

## ANNEXE A

### 1 DESCRIPTION DU LABORATOIRE MOBILE LIDAR DE COPARLY (DONNEES VILLE DE LYON)

---

#### 1.1 DESCRIPTION GENERALE DU CAMION MOBILE LIDAR 510M

Le réseau de surveillance de la qualité de l'air COPARLY (Comité pour le contrôle de la Pollution Atmosphérique dans le Rhône et la région Lyonnaise), association régie par la loi de 1901, possède depuis le 1<sup>er</sup> Mars 1999 un laboratoire mobile construit par la société Elight laser Systems GmbH. Il s'agit d'une société allemande spécialisée dans la création de Laser accordables Ti :Saphir ainsi que de LIDAR DIAL.

Ce camion mobile comprend :

- une station météorologique
- un SODAR
- un LIDAR DIAL

COPARLY est propriétaire de ce camion mobile, acquis avec l'aide de partenaires financiers tels que la Ville de LYON, la Région Rhône Alpes et enfin l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)

Ce camion mobile LIDAR 510M est bâti sur une camionnette RENAULT B110, ayant les caractéristiques suivantes :

- Longueur : 6 m
- Hauteur : 3,85 m
- PTAC : 5500 Kg
- PV : 5200 Kg



## 1.2 ALIMENTATION

Tension	Valeurs de branchement		
400 V	3 phases + Neutre + Terre		
	400 V $\pm$ 5%	17 kW	Prise CEE 32 A
230 V	1 phase plus conducteur neutre		
	230 V $\pm$ 5%	2000 W	Prise CEE 10 A

Enfin, un groupe électrogène tracté, d'une puissance de 18KVA, permet d'une part d'alimenter le laboratoire mobile, mais également le cas échéant une station complémentaire de capteurs fixes, rendant ainsi autonome l'équipement.

## 1.3 GESTION DES MESURES ET GEOPOSITIONNEMENT

Ce camion mobile et tous ses composants sont entièrement contrôlés par informatique, au moyen d'un poste de commande installé dans le véhicule (PC sous Windows98), utilisant un logiciel fondé sur une instrumentation virtuelle (LabVIEW). Ce pilotage informatique permet de gérer la station météorologique, le SODAR et enfin le LIDAR. Ce système permet également une prise de contrôle à distance via une connexion Internet, Ethernet, RTC ou encore GSM. Par ailleurs, un système GPS ainsi qu'un compas enregistrent en permanence le géo-positionnement du laboratoire mobile afin de permettre le géo-référencement de toutes les mesures et donc leur utilisation aisée avec un Système d'Information Géographique.

## 1.4 SPECIFICATIONS DE LA STATION METEO

Mesures effectuées (mat météorologique pneumatique permettant une mesure à 5m d'altitude):

- Température exprimée en °C, avec une précision de 0,1°C
- Pression exprimée en hPa, avec une précision de 0,1hPa
- Humidité relative exprimée en %, avec une précision de 1%
- Rayonnement global exprimé en  $W.m^{-2}$ , avec une précision de  $1W.m^{-2}$
- Luminosité exprimée en kLux, avec une précision de 100Lux
- Vitesse du vent exprimée en  $m.s^{-1}$ , avec une précision de  $0,1m.s^{-1}$
- Direction du vent exprimée en degrés, avec une précision de 1°

Intégration Temporelle: elle est fixée par le constructeur à 1min ; les mesures météorologiques sont donc effectuées toutes les minutes.

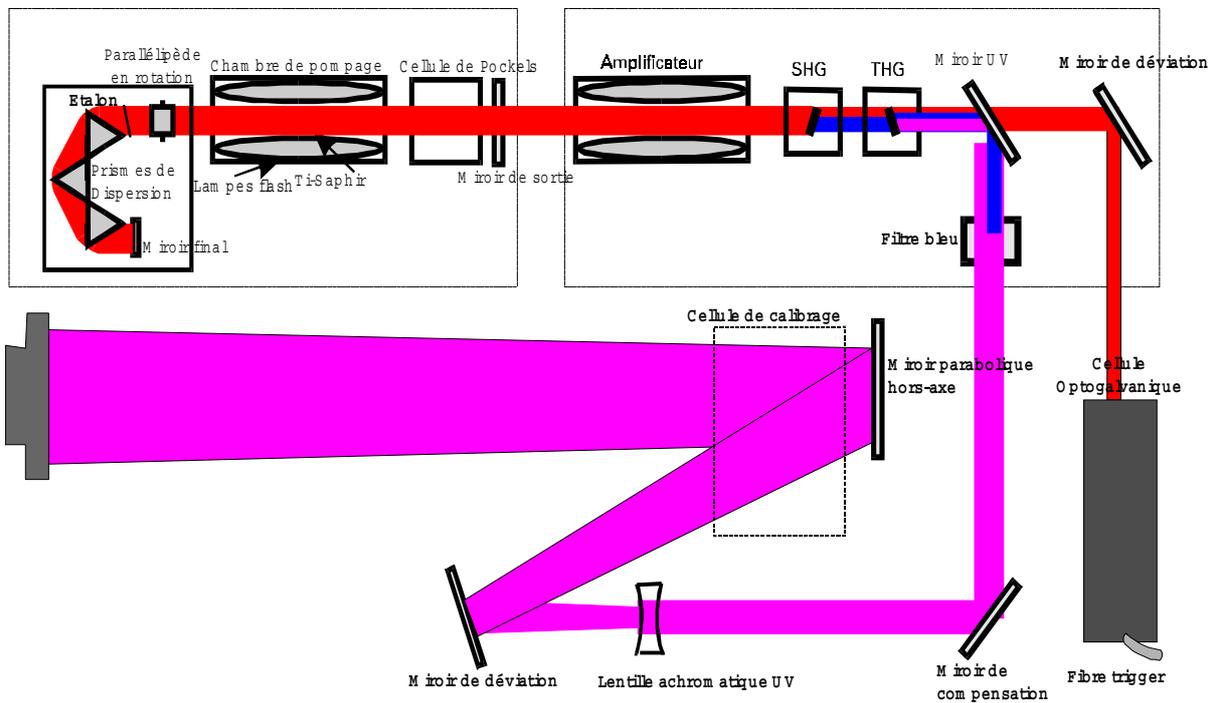
Orientation du mat météorologique: Le Nord géographique est repéré à l'aide du Compas (il est donné par l'orientation de l'avant du Camion avec le Nord)

Gestion : contrôle assisté par informatique. Un logiciel permet de visualiser et de récupérer les données sur le poste central.

Format des données : Fichiers de type ASCII, pouvant être très simplement traités avec un tableur standard.

Date	Températ.	Humid. Rel.	Pression	Ray Glob.	Luminosité	Direction	Vitesse
12/05/00 09:39	17,6	71	990	363	45,39	332	1,5
12/05/00 09:40	17,8	71	990	370	46,23	325	1,3
12/05/00 09:41	18	70	990	368	46,02	15	0,8
12/05/00 09:42	18,2	71	990	365	45,64	212	0,8
12/05/00 09:43	18,4	69	990	371	46,37	267	1
12/05/00 09:44	18,5	67	990	373	46,6	257	0,6

### 1.5 SPECIFICATIONS LIDAR (DONNEES CONSTRUCTEURS)



***Schéma de la partie Emission d'un LIDAR DIAL ELIGHT 510M***



***Photographie de la partie Emission d'un LIDAR DIAL ELIGHT 510M***

Polluants mesurés et sensibilité (données fournies par le constructeur) :

POLLUANT	$\lambda_{ON}$ (nm) données Elight	$\lambda_{OFF}$ (nm) données Elight	$\Delta\sigma^{(*)}$ ( $10^{-19}$ )	Energie Laser	Sensibilité VDI-DIN (***)	Portée moyenne	Portée maxi
<b>SO<sub>2</sub></b>	286.90	286.30	3.83	5 mJ	8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	2.5 km	4 km
<b>O<sub>3</sub></b>	282.40	286.30	9.92	5 mJ	2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	2 km	4 km
<b>NO<sub>2</sub></b>	398.30	397.20	1.15	25 mJ	18 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	3 km	5 km
<b>Toluene</b>	266.90	266.10	10.97	7 mJ	10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	1.5 km	4 km
<b>Benzène</b>	259.20	257.90	16.55	7 mJ	10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	1.5 km	4 km
<b>Aérosols</b>	397.50	397.50	0	25 mJ	0.05 $\text{Km}^{-1}$	2 km	5 km

Tableau donné dans les conditions SDTP : 273,15°K et 101 325 Pa

(\*) : Fournit à partir des analyses spectrales à une température donnée, elle est exprimée en  $10^{-19}\cdot\text{cm}^2$

(\*\*) : la sensibilité exprime la limite de détection, conformément à la norme VDI DIN 4210 (intégration spatiale sur 1000 mètres et intégration temporelle sur 15 minutes).

(\*\*\*) : Déterminées lors des évaluations LIDAR, suivant la norme X20-300 appliquée aux instruments à long trajet optiques.

Type de LIDAR	DIAL (LIDAR à Absorption Différentielle)
Polluants détectés:	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , ozone, toluène, benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{km}$ ) Aérosols (Extinction)
Limite de détection conventionnelle (intégration sur 1km, selon VDI-DIN 4210):	SO <sub>2</sub> : 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{km}$ NO <sub>2</sub> : 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{km}$ Ozone: 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{km}$ Toluène: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{km}$ Benzène: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{km}$ Aérosols: 0.05 $\text{km}^{-1}$
Portée conventionnelle (selon VDI-DIN 4210):	SO <sub>2</sub> : 2200 m NO <sub>2</sub> : 2500 m Ozone: 2100 m Toluène: 1700 m Benzène: 1600 m Aérosols: 3000 m
Point Opérateur de début de mesure:	250 m
Résolution spatiale maxi:	7,5 m
Résolution temporelle:	La résolution temporelle est limitée par la précision désirée sur la mesure brute et par la limite de détection. Typiquement, les intervalles de temps entre chaque mesure se situent entre une minute et une heure. Lors d'un balayage, le temps de mesure dépend, en outre, du nombre d'angles de mesure (permettant d'obtenir ainsi une résolution angulaire plus ou moins précise). Un balayage de 90° dure environ 15 minutes. La norme VDI-DIN 4210 préconise des temps d'intégration caractéristiques : 1min et 15min. Les limites de détection ci-dessus sont données avec un temps d'intégration équivalent à 15min.

**Caractéristiques du LIDAR 510M ELIGHT : Données Constructeur**

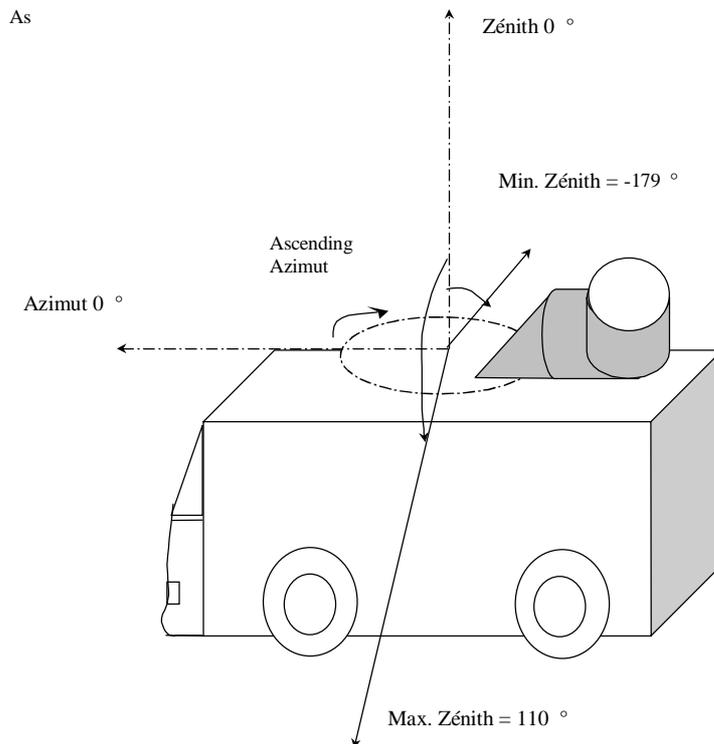
Résolution spatiale maximale : 7,5 m. Cette limitation correspond principalement à la durée d'impulsion du laser (25ns) ainsi qu'à l'électronique d'acquisition du système.

Résolution spatiale optimale : à fixer selon le polluant détecté, conformément à la norme VDI-DIN 4210 et également en fonction du rapport Signal/Bruit à la distance considérée. Dans la pratique, elle dépend de l'intégration temporelle effectuée et elle évolue donc avec la distance. Enfin un balayage angulaire permet d'obtenir une meilleur résolution, par interpolation spatiale.

Point opératoire de début de mesure : 300 m en configuration normale, mais on peut également accéder à un point opératoire de 130m, en configuration rapproché. Cette dernière configuration, dite « à distance rapprochée », entraîne une baisse de la sensibilité d'un facteur 2, ainsi qu'une distance maximale de mesure qui n'excédera que très rarement 1500m.

Résolution temporelle : elle est limitée par la précision désirée sur la mesure et par la limite de détection (plus le temps de mesure est long, plus la limite de détection est faible). Les valeurs du tableau de caractéristiques du LIDAR sont données pour une intégration spatiale de 15 minutes. A titre d'indication, une mesure dans une direction nécessite 2 à 3 minutes ; soit, pour un profil angulaire de 180°, une quarantaine de minutes lorsqu'il se décompose en 20 directions (coupe angulaire Est-Zénith-Ouest).

Directions de tir : elle couvre 340° en azimut (couverture angulaire horizontale) et 180° en élévation (couverture angulaire verticale) : toutes les directions situées au dessus de l'horizon sont donc couvertes. Cette gestion angulaire est entièrement pilotée par informatique.



Format des données : une cartographie LIDAR se présente sous la forme d'une matrice ASCII, compatible avec les principaux utilisateurs de données LIDAR (une norme de présentation des résultats LIDAR a été mise en place au niveau Européen, lors de la très large campagne de mesure BERLIOZ1999). Chaque mesure est complétée par sa précision

(également sous la forme d'une matrice ASCII). L'exemple ci-dessous donne un aperçu du format ASCII des données LIDAR.

```

Manufacturer:  Elight Laser Systems
Instrument:    Lidar 510M
Observable:   Concentration of SO2
Scantype:     Vertical Scan
Location:     Spandauer Straße
Direction:    -> Rathaus
SourceFile:   970613s0.09
StartTime:    13.06.1997 17:54:07
EndTime:      13.06.1997 18:06:56
StartX:       -1000 m
StepX:        20 m
NrOfColumns:  51
StartY:       1000 m
StepY:        -20 m
NrOfRows:     51
Unit:         ug/m3
MaxRange:     1000 ug/m3
InvalString:  -99.9
Delimiter:    Tab
ColumnsToSkip: 0
RowsToSkip:   0

-99.9 -99.9 269.4 277.2 285.0 291.6 294.8 -99.9 -99.9 -99.9...
-99.9 -99.9 285.2 293.8 302.4 310.5 317.6 321.2 318.0 306.9
-99.9 -99.9 296.4 306.9 317.4 326.9 333.9 340.1 342.8 339.9
-99.9 -99.9 299.7 312.5 324.7 336.2 346.6 354.2 360.5 354.1
-99.9 -99.9 293.5 307.1 322.4 341.7 356.8 367.0 374.4 380.6
-99.9 -99.9 296.4 306.9 317.4 326.9 333.9 340.1 342.8 339.9
-99.9 -99.9 285.2 293.8 302.4 310.5 317.6 321.2 318.0 306.5
-99.9 -99.9 296.4 306.9 317.4 326.9 333.9 340.1 342.8 329.9
-99.9 -99.9 299.7 312.5 324.7 336.2 346.6 354.2 360.5 364.1
...

```

Le fichier contient tout d'abord 22 lignes d'entête qui reproduisent les paramètres d'analyse tels que :

- le type d'appareil,
- le polluant mesuré,
- la position du Lidar,
- le fichier Lidar source
- la Date et les heures de début et fin de mesure,
- des informations sur la matrice elle-même.

Les colonnes de la matrice représentent la distance. La valeur StartX indique la distance pour la première colonne, les autres distances peuvent être déterminées avec la valeur StepX (par ex. StartX = -1000 m et StepX = 20 m → distance X pour la 2ème colonne = -980m).

Les lignes de la matrice représentent la hauteur. La valeur StartY indique la hauteur pour la première colonne, les autres distances peuvent être déterminées avec la valeur StepY (par ex. StartY = 1000 m et StepY = 20 m → hauteur Y pour la 2ème colonne = 980 m).

La valeur indiquée sous "InValString" dans Header est indiquée s'il n'y a pas de résultats valables. Pour les analyses de concentration, cette valeur s'élève à "-99.9", pour les analyses d'extinction à "-9-999".

Enfin, les colonnes sont séparées par des blancs et non pas par des tabulateurs.

Il est possible de traiter ensuite les résultats en utilisant un tableur standard (type Excel). D'autre part un module de visualisation permet d'obtenir des cartes de concentrations pour le polluant considéré, sous la forme d'une image de type BMP.

## 1.6 SPECIFICATIONS SODAR

Modèle Commercial : SODAR PA2 fournit par la société REMTECH SA

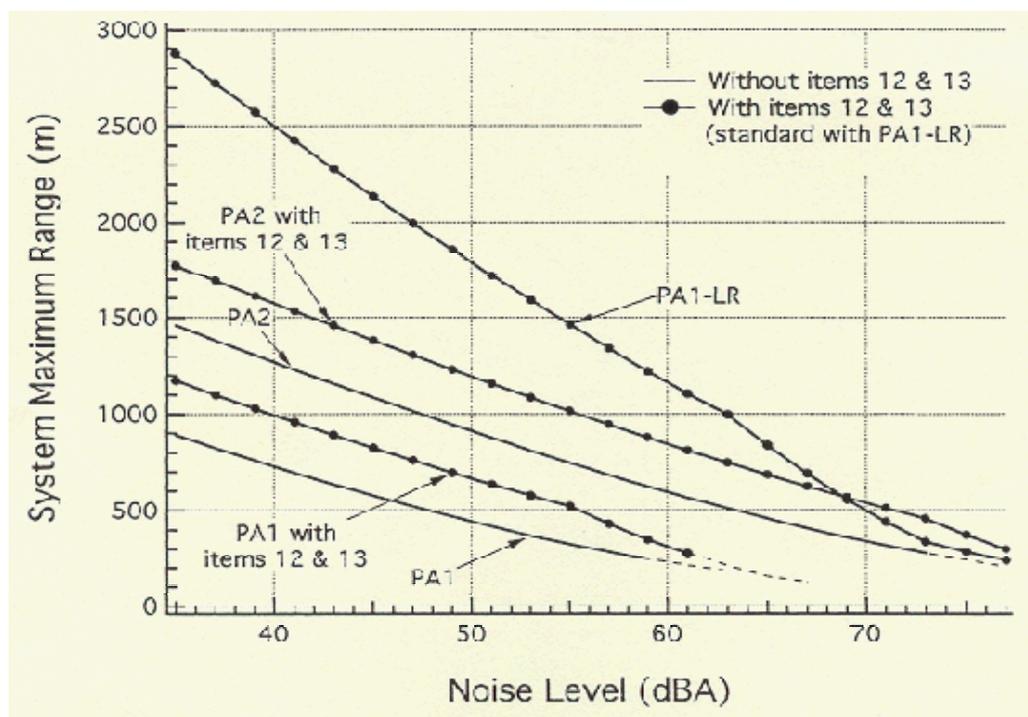
Caractéristiques Electriques : La Puissance est inférieure à 1KW, sous une tension nominale de 220V ± 5% et une prise au format 16A de type 1Phase+Neutre+Terre.

Dimension : Environ 1,5 \* 1,5 m<sup>2</sup>

Poids : 100Kg, séparable en 4 modules de 25Kg chacun

Résolution spatiale : La résolution spatiale verticale est de 50 m. La première mesure est donnée à 50m d'altitude, correspondant donc à l'intégration de 0 à 50m.

Portée courante : La figure ci-dessous montre l'évolution de la portée des différents systèmes SODAR, en fonction du bruit ambiant. On observe dans notre cas (PA2), une portée maximale de l'ordre de 900m en présence d'un bruit de 45db et de l'ordre de 900m en présence d'un bruit de 60db. On constate donc que l'on peut également obtenir une portée de 1500 m d'altitude, en situation optimale, i.e. lorsque le bruit de fond est de 40 dB et le site très dégagé. L'expérience montre que des mesures sont obtenues jusqu'à des altitudes variant entre 700 m (le jour) et 1000 m (la nuit), lorsque l'intégration temporelle est de 15 minutes., ce qui est cohérent avec la figure ci-dessous.



**Evolution de la portée du SODAR en fonction du bruit : Données REMTECH SA**

Résolution temporelle : limitée par la précision désirée sur la mesure et par la limite de détection (plus le temps de mesure est long, plus la limite de détection est faible). Pour indication, une mesure intégrée sur 15 minutes permet d'accéder à une altitude moyenne de l'ordre de 800 m.

Direction de tir : la mesure effectuée est un profil vertical (Zénithal), à l'aplomb du SODAR.

Sensibilité et précision des mesures :

- *Vitesse Horizontale* : de 0 à 30 m.s<sup>-1</sup> avec une précision de 3%
- *Vitesse Verticale* : de -4m.s<sup>-1</sup> à 4m.s<sup>-1</sup> avec une précision < 5.10<sup>-2</sup> m.s<sup>-1</sup>
- *Direction* : <3° pour des vitesses de vent supérieures à 2 m.s<sup>-1</sup>

Format des données : Le SODAR, construit par la société REMTECH SA, fournit des données ayant un format semblable à celui de EDF ou encore à celui de Météo France. Un module d'export a été développé en interne, afin d'obtenir des résultats sous la forme de fichiers textes de type ASCII, utilisables avec un tableur standard.

L'exemple ci-dessous montre le résultat d'une mesure SODAR effectuée le 27 Juillet 1999 à 09 :00 TU. Des mesures validées sont obtenus jusqu'à une altitude de 800m.

1. Altitudes exprimé en mètres
2. Qualité de la mesure
3. Vitesse horizontale du vent (SPEED) en cm.s<sup>-1</sup>
4. Direction (DIR ) exprimée en °
5. Sigma sur la Direction du vent exprimée en °
6. Vitesse verticale (W) exprimée en cm.s<sup>-1</sup>
7. Sigma sur la vitesse verticale du vent, exprimée en cm.s<sup>-1</sup>
8. Evaluation de l'altitude de la couche d'inversion (Option)

```

BL# MONTH DAY YEAR HOUR MIN VAL1 VAL2 VAL3 VAL4
 221  7  27 1999  9  0 6059 8250 3545  0
SPU1 SPU2 SPU3 SPU4 NOIS1 NOIS2 NOIS3 NOIS4 FIXEC
  2  4  1  0  26  57  44  0 2568
ALT CT**2 SPEED DIR S DIR  W  SW INVMI
1000 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
 950 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
 900 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
 850 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
 800 1280 497 146  7 -31  27 -9999
 750 1315 520 145  7 -25  33 -9999
 700 1343 551 146  9 -22  38 -9999
 650 1413 582 150 11 -17  41 -9999
 600 1444 616 153 12 -11  38 -9999
 550 1472 649 155 11  -8  32 -9999
 500 1544 682 156 10  -9  26 -9999
 450 1553 720 157  9  -9  23 -9999
 400 1519 754 159  9  -2  29 -9999
 350 1848 760 160 11  11  40 -9999
 300 1993 711 162 14  22  48 -9999
 250 2093 603 162 16  28  49 -9999
 200 2389 476 159 17  28  44 -9999
 150 1663 366 154 19  23  38 -9999
 100 1314 289 147 25  14  38 -9999
  50  789 235 142 34  2  42  0
    
```