure", le système attend 5 minutes afin que les mesures se stabilisent puis il procède automatiquement aux acquisitions pendant 15 autres minutes. Ces mesures sont ensuite moyennées et stockées dans la mémoire du ordinateur. Le système bascule ensuite

automatiquement sur la ligne "référence", le cycle d'attente et de mesure se reproduit alors comme le montre la figure 4.

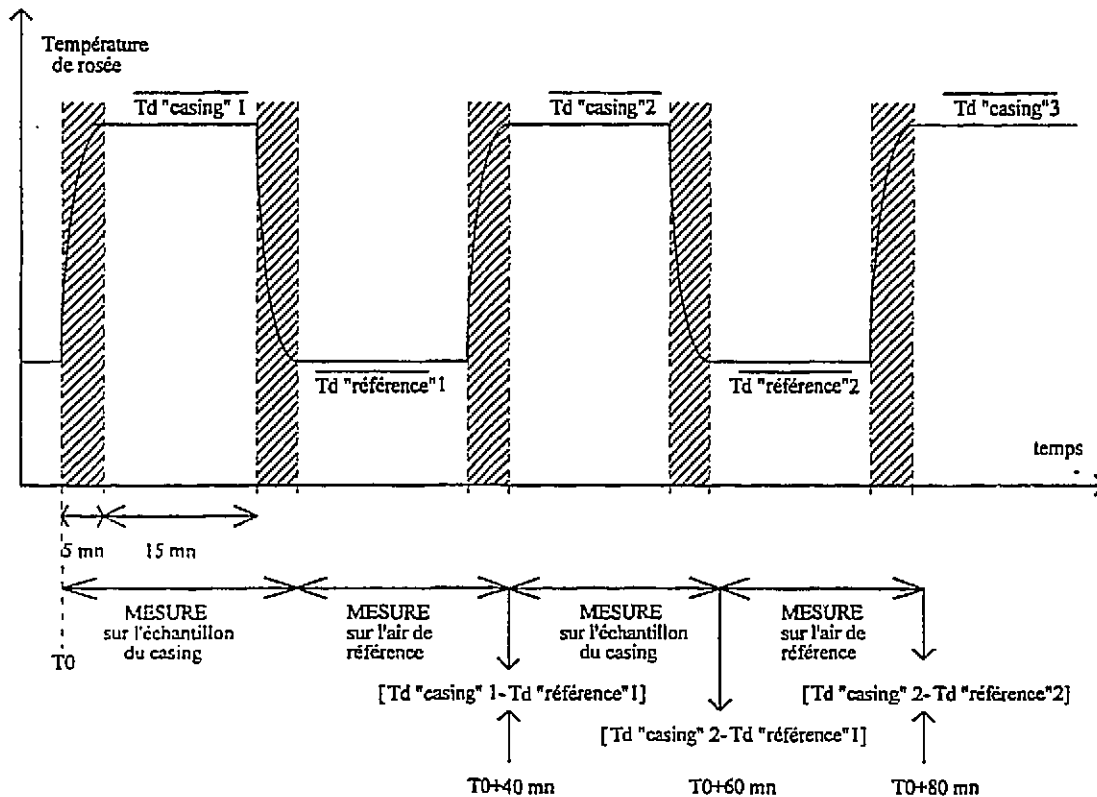


Figure 4 : Cycles de mesure de la chaîne hygrométrique

4. CIRCUIT DE PRELEVEMENT ET VERIFICATION DE SON EFFICACITE

Le circuit de prélèvement est indépendant du système de mesure. Il permet d'extraire de façon continue un échantillon de l'air circulant dans le casing pour être ensuite analysé. Cet échantillonnage doit être le plus homogène possible afin de détecter, dans les meilleures conditions, les fuites quelle que soit leur position au niveau du couvercle.

Le nombre et la répartition des prises de prélèvement du circuit, ainsi que l'équilibrage de leurs débits, assurent la bonne surveillance de l'ensemble des traversées.

La conception du circuit de prélèvement a été adaptée aux types de centrales et a évolué pour améliorer la représentativité du prélèvement

La figure suivante illustre un circuit de prélèvement.

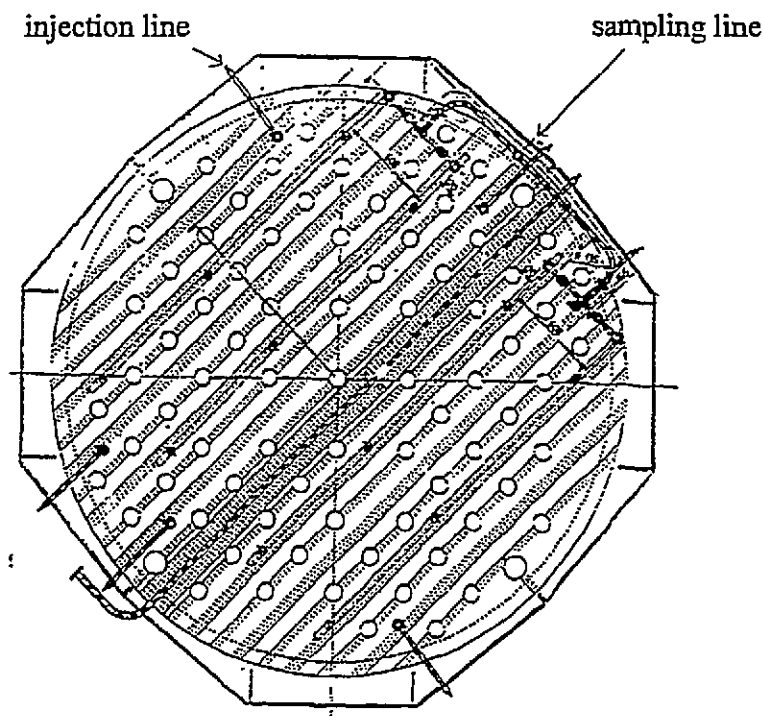


Figure 5 : Schéma d'un circuit de prélèvement

Pour l'ensemble de ces configurations, les rampes sont raccordées à une tuyauterie commune appelée "ligne de prélèvement casing".

Sur chacune des tranches concernées, une tuyauterie, appelée "ligne de référence", est installée. Elle achemine un échantillon d'air pris au voisinage du couvercle.

Le dispositif de détection de fuite par hygrométrie est installé à l'extrémité de ces lignes "référence" et "mesure". Il est actuellement implanté sur trois tranches 1300 MW : Paluel 1 et 4 et Saint-Alban 1 et est associé à un circuit de prélèvement à 12 prises.

Afin de pouvoir tester les performances effectives du circuit de prélèvement, des orifices d'injection de gaz sont aussi mis en place dans l'espace confiné. Ces orifices sont utilisés pendant des essais de qualification du circuit de prélèvement, pour simuler des fuites à diverses positions et calculer les performances effectives de ce circuit. Les fuites sont simulées à l'aide d'un gaz traceur à base d'hélium, dont on mesure ensuite par spectrométrie de masse la concentration dans le circuit de prélèvement.

Les tests hélium sont entrepris lorsque le circuit primaire est chaud (arrêt à chaud, par exemple), dans la configuration normale d'exploitation du circuit de ventilation du mécanisme de commande de grappes (RRM), afin de bénéficier de conditions aussi proches que possible de l'utilisation normale du circuit de prélèvement.

Ces essais ont pour but de caractériser l'ensemble "casing-prélèvement" installé sur les tranches concernées. En particulier on cherche à évaluer son efficacité et à estimer la répartition statistique du débit de balayage local due à la dispersion des vitesses d'air de balayage dans le casing.

Les essais réalisés permettent de déterminer la fourchette dans laquelle se situe le débit de balayage local en se fondant sur une répartition gaussienne des débits de balayage locaux calculés. Une valeur statistique maximale du débit en est déduite. Elle correspond à une position de la fuite pour laquelle la sensibilité du circuit de prélèvement est la plus mauvaise c'est à dire où la dilution (vitesse locale d'air de balayage) est maximale.

Les résultats d'essai à fin 1992, ont montré que les performances de l'ensemble "casing-prélèvement" sont globalement satisfaisants, par rapport au critère de débit de balayage statistique maximal fixé à 1500 m³/h.

A l'heure actuelle, ces tests sont systématiquement réalisés à l'installation de chaque système de détection de fuite et doivent être effectués à nouveau si des interventions nécessitant le démontage du casing sont effectuées :

- pour améliorer l'étanchéité du calorifuge,
- pour améliorer le circuit de prélèvement.

Les tests réalisés ont montré l'efficacité des mesures prises pour améliorer l'étanchéité du casing et ont permis de caractériser le circuit de prélèvement.

5. RETOUR D'EXPERIENCE ET CONCLUSIONS

Certaines difficultés apparues dans les premières semaines de fonctionnement (alarmes intempestives) ont nécessité des mises au point des chaînes hygrométriques. Depuis janvier 1993, leur fonctionnement n'a pas posé de problèmes particuliers.

Pour garantir le bon fonctionnement de ces chaînes dans le temps, des essais complémentaires ont été lancés afin d'apprécier l'incidence de l'encrassement du filtre sur leur performance.

Les résultats, connus fin 1992, n'ont pas montré d'incidence notable de l'encrassement du filtre sur la performance de la chaîne de mesure. Par ailleurs, le suivi des filtres de Paluel 4 et Saint Alban 1 a confirmé leur bonne tenue dans le temps.

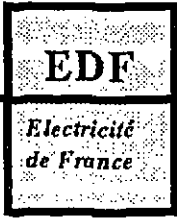
Durant les premier jours de fonctionnement de la chaîne hygrométrique de Saint Albann 1, de nombreuses alarmes "fuites" sont apparues. Ces alarmes étaient dues à une fuite goutte à goutte de l'évent de cuve. Après le remplacement de la vanne non étanche, ces alarmes ont

disparu. Cet évènement a montré, en tout cas le bon fonctionnement de la chaîne de détection.

Le test de la chaîne de mesure avec un générateur d'air humide étalon a été effectué avec succès sur Saint Alban 1 en 1992 et sur Paluel 1 en 1993.

En ce qui concerne la qualification de l'ensemble casing et dispositif de prélèvement, sa mise en oeuvre n'a pas posé de problèmes particuliers. Les résultats des mesures de débit de balayage ont montré que, dans près de 75% des cas, ils restaient en deça de 1500 m³/h.

Compte tenu du bon comportement des chaînes hygrométriques pour la surveillance de trois couvercles de cuve de tranches 1300 MW, il n'est pas actuellement prévu de les remplacer par des chaînes "azote 13", d'autant que cette modification induirait un coût élevé. Ces dispositifs de détection de fuite resteront encore en place quelques mois ou quelques années, le temps de remplacer les couvercles de cuve défectueux.



*Direction des Etudes
et Recherches*

*Service Information
Prospective et Normalisation*

CLAMART

Le 02/06/95

*Département Systèmes d'information
et de documentation*

*Groupe Exploitation
de la Documentation Automatisée*

1, avenue du Gal de Gaulle
92141 CLAMART Cedex
tel: 47 65 56 33

CEA

MIST/SBDS/SPRI
CENTRE DE SACLAY

91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

à l'attention de :

MEMOIRE TECHNIQUE ELECTRONIQUE

Cette feuille est détachable grâce à la microperforation sur le coté droit.

Référence de la demande : **F528192**

Votre commande :

Origine : **CATALOGUE DES NOTES DER**

Numéro du document : **95NB00031**

Titre : **DETECTION DE FUITES DE TRAVERSEES DE COUVERCLES DE CUVE PAR SURVEILLANCE HYGROMETRIQUE**

Auteurs : **GERMAIN J.L./LOISY F./APOLZAN S.**

Source : **COLL. NOTES INTERNES DER. PRODUCTION D'ENERGIE (HYDRAULIQUE, THE**
Serial :

Référence du document : **SANS**

Nombre de pages: **0023**

Nombre d'exemplaires : **001**

Support : **P**