

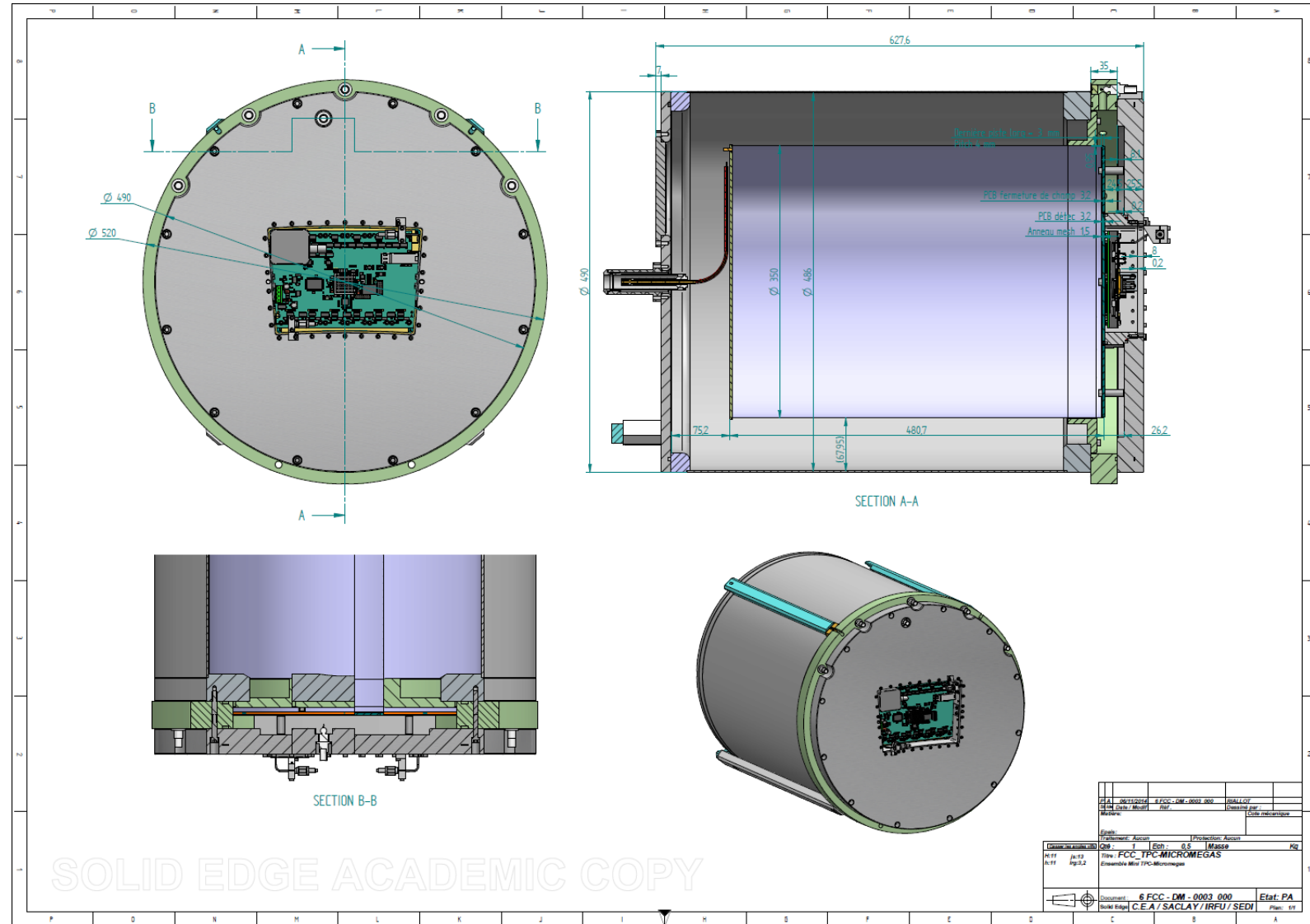
Lampe UV pour Mini TPC

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

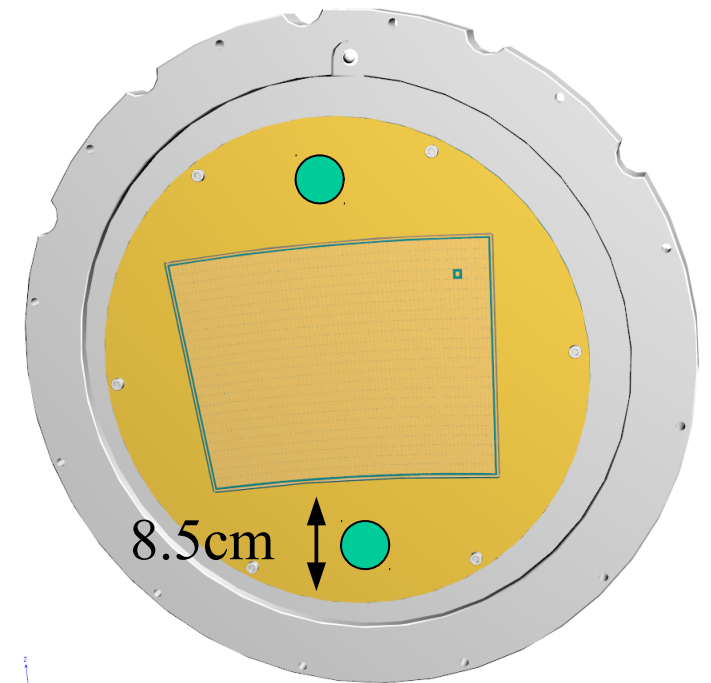
Rappel du projet

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/>)



- **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 ?

Combien de temps pour accumuler la charge

- 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 cm.s^{-1}
- **T = 200 ms !!**

Table 4

Experimental mobilities of several ions in different gases, at normal conditions²⁰⁾

Gas	Ions	Mobility ($\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{sec}^{-1}$)
Ar	$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2^+$	1.51
IsoC ₄ H ₁₀	$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2^+$	0.55
$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2$	$(\text{OCH}_3)_2\text{CH}_2^+$	0.26
Ar	IsoC ₄ H ₁₀ ⁺	1.56
IsoC ₄ H ₁₀	IsoC ₄ H ₁₀ ⁺	0.61
Ar	CH ₄ ⁺	1.87
CH ₄	CH ₄ ⁺	2.26
Ar	CO ₂ ⁺	1.72
CO ₂	CO ₂ ⁺	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 , Δz TPC =48cm
 - Détecteurs type ILC réelles: ~ R=180cm -23cm $\Delta z=235$ cm
 - $V_{\text{mini}}/V_{\text{reel}} = 17*23*48 / (\pi*(180-23)^2*235) = 10^{-3}$
- ====> 0.6×10^6 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

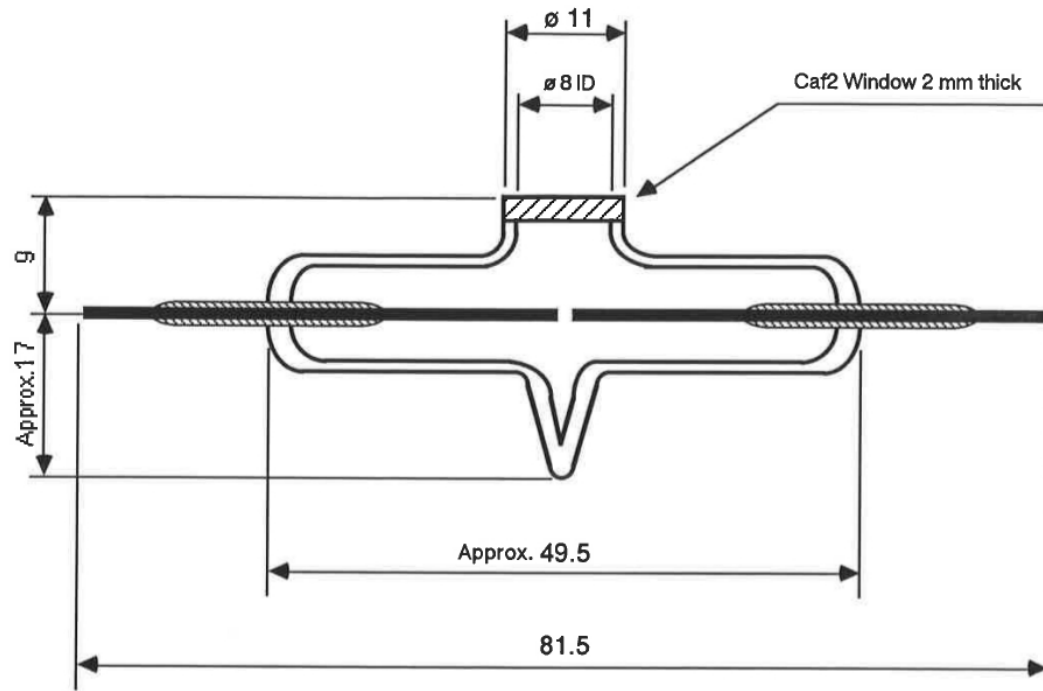
==> Il faut créer jusqu'à $0.6 \times 10^6 / 12 \sim 0.5 \cdot 10^5$ photoelectrons toutes les 200ms

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

« flash tube » solution technique viable ?

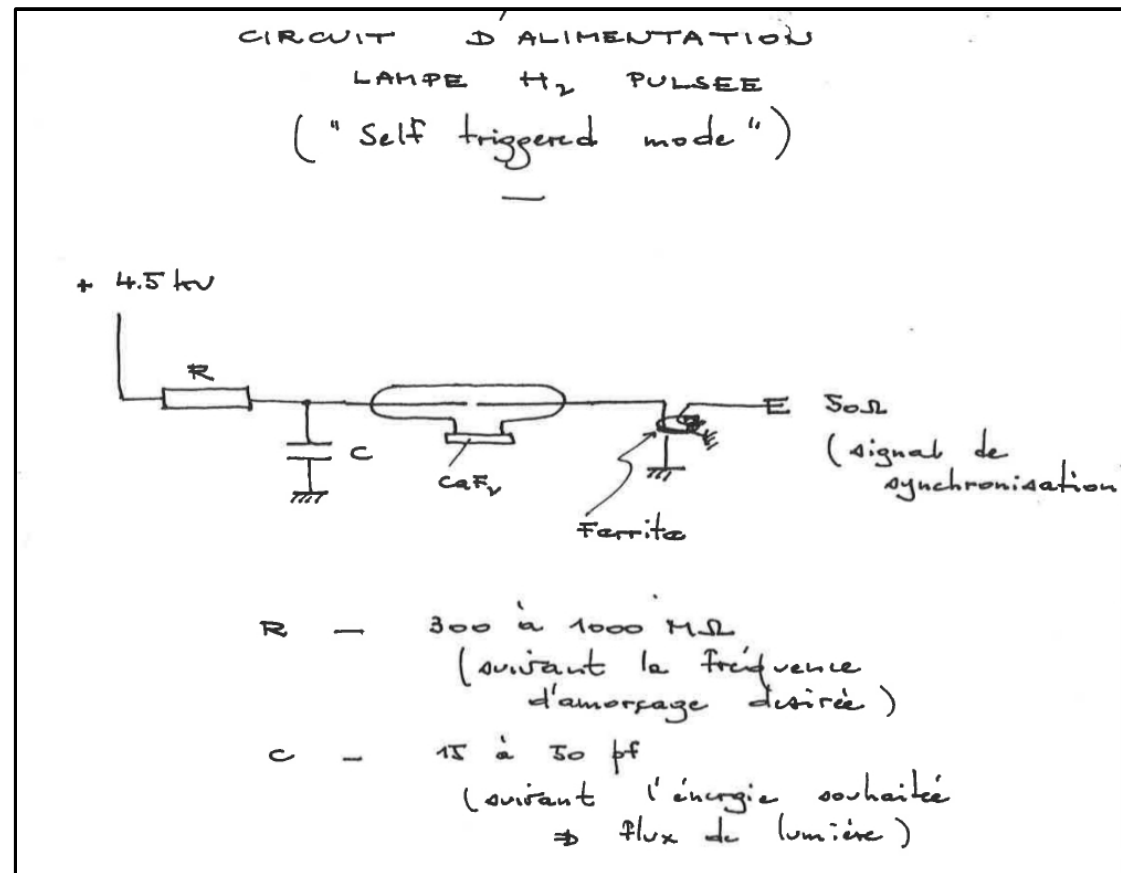
- Achat d'une lampe "flash tube" hydrogène au CERN (la dernière du genre)
- Fenêtre en MgF_2

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.
- 1.4×10^3 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 MgF_2 ??

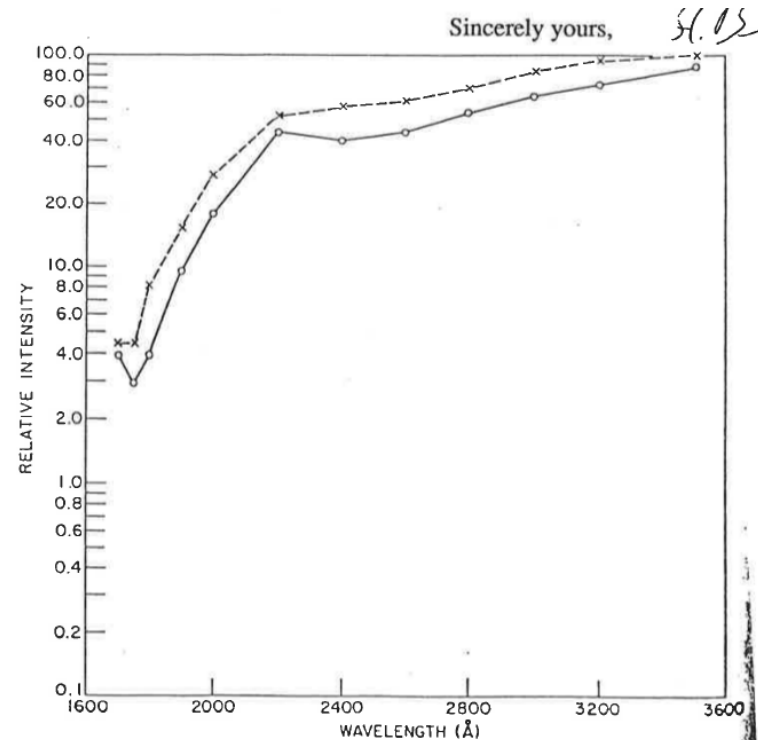
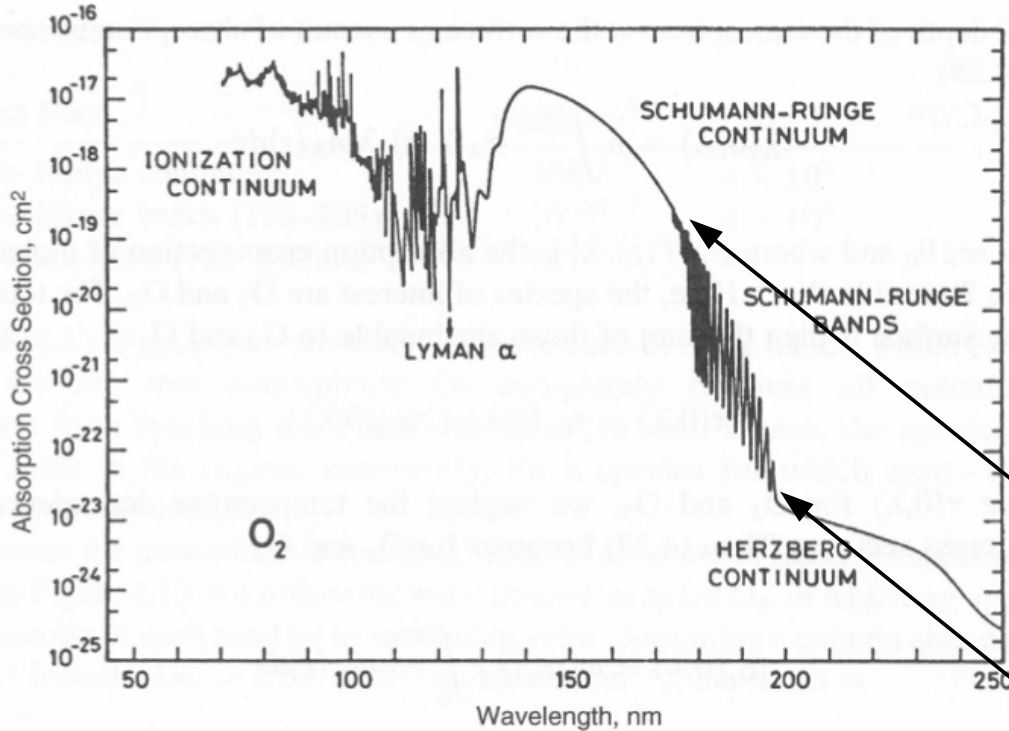


FIG. 4. Relative intensity distribution as a function of wavelength for lamps with a gap of 1 mm, a gas pressure of 12 cm Hg, and voltage of 5000 V. The upper curve is for a deuterium-filled tube and the lower for a hydrogen-filled tube.

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)

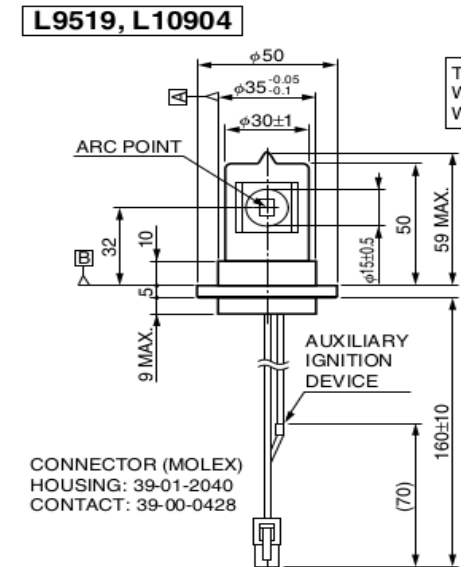
- Hamamatsu X2D2 Hamamatsu L10904
- <http://www.hamamatsu.com/jp/en/L10904.html>
- Lampe deuterium continue
- il faudrait prévoir un mécanisme de d'obturateur mécanique (eg disque troué en rotation)
- Coût ~ 5keuros



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

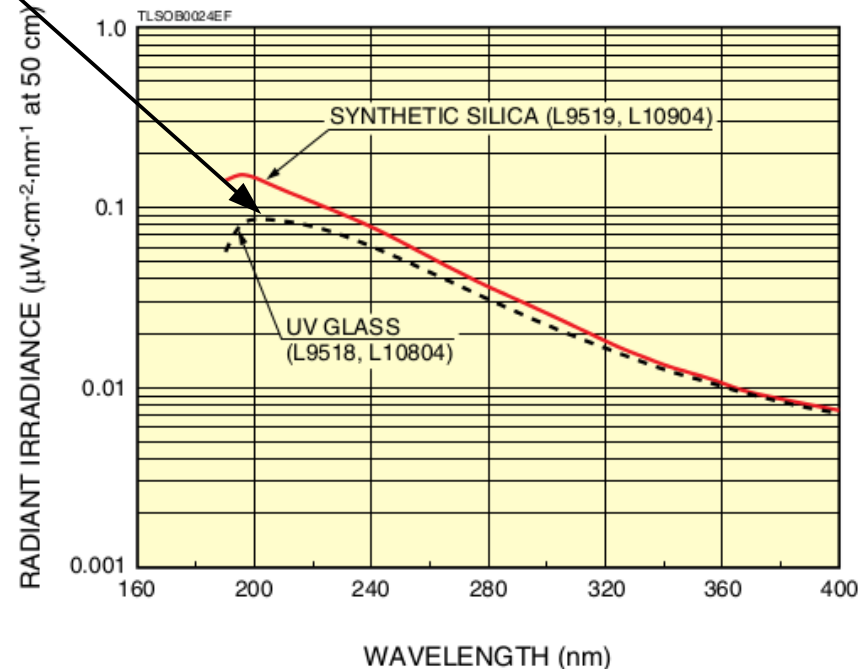
$$0.07\text{E-}6 * 20 * 200\text{E-}9 / (6.6\text{E-}34 * 3\text{E}8) = 1.4 * 10^{12} \text{ photon/s/cm}^2$$

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 MgF_2)
- Lampe commerciale X2D2
 - Largement dans les specs $\sim 10^9$ photo-électrons/s
 - cout ~ 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)