

Direction R16

Etude	NF103 001	N° chrono direction	RXXX/n° AA-XXXX
Partenaires		N° contrat	

Titre	Cahier des charges technique Pré-industrialisation de la flair box		
Rédacteur(s) et appartenance	BERTHE Guillaume, ifpen		
Diffusion	Public	Date de diffusion	12/02/2025
Validation direction <i>Validation scientifique</i>	Olivier Vincke	Validation projet <i>Conformité aux besoins</i>	Lecointe Bertrand

--	--

Résumé GAEL (uniquement texte)

Table des matières

1	PRESENTATION GENERALE DU PRODUIT	3
1.1	LA FLAIR BOX, CONTEXTE DE DEVELOPPEMENT	3
1.2	FONCTION PRINCIPALE / MISSION DU PRODUIT	3
1.3	VERSION A INDUSTRIALISER	4
2	OBJECTIF DU PROJET INDUSTRIEL : DESIGN TO COST, PRE-SERIE, MISE EN PRODUCTION.....	5
3	ARCHITECTURE GENERALE.....	6
3.1	DESCRIPTION ET UTILISATION	6
3.1.1	COMPOSANTS PRINCIPAUX DE LA FLAIR BOX	7
3.1.2	FLUX / QUANTITE DE DONNEES	8
4	PERFORMANCES ATTENDUES	9
4.1	FONCTION PRINCIPALE :	9
4.2	CONDITIONS D'UTILISATION	9
4.3	AUTONOMIE	9
4.4	PRECISION/SENSIBILITE :	9
5	MATERIAUX ET TECHNOLOGIES	10
5.1	MATERIAUX A UTILISER.....	10
5.2	COMPOSANTS CRITIQUES ET ESTIMATIONS DES IMPACTS LIES A UNE VARIATION :	10
6	EXIGENCES DE FABRICATION / ASSEMBLAGE	11
7	DESIGN / ESTHETIQUE / ERGONOMIE	12
8	STRATEGIE PRODUIT / BUSINESS	13

1 Présentation Générale du Produit

1.1 La flair box, contexte de développement

La flair box a été développée au sein d'un projet de recherche et d'innovation d'ifpen sur la thématique du stockage géologique de gaz (CO₂ et CH₄). En station fixe ou en station mobile, l'idée était de traquer la moindre fuite au sol ou en air ambiant pour repérer, identifier et différencier les différentes sources potentielles dans l'environnement. Pour la différenciation des sources, nous avons spécialement développé un analyseur basé sur la spectrométrie d'absorption dans la gamme UV, pour élargir le panel de molécules monitorées et ainsi dresser des cartes d'identité des différentes sources de gaz dans l'environnement. L'analyse par spectrométrie UV large gamme permet de détecter des polluants (THT, NH₃, SO₂, 1,3-butadiène etc.) à des concentrations de quelques ppb (au milliardième) dans l'air ambiant.

Très vite, le projet s'est élargi à d'autres thématiques telles que la mobilité (impact des moteurs thermiques), la géothermie, les gaz du sol (gaz émis lors du dégel du permafrost),

Le projet est articulé autour de trois axes de recherche :

1. Développement de capteurs (analyseur gaz par spectrométrie UV) associé à d'autres capteurs tel que les lasers infra-rouges pour la mesure de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O), capteur de particules, station météo...
2. Développement de la web application de visualisation et de stockage des données et des interprétations, appelée flair map
3. Développement d'algorithmes
 - a. Algorithmes chimio-métriques (analyses des spectres du spectromètre UV, calcul de concentrations)
 - b. Algorithmes de remonter à la source (analyses des mesures de terrain afin de déterminer le point de fuite et son débit, calcul de dispersion de panache de gaz)

1.2 Fonction principale / mission du produit

La Flairbox est un analyseur de qualité de l'air, développé et assemblé par IFPEN. Il s'agit d'un appareil à l'état de prototype, déjà déployé chez un industriel en 8 exemplaires. La flair box rassemble plusieurs capteurs pour remplir ses objectifs :

- Spectromètre ultra-violet
- Station météo
- GPS
- Détecteur non-disperse infra-rouge
- Détecteur de particules (PM1, 2,5 et 10)

L'analyse par spectrométrie UV est le cœur de l'analyseur et permet de détecter des polluants (THT, mercaptans, etc.) à des concentrations de quelques ppb (au milliardième) dans l'air ambiant.

L'automatisation quasi complète et sa connexion au réseau GSM (3G/4G) permet un déploiement rapide et facile. Les données mesurées sont, sous réserve de connectivité 4G, remontées automatiquement au service cloud d'IFPEN Flair map. L'utilisateur peut ainsi visionner en temps réel les données à partir d'une tablette ou d'un pc.

Direction R16**1.3 Version à industrialiser**

La version à industrialiser correspond à la version 2 pouvant être utilisée en version fixe ou mobile c'est-à-dire équipée d'un harnais pour la transporter sur le dos.



La V2 de la flair box a été déployée sur un site industriel de stockage de gaz en version fixe, et mobile. Au total, ce sont 8 prototypes qui ont pu être évalués pendant 3 ans en condition terrain.

2 Objectif du projet industriel : design to cost, pré-série, mise en production

L'objectif de cette phase d'industrialisation est de challenger la version V2 (sac à dos) à différents niveaux :

- Corriger des aléas liés à la structure même de la cavité (déformations)
- Optimiser les dimensions
- Optimiser les coûts de fabrication
- Constituer le dossier pour le marquage CE

Une analyse critique du prototype a été réalisée faisant ressortir la nécessité de travailler les points suivants :

- Matériaux utilisés : Préconisations :
 - Reconception de la cellule optique pour limiter ses déformations
 - Utilisation de matériaux à faible coefficient de dilatation
- Design et assemblage :
 - La flair box doit être reconçue en îlots de fonctionnalité (mesure optique, électronique, batterie, communication)
 - Une platine de fixation permettant la rigidification de l'ensemble et un assemblage sur table (à l'extérieur de la valise)
 - Réadaptation du flux gazeux lié au changement design et à l'intégration optionnelle d'un capteur commercial dédié à la mesure de CH₄

A la suite de ces travaux, la production de 1 à 2 prototypes de série (proto B) sera alors réalisée afin de valider les performances en laboratoire et sur le terrain de la version reconçue.

3 Architecture Générale

3.1 Description et utilisation

La mesure de gaz dans la Flair BoxTM se fait via le principe optique de l'absorption optique spectrale différentielle (DOAS). Dans cette technique une source lumineuse envoie de la lumière à travers un volume d'échantillonnage. Les molécules modifient le spectre de la lumière, un spectromètre haute résolution enregistre la modification du spectre comme montré dans Figure 1. La forme du spectre est directement liée aux molécules dans l'échantillon. La hauteur des signatures est liée à la concentration via la loi Beer-Lambert.

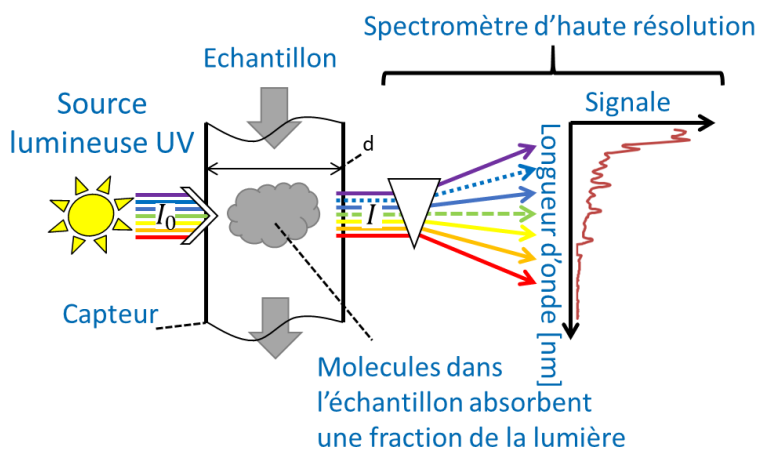


Figure 1 : Schéma de fonctionnement de l'analyse optique spectrale

La mesure de type DOAS étant une mesure différentielle, un spectre de référence (sans molécule anormale) doit être enregistré pour permettre une mesure en concentration absolue (phase de calibration).

Deux modes de fonctionnement sont alors opérés :

1. Mode de référence :

En mode référence (spectre zéro), l'air est aspiré à l'intérieur de la valise via un filtre neutralisant (tamis moléculaire) et envoyé vers la cavité.

La correction des drifts de la ligne de base se fait à chaque allumage, avec neutralisation des éventuels molécules et prise du spectre de référence (spectre zéro)

2. Mode échantillonnage :

En mode analyse (échantillonnage), l'air est aspiré via la bouche d'aspiration puis est acheminé directement vers la cavité avant d'être rejeté via l'évent, un filtre à particules permet de réduire l'encrassement de la cavité sur le long terme. Par défaut, une mesure est faite toutes les secondes.

Direction R16

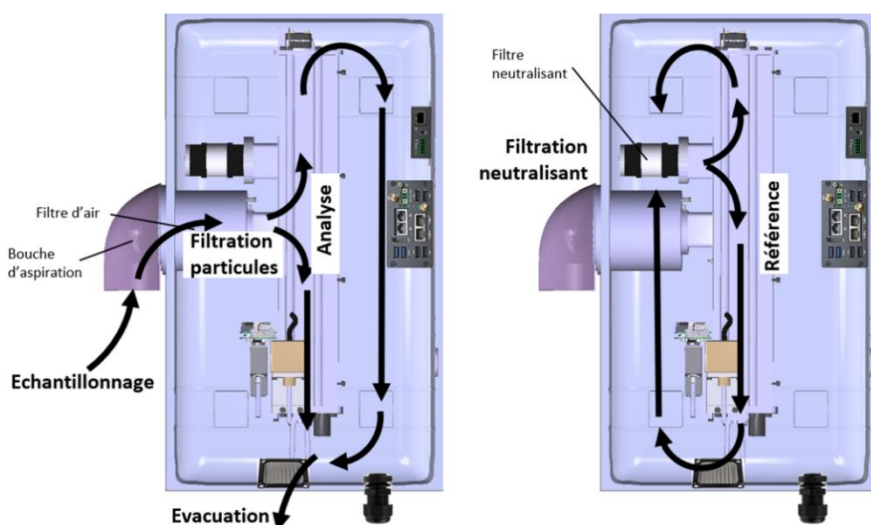


Figure 2 : Acheminement des fluides dans la Flair Box™ selon le mode de fonctionnement. Gauche : En mode mesure atmosphérique (échantillonnage) l'air est aspiré via la bouche d'aspiration, à travers le filtre et ensuite analysé. Droite : En mode de référence, l'air est aspiré via un filtre neutralisant (tamis moléculaire) qui piège les molécules et envoie un air « zéro » vers la cavité optique.

3.1.1 Composants principaux de la flair box

La Flair box est munie d'un bec d'aspiration qui protège l'entrée d'air de la pluie et des insectes. Le filtre à particules capte des particules fines qui peuvent à terme encrasser le système optique UV.

Pour réaliser la mesure du spectre de référence, un circuit secondaire avec un filtre neutralisant (tamis moléculaire) filtre tous les polluants.

Le capteur de la cavité optique héberge un jeu de miroir permettant au rayon UV de parcourir un chemin de 15 mètres afin d'atteindre une sensibilité au niveau du ppb (partie par milliard). Des fibres optiques amènent la lumière de la source UV à la cavité et inversement de la cavité au spectromètre.

Le microcontrôleur avec sa carte agrège l'ensemble de données du spectromètre, station météo et capteurs auxiliaires. Il permet la distribution de l'énergie aux composants de la Flair box. L'ensemble des données est transmis au mini PC pour le traitement et le stockage. Les données sont également envoyées via le routeur 4G au cloud IFPEN (cf. Figure 3)

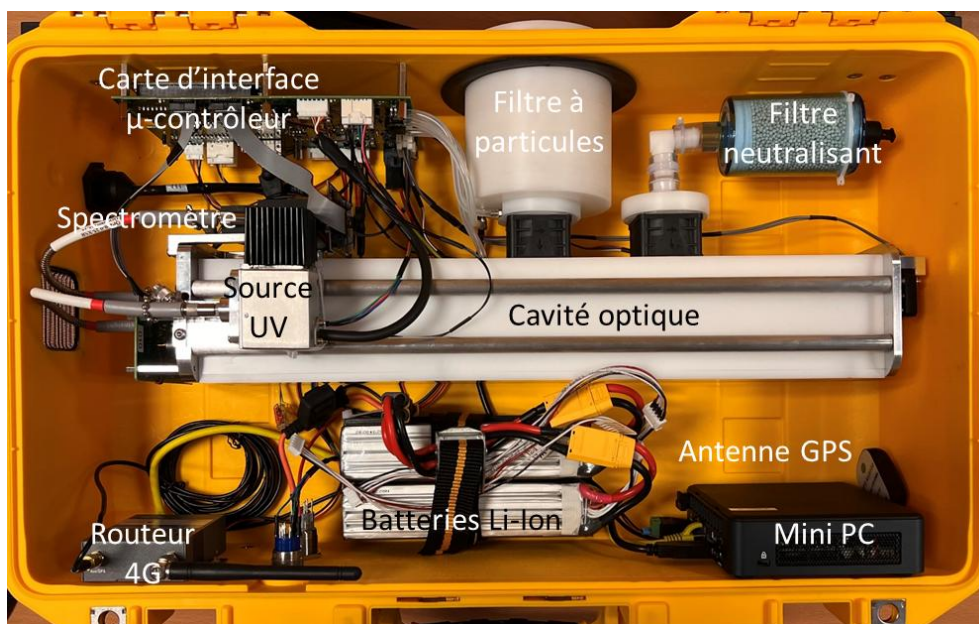


Figure 3 : éléments constituant la flair box type sac-à-dos

3.1.2 Flux / quantité de données

Flair Box utilise un réseau 4G avec une carte SIM pour l'envoi des données. La quantité de données utilisées dépend de la fréquence d'acquisition. Pour un fonctionnement mobile à une fréquence de 1 Hz, elle enregistre et consomme environ 10 Mo de données par heure. Lors d'acquisitions stationnaires sur une période prolongée, la fréquence d'acquisition est généralement plus basse, par exemple 1 mesure toutes les 10 minutes. Dans ce cas, elle consomme environ 15 Ko par heure, soit environ 360 Ko par jour.

4 Performances Attendues

4.1 Fonction principale :

- Fournir la concentration exacte des molécules gazeuses (calibrées)
- Associer ce point de mesure à un point GPS précis ainsi qu'aux données météorologiques
- Associer d'autres capteurs éventuels (particules, gaz à effet de serre (mesures infra-rouge)
- Envoyer les données dans un cloud via un routeur 4G, pour une visualisation temps réel

4.2 Conditions d'utilisation

Les flair box sont utilisées en station fixe (accrochées à un poteau), ou en station mobile (portée en sac à dos).

Elles sont utilisées pour des mesures de qualité de l'air en extérieur, 24/24 7/7 pour les station fixes.

Les box doivent donc résister à de fortes variations de température (ensoleillement, diurne/nocturne, liées au fonctionnement de l'électronique), aux intempéries et suffisamment robustes pour être déplacées facilement sans craindre un dysfonctionnement (résistante aux chocs).

4.3 Autonomie

Les flair box, lorsqu'elles sont fixes, peuvent être directement branchées sur secteur.

En station mobile, la flair box doit embarquer une batterie préalablement chargée, son autonomie doit être au minimum d'une journée de mesure (~ 8 heures)

La puissance maximale d'utilisation de la flair box est de 100 W.

4.4 Précision/sensibilité :

La précision de mesure est déterminée au préalable lors de la phase de calibration. Voir paragraphe dédié (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Cette précision peut être impactée par de nombreux paramètres, baisse de l'intensité du signal (soit causée par un désalignement du faisceau ou alors par une baisse de l'intensité lumineuse), interférents moléculaires dans le spectre d'absorption ...

5 Matériaux et Technologies

5.1 Matériaux à utiliser

Concernant les matériaux utilisés, plusieurs observations ont déjà été mises en relief :

- Déformations liées à la dilatation des matériaux (valise, guide d'air de la cavité ...)
- Poids de la valise (seule) > à 2kg

La flair box et les composants la constituant doivent être adaptés aux aléas climatiques et aux amplitudes thermiques (-20°C à +60°C°).

La masse est également un facteur à prendre en compte. Il faut la minimiser. Plus le matériau sera léger, plus la flair box sera facilement transportable.

Préconisations :

- Reconception de la cellule optique pour limiter ses déformations
- Utilisation de matériaux à faible coefficient de dilatation

5.2 Composants critiques et estimations des impacts liés à une variation :

Les composant critiques sont :

- Spectromètre
- Emetteur
- Fibres optiques
- Ventilateur
- GPS
- Station météo
- PC
- Connectiques

6 Exigences de Fabrication / Assemblage

- Nombre de pièces total estimé : **10**
- Temps cible d'assemblage (si connu) : **TEMPS DE MONTAGE ACTUEL DE LA VALISE (PROTOTYPE)**

Actuellement, l'assemblage nécessite 3 jours d'assemblage

L'ensemble des étapes est décrit dans la notice d'assemblage

- Accessibilité maintenance / démontabilité requise ? : **oui**

Le cœur de la flair box (miroir et faisceau) doit être facilement accessible pour effectuer les réglages (orientations des miroirs).

Une molette de réglage μ métrique serait appréciée pour ajuster l'alignement des miroirs.

Préconisations :

- La flair box doit être reconçue en ilots de fonctionnalité (mesure optique, électronique, batterie, communication)
- Une platine de fixation permettant la rigidification de l'ensemble et un assemblage sur table (à l'extérieur de la valise)
- Réadaptation du flux gazeux lié au changement design et à l'intégration optionnelle d'un capteur commercial dédié à la mesure de CH₄

7 Design / Esthétique / Ergonomie

- Contraintes esthétiques (forme, couleur, aspect visuel)

La flair box est sensible aux variations de température. Une couleur claire voire blanche serait idéale pour accentuer l'effet albédo et ainsi réduire l'impact de l'exposition au soleil

- Ergonomie utilisateur (interface, accessibilité, boutons, LEDs, connectique...)

Ergonomie : la flair box doit être de petite taille, légère et par conséquent facilement transportable

Allumage : le lancement de la mesure doit être un bouton on/off, un voyant lumineux doit indiquer que la flair box est en train de réaliser des mesures (hors séquençage AIR pur/blanc) quid d'un arrêt d'urgence ?

- Contraintes d'usage terrain (facilité d'installation, de remplacement, d'entretien)

Eviter les câbles électriques qui dépassent

Prise de données vent bien au-dessus de la tête

Prise d'échantillonnage air modulable (canne de prélèvement ou nez air ambiant)

Direction R16

8 Stratégie Produit / Business

- Volumes visés à court / moyen / long terme (prototype, pré-série, série) : par série de 10 exemplaires (lotissement à discuter)
- Prix cible (prix de revient unitaire souhaité) < 10 K€
- Stratégie de fabrication : sous-traitance puis ré-internalisation