

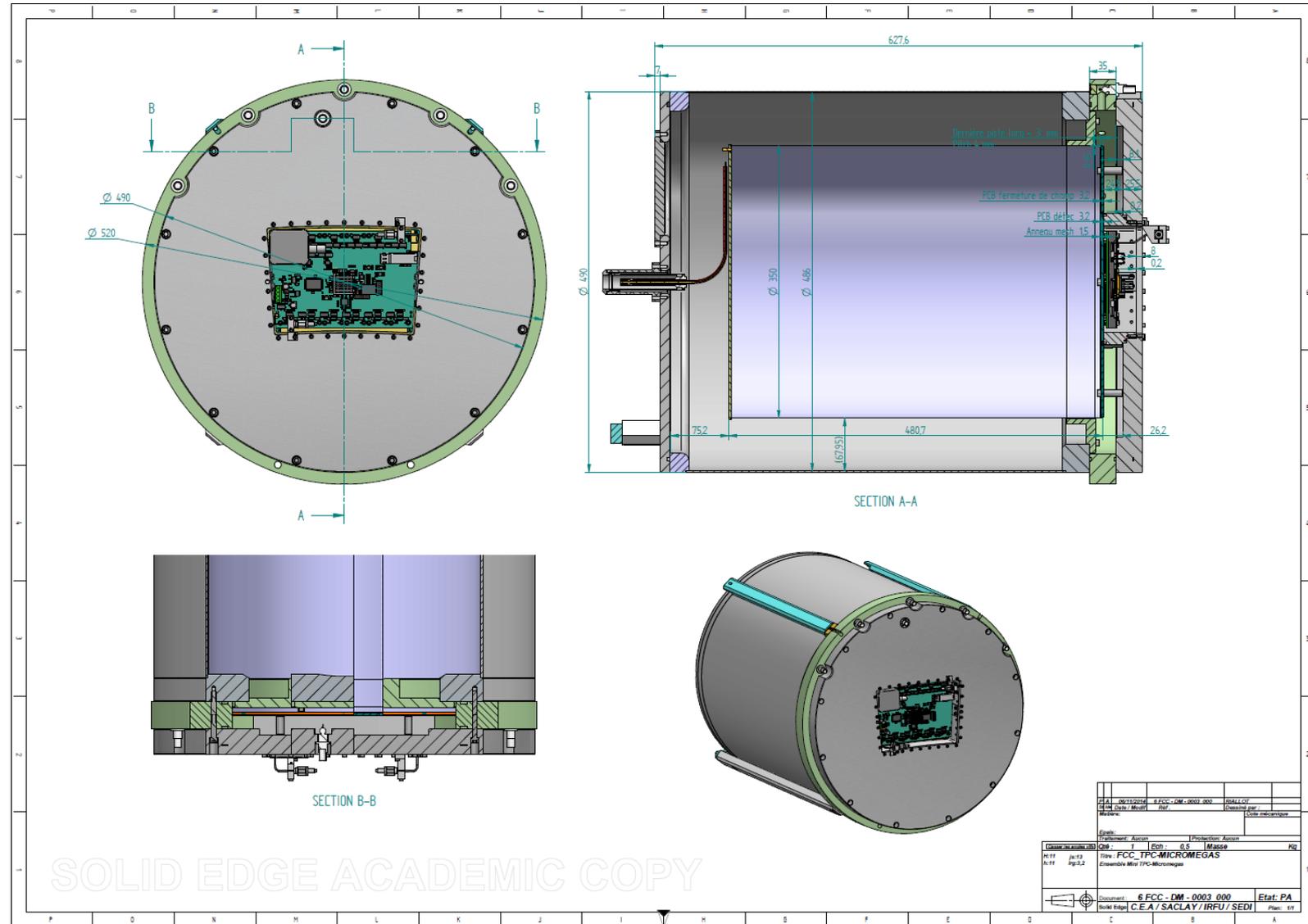
# Lampe UV pour Mini TPC

David, Philippe, Fabrice, Boris, Sergei...

# Rappel du projet

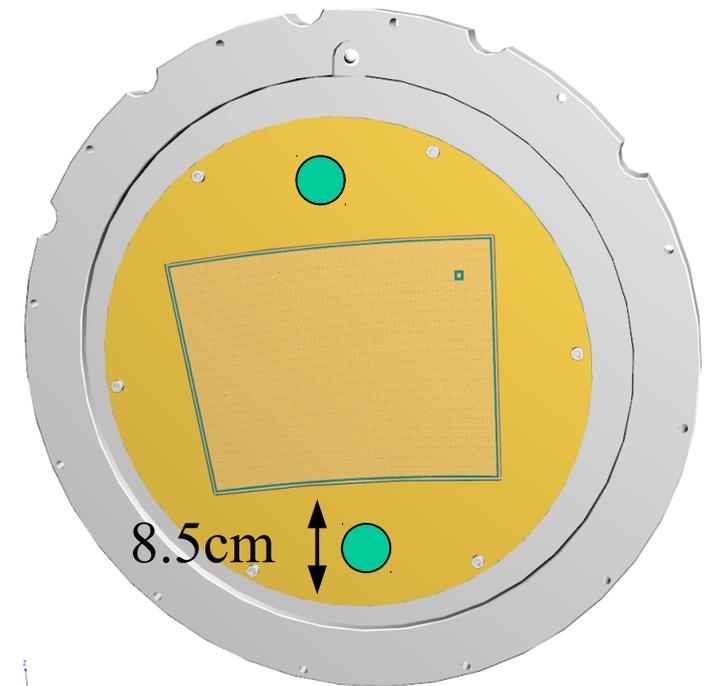
# Proto TPC

- Remise en fonctionnement d'un proto de TPC + modules micromegas
- (CF slide de David 9/12/14 <https://indico.cern.ch/event/356701/> )



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

- Objectif :
  - création d'une charge d'espace par l'accumulation des ions dans l'espace de dérive
  - Etude de la reconstruction des traces cosmiques en présence de cette charge d'espace
- Fonctionnement
  1. Eclairage UV pour effet photoélectrique sur plaque d'aluminium au fond de la chambre
  2. Dérive des électrons et amplification micromegas
  3. Retour des ions positifs dans l'espace de dérive
- Problème posés techniques:
  - quelles lampes UV
  - fenêtre en quartz ? dimension ?



# Liste de questions:

- Combien de temps pour créer la charge d'espace ?
- Quelles quantités de charge ?
- Quelles lampes pour le rôle
  - Cycle (temps) de fonctionnement ?
  - Puissance nécessaire ?
    - Absorption des UV dans l'air ?
    - Absorption par la matière de la fenêtre ?

- Le temps de dérive des ions
  - Longueur de la chambre  $\Delta z = 48$  cm
  - Champs typique d'une TPC : 150 V/cm (Eg 115 V/cm dans Aleph)
  - Mobilité des ions isobutane:  $1.56 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$   
→ Vitesse de dérive:  $230 \text{ cm.s}^{-1}$
- **T = 200 ms !!**

Table 4

Experimental mobilities of several ions in different gases, at normal conditions<sup>20)</sup>

Gas	Ions	Mobility ( $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{sec}^{-1}$ )
Ar	$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2^+$	1.51
IsoC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2^+$	0.55
$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2$	$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2^+$	0.26
Ar	IsoC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> <sup>+</sup>	1.56
IsoC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	IsoC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> <sup>+</sup>	0.61
Ar	CH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.87
CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2.26
Ar	CO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1.72
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1.09

Sauli  
Cern 77-09

- Trois fonctionnements possibles:
  1. Eclairage en continue
    - peut-on voir des traces cosmiques dans ces conditions ? Il semble que non
  2. On éclaire pendant 200 ms, puis on prends des cosmiques pendant  $T \ll 200$  ms.
  - 2 Fonctionnement/remplissage intermittent rapide
    - Eg éclairage pendant 1ms, puis prise de données pendant 2ms
    - Avantage = régime permanent avec cycle utile de 66% et création d'une charge d'espace "quasi continue"
      - → est-ce suffisamment « quasi » ?

# Quantité d'ions à créer:



- Slides de Philippe et Sergei 5/11/14  
<https://indico.cern.ch/event/350279/>

- Ramené à notre volume de détection:

- Modules micromegas ~ 17cm \* 23 cm ,  $\Delta z$  TPC =48cm
  - Détecteurs type ILC réelles: ~ R=180cm -23cm  $\Delta z=235$  cm
  - $V_{\text{mini}}/V_{\text{reel}} = 17*23*48 / (\pi*(180-23)^2*235) = 10^{-3}$
- ====>  $0.6 \times 10^6$  ions dans notre mini TPC en ~ 200ms

## How much charge in a FCC-ee/Tlep TPC ?

- Remember ILC :  $0.66*10^9$  Ions
- From visible Z decays : average track length\*trigger rate\*drift time\*charge reduction factor\*Nion/cm= $1511*19220*0.37*0.6*40=$   
 $0.26*10^9$  Ions (B=0)  
 $0.48*10^9$  Ions (B=1.5T)  
 $0.70*10^9$  Ions (B=3.5 T),  $2.8*10^9$  Ions backflow
- From Bhabhas :  $162*33600*0.37*0.6*40=$   
 $0.04*10^9$  Ions

- Nombre de photoélectrons à créer par la lampes UV !
  - Amplification micromegas  $\sim 3 \cdot 10^3$
  - taux de retour des ions  $\sim \text{champs\_derive} / \text{champs\_micromegas}$   
 $\sim (150 \text{ V/cm}) / (40 \cdot 10^3 \text{ V/cm}) \sim 4 \cdot 10^{-3}$
- Un électron dérive donne  $3 \cdot 10^3 \times 4 \cdot 10^{-3} = 12$  ions qui retourne dans l'espace de dérive
  - NB le chiffre de philippe était de 0.6 !!
  - Philippe a délibérément choisi un nombre petit et optimiste, qui serait le résultat d'une R&D dédiée
  - Le fait d'avoir un retour grand avec le setup actuel est un atout pour nous car cela permet de remplir plus facilement la TPC avec des ions

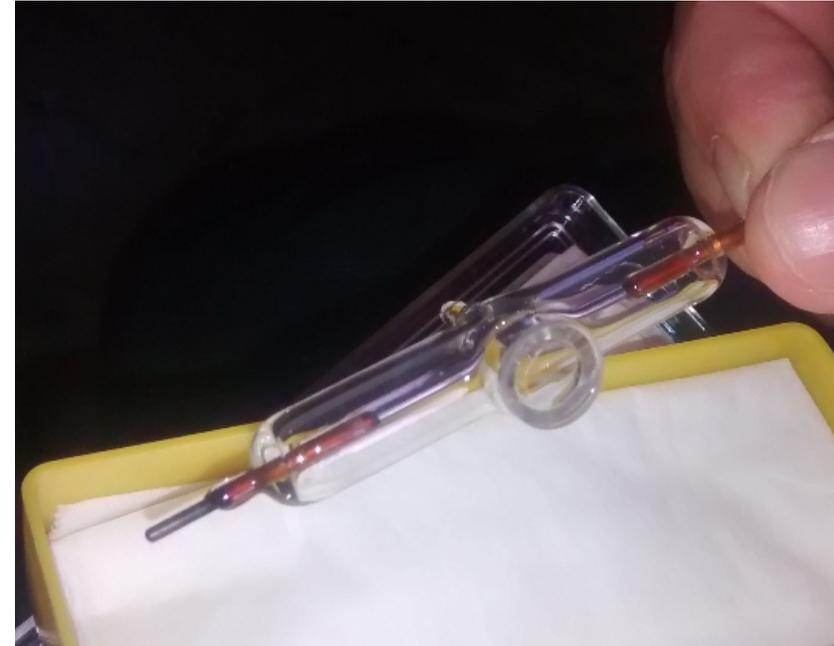
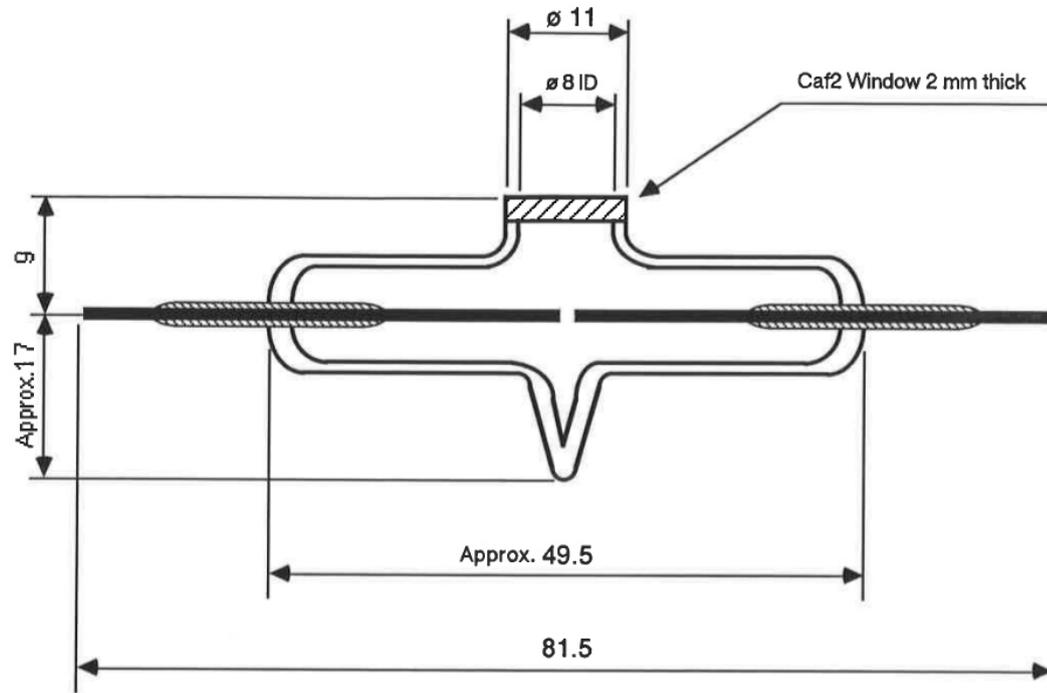
==> Il faut créer jusqu'à  $0.6 \times 10^6 / 12 \sim 0.5 \cdot 10^5$  photoelectrons toutes les 200ms

On retient le chiffre de 250 photo-électrons/ms en moyenne

# « flash tube » solution technique viable ?

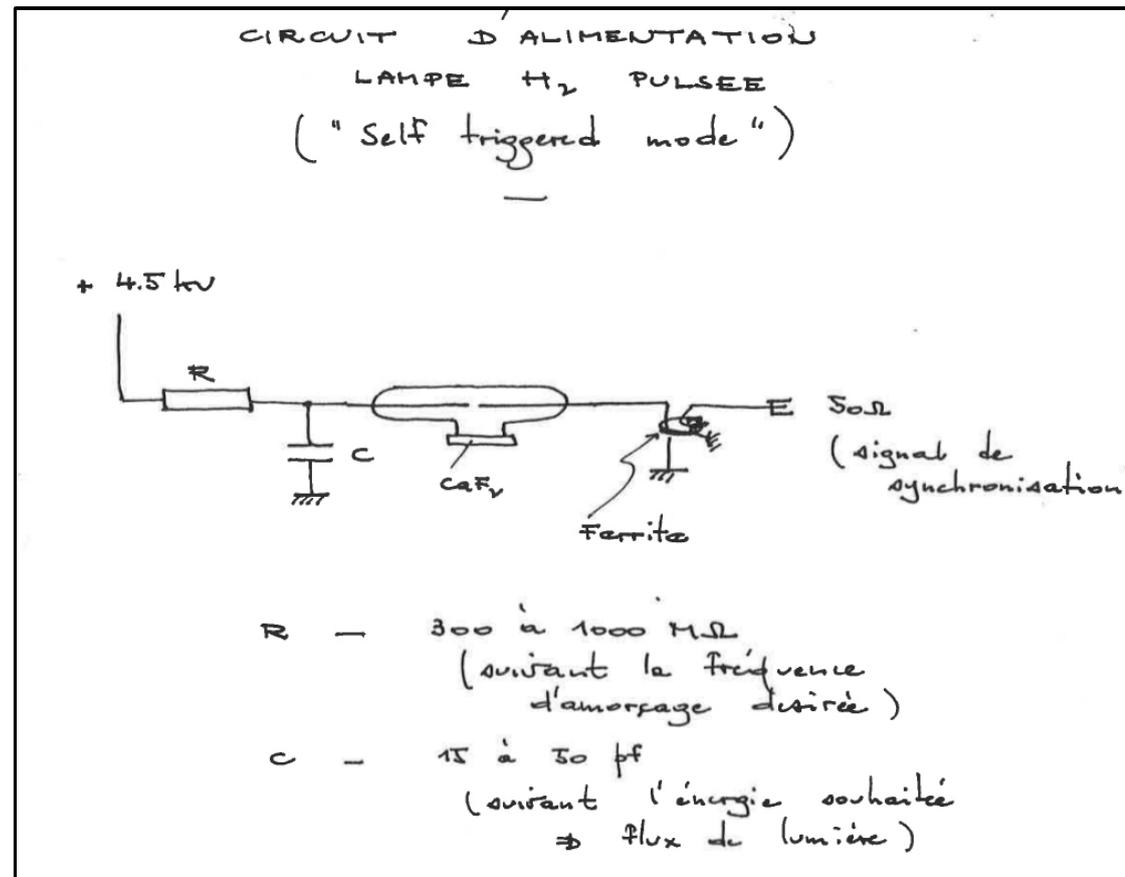
- Achat d'une lampe "flash tube" hydrogène au CERN (la dernière du genre)
- Fenêtre en  $MgF_2$

STANDARD HYDROGEN FLASH TUBE



# Une lampe pulsée

- Temps typique de charge/décharge  $RC = 300 \cdot 10^6 * 15 \cdot 10^{-12} = 4.5 \text{ ms}$
- On doit pouvoir descendre à  $\sim 1 \text{ ms}$ .



- Si on prend 50% de cycle utile, ( 1ms de flash, 1ms de prise de données): il faudrait que cette lampe crée  $0.5 \cdot 10^3$  photo-électrons utiles par pulse

D'après Ioannis (qui a déjà utilisé ce genre de lampe pour le rich de Delphi).

- $10^7$  photons par pulse.
  - Facteur géométrique
    - Angle solide /  $4\pi \sim 20 \times 20 \text{ cm}^2 / 48 \times 48 \text{ cm}^2 / 4\pi = 0.014$
  - Spectre de la lampe
    - Le spectre de la doc de la lampe est faux d'après Ioannis
    - NB seuil d'ionisation de l'alu  $\sim 280 \text{ nm}$
  - Rendement quantique
    - Dépend du spectre émis
    - A la louche 1% ce serait déjà super.
- $1.4 \times 10^3$  photo-électrons par pulse
- Tout juste suffisant
  - Mais c'est sans compter
    - l'absorption dans l'air (oxygène coupe  $\lambda < 200 \text{ nm}$ ) Combien de photon reste-t-il ??
    - Et surtout la fenêtre en quartz !! Fenêtre en  $\text{MgF}_2$  ??

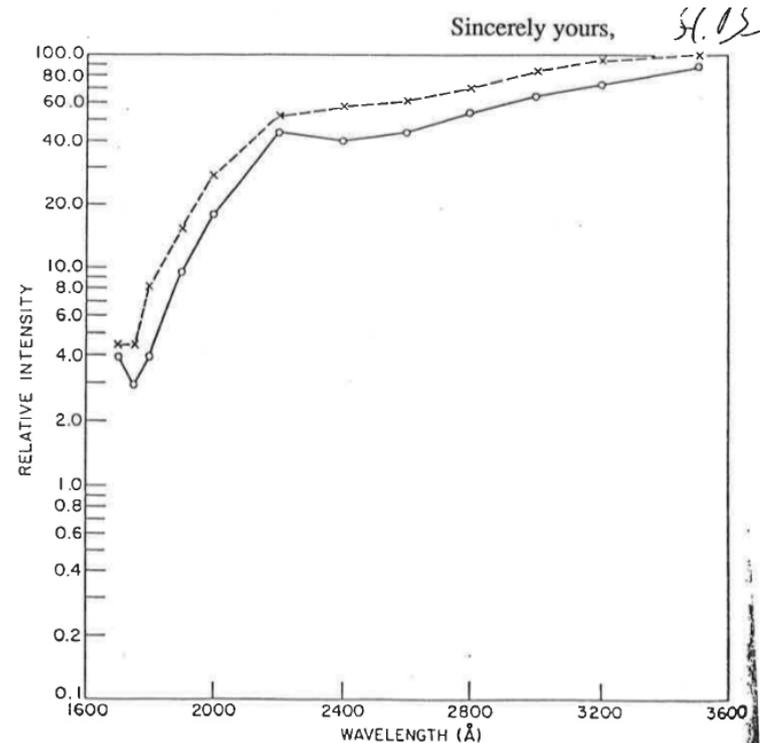
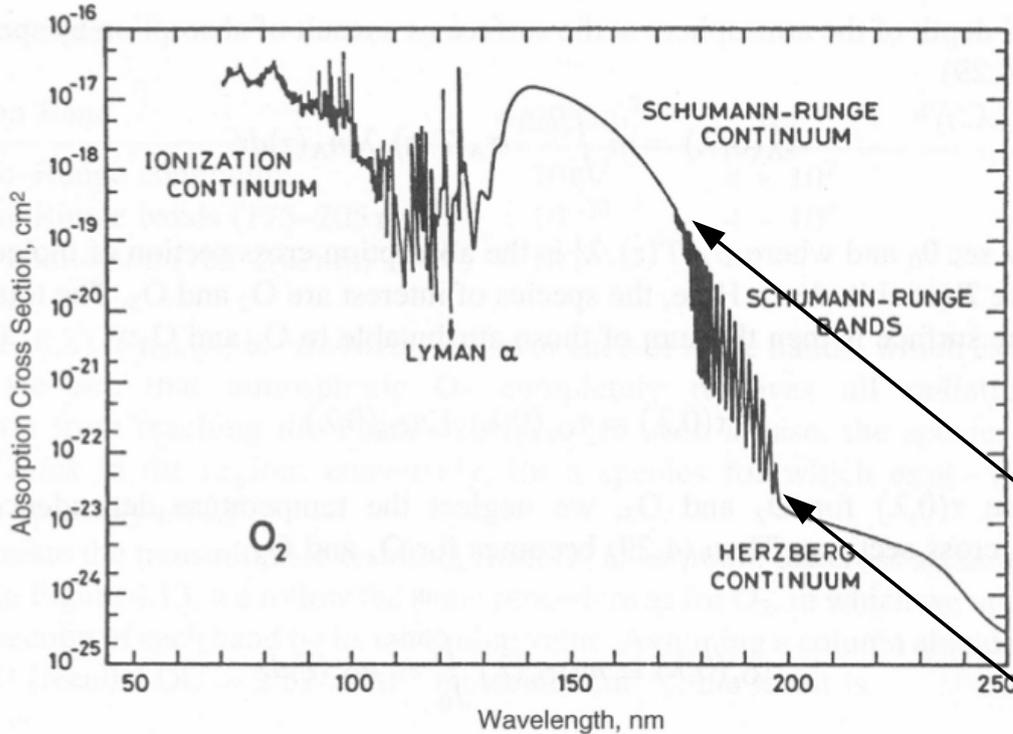


FIG. 4. Relative intensity distribution as a function of wavelength for lamps with a gap of 1 mm, a gas pressure of 12 cm Hg, and voltage of 5000 V. The upper curve is for a deuterium-filled tube and the lower for a hydrogen-filled tube.

## UV Absorption Spectra for Molecular Oxygen



From John H. Seinfeld and Spyros N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006.

- Air: 22.4 l/mol, 20% d'oxygène,  $N_{\text{Avogadro}} = 6E23 \text{ mol}^{-1}$
- $\rightarrow 0.2 * 6E23 / 22.4E3$   
 $N = 5 \cdot 10^{18} \text{ O}_2 / \text{cm}^3$

- Libre parcours  
 $L = 1 / N \sigma$

$L = 2 \text{ cm}$

$L = 200 \text{ m}$

# Lampe commerciale (1)

Utilisée au SEDI par exemple (tests forfire)

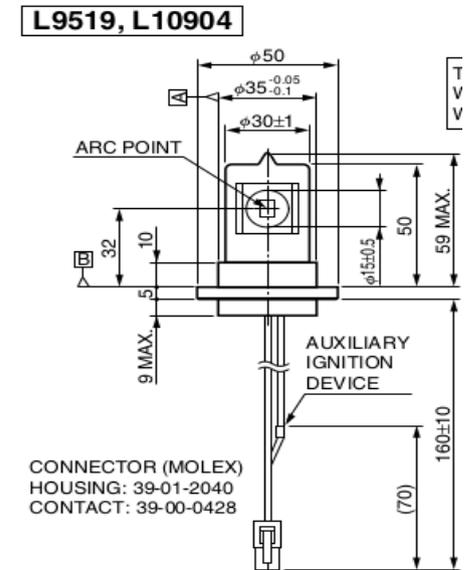
- Hamamatsu X2D2 Hamamatsu L10904
- <http://www.hamamatsu.com/jp/en/L10904.html>
- Lampe deuterium continue
- il faudrait prévoir un mécanisme de d'obturateur mécanique (eg disque troué en rotation)
- Coût ~ 5keuros



# Lampes commerciales (2)

Hamamatsu X2D2 Hamamatsu L10904

<http://www.hamamatsu.com/jp/en/L10904.html>



Entre 200 et 240 nm  $\phi \sim 0.07 * 20 \mu\text{W}/\text{cm}^{-2}$

En photon:  $\phi_{\gamma} \sim \phi / hc/\lambda$

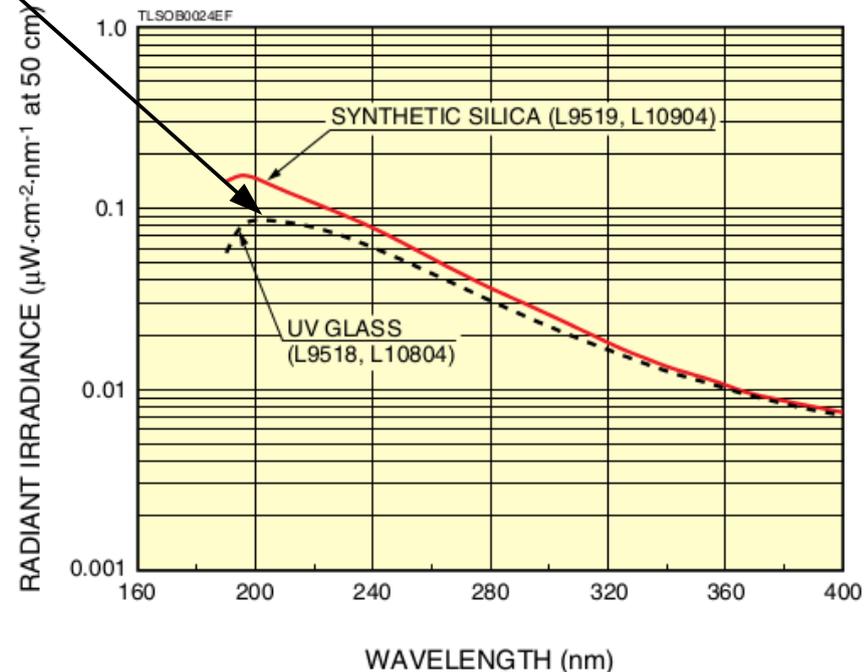
$$0.07\text{E-}6 * 20 * 200\text{E-}9 / (6.6\text{E-}34 * 3\text{E}8) = 1.4 * 10^{12} \text{ photon/s/cm}^2$$

avec 50% de cycle utile (obturateur),  
une surface à éclairer de  $\sim 20 * 20 \text{ cm} * \text{cm}$

$3 * 10^{11}$  photons/ms

$3 * 10^9$  photo-electrons/s si on suppose un rendement quantique de 1%

Spectral distribution



- Eg Horiba diode laser

Model	Peak wavelength	Pulse width	Typical power
N-250	250 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse
N-260	260 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse
N-265	265 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse
N-270	270 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse
N-280	280 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse
N-290	290 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse
N-295	295 ±10 nm	<1.2 ns	1–2 pJ/pulse



Function	Typical power
Repetition rates	10 kHz, 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz

- puissance en sortie 1 pJ/pulse avec  $10^6$  pulse/s  
→  $10^{-6}$  W
- Cela donne
  - $1\text{E-}6 * 250\text{E-}9 / (6.6\text{E-}34 * 3\text{E}8) = 1.2 \cdot 10^{12}$  photons/s
- Avec Facteur géométrique (angle solide) ~ 1% et 0.1% de rendement quantique (rendement plus faible car longueur d'onde plus élevée)
  - $1.2 \cdot 10^7$  photo-électrons/ ms

- La charge d'espace est assez grande, mais le temps de dérive des ions est très long → 200ms pour remplir la miniTPC
  - En partant des chiffres de Philippe  $\sim 10^9$  ions
  - Ramené à notre volume (suppose distribution uniforme!)  $\sim 10^6$  ions
  - Cela donne 250 photon-electrons/ms
  - NB: Il faudra sans doute tester des charges volumiques plus grande que la charge volumique moyenne de la TPC réelle
- La lampe flash tube du CERN pourrait faire l'affaire
  - il faudrait caractériser son flux pour s'en assurer.
  - Si le flux prédit par Ioannis est exact  $\sim 10^3$  photo-électrons/s il faudrait optimiser tous les paramètres (eg fenêtre en  $\text{MgF}_2$ )
- Lampe commerciale X2D2
  - Largement dans les specs  $\sim 10^9$  photo-électrons/s
  - cout  $\sim 5$  keuros
  - On peut essayer de négocier l'emprunt d'une lampe à un groupe du SEDI
- Une diode UV Horiba ferait l'affaire aussi
  - $10^7$  photo-électrons/s
  - Coût à déterminer.

Source d'incertitude sur les flux de photo-électrons: Rendement quantique sur l'aluminium (oxydation)