

# L'essentiel des techniques de vieillissement à la lumière

**Q-Lab Corporation**

**Labomat**

**Julien CHASSAING, Responsable Produits Q-Lab**

Afficher la présentation enregistrée

A l'issue de la session, vous recevrez un e-mail de [info@email.q-lab.com](mailto:info@email.q-lab.com) avec un lien pour télécharger la présentation.

- Nos webinaires sont consultables sur : [www.q-lab.com/webinars](http://www.q-lab.com/webinars)
- Utilisez l'outil **Q&R dans Zoom** pour poser vos questions en direct.
- Tchat en Ligne : Jim REGAN (Q-Lab UK) et Pierre-Arnaud LAURENT (Labomat Fr)
- [j.chassaing@labomat.com](mailto:j.chassaing@labomat.com)
- 06 07 31 29 56



We make testing simple.



### Thank you for attending our webinar!

We hope you found our webinar on *Essentials of Laboratory Weathering* to be helpful and insightful. The link below will give you access to the slides and recorded webinar.

You can help us continue to provide valuable and high quality content by completing our [3-question survey](#) about your webinar experience. Every piece of feedback is carefully reviewed by a member of our team.

# Nous allons aborder les thèmes suivants :

- Les principes de base du vieillissement à la lumière
- Pourquoi réaliser des essais de vieillissement?
- Les techniques de vieillissement accéléré
  - Enceintes à arc au xénon
  - Enceintes UV
- Les conditions d'un test pertinent

# Nous allons aborder les thèmes suivants :

- **Les principes de base du vieillissement à la lumière**
- Pourquoi réaliser des essais de vieillissement?
- Les techniques de vieillissement accéléré arc au xénon et UV
- Les conditions d'un test pertinent

# Vieillissement à la lumière : définition

Ensemble des modifications des propriétés d'un matériau ou d'une substance, résultant d'une exposition **aux radiations du spectre solaire naturel**, combinée aux effets de **la température** (incluant les cyclages) et de **l'eau** sous ses différentes formes (humidité relative, condensation et pluie).

# Les macro-stresseurs

## Identifiez vos ennemis!

- Spectre solaire
- Température
- Eau



*\*d'autres paramètres peuvent impacter la durabilité d'un produit mais ne seront pas considérés aujourd'hui*

# Spectre solaire



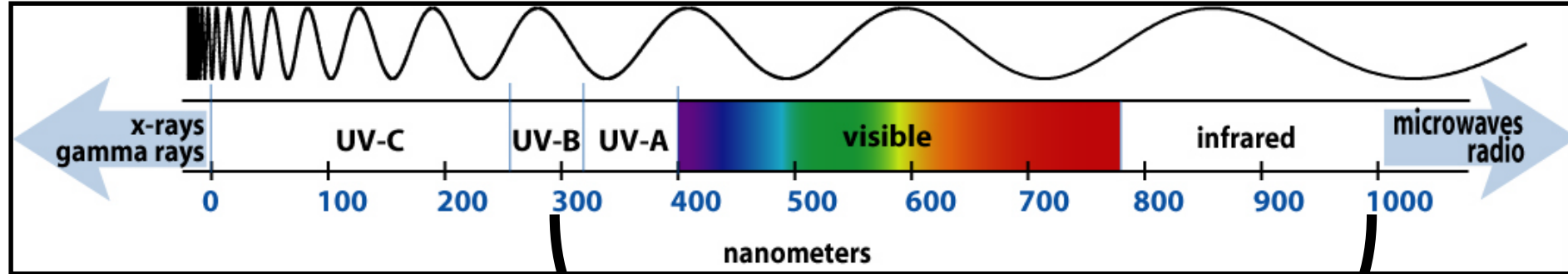


# Spectre solaire

- Une forme d'énergie
- Une onde électromagnétique
- Généralement décrit par 2 grandeurs :  
**l'irradiance & les longueurs d'onde ( $\lambda$ )**



# Spectre électromagnétique



## Lumière solaire

Extinction  
Cut-On  
Cut-Off

UV	295-400 nm	~7%
Visible	400-800 nm	~55%
IR	800-3000 nm	~38%

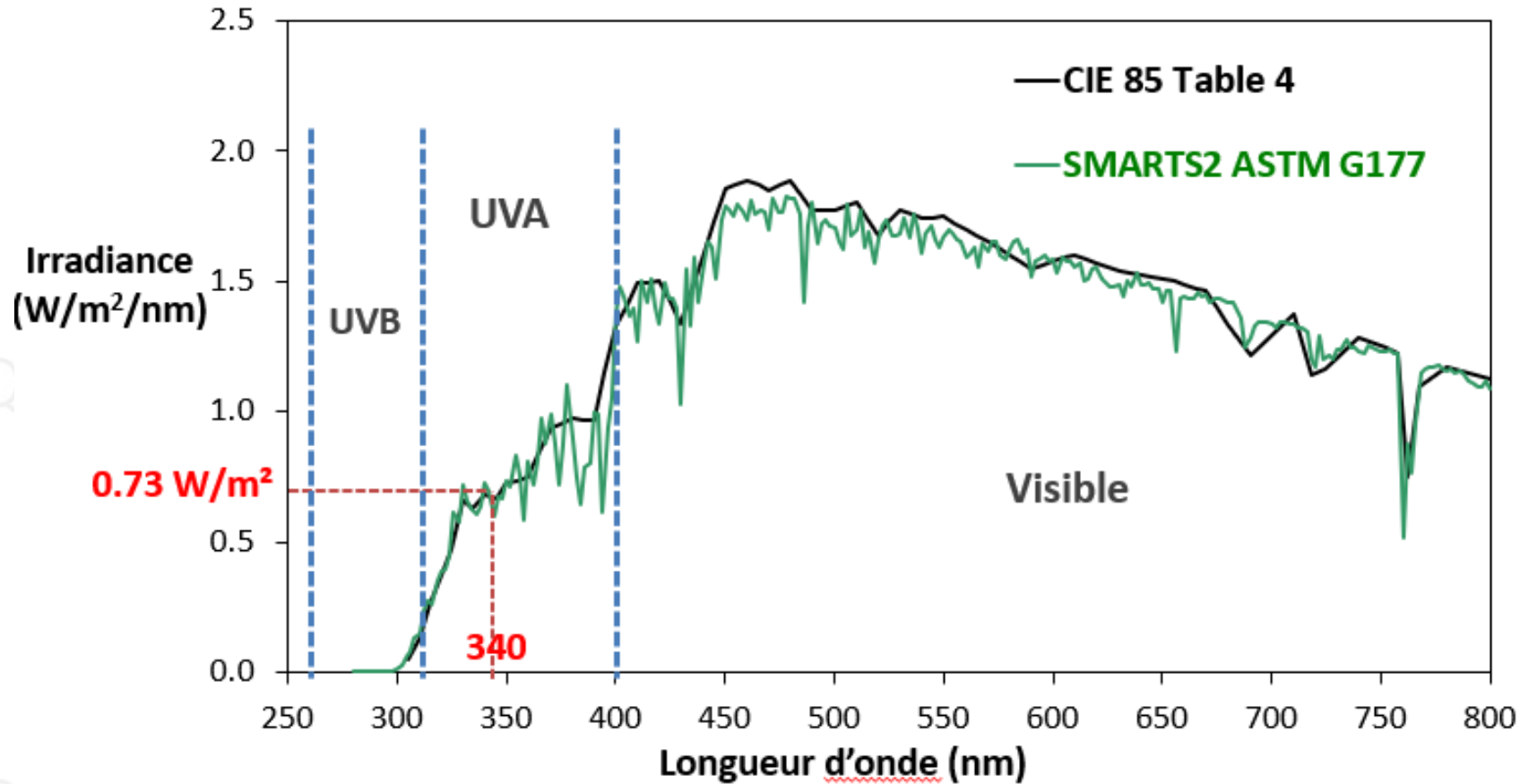
Energie :

$$E = hC / \lambda$$

h constante de Planck  
C Célérité de la lumière  
 $\lambda$  longueur d'onde

# Distribution Spectrale (SPD)

Spectre solaire d'été à midi



SPD: Puissance électromagnétique absolue ou relative émise par une source, en fonction de la longueur d'onde. (ASTM G113)

# Irradiance



**Irradiance**<sup>1</sup> : puissance d'un rayonnement électromagnétique, par unité de surface  
[W/m<sup>2</sup>] or [J/s·m<sup>2</sup>]

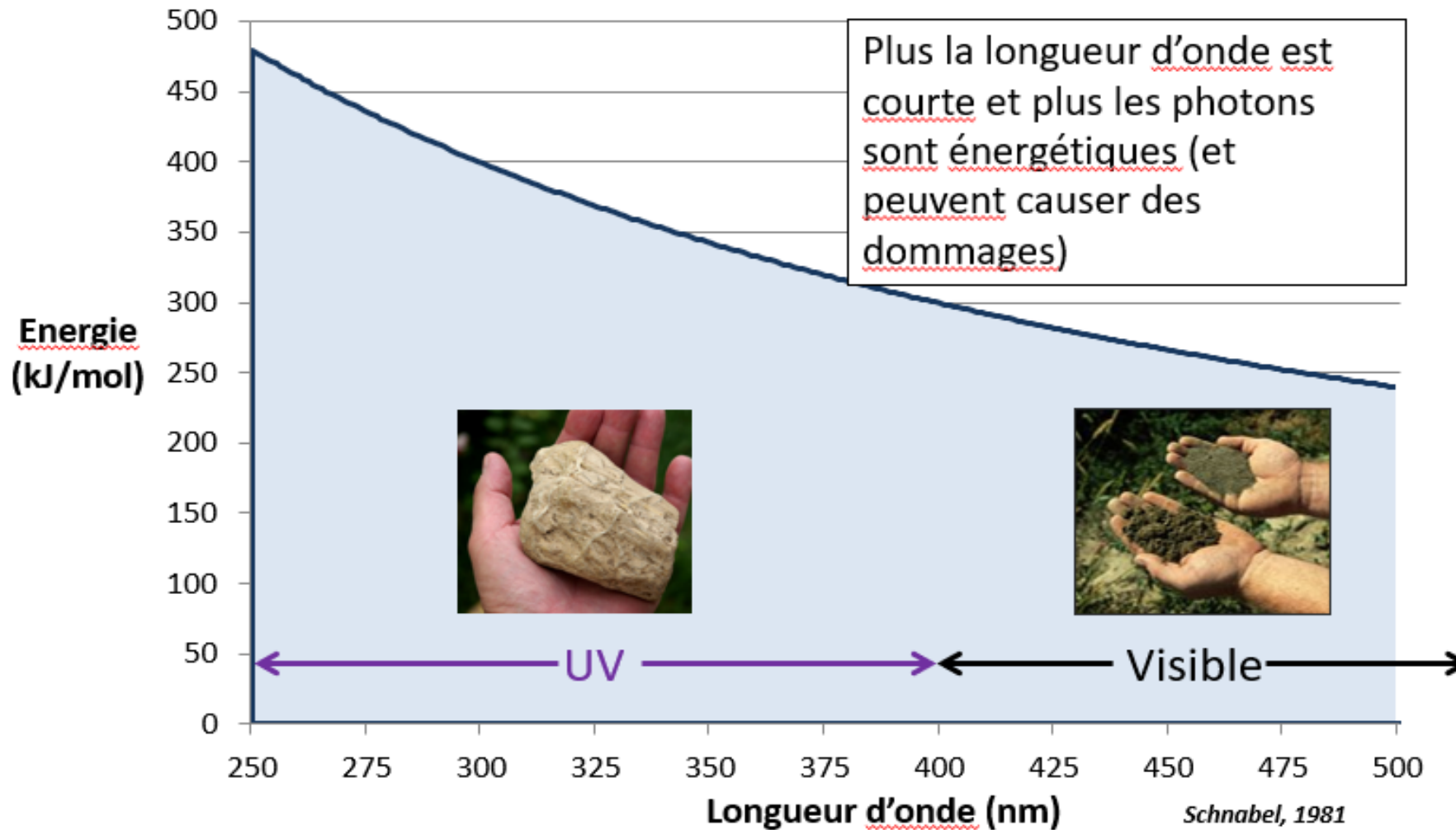
**Irradiance spectrale**<sup>2</sup> : irradiance unitaire à une longueur d'onde donnée  
[W/m<sup>2</sup>/nm]

**Dose**<sup>1</sup> : irradiance reçue sur une période de temps  
[J/m<sup>2</sup>] or [W·s/m<sup>2</sup>]

<sup>1</sup>ASTM G113 – Terminology

<sup>2</sup>ISO 9288 – Physical quantities and Definitions

# Energie d'un photon



Energie :

$$E = hC / \lambda$$

h constante de Planck  
C Célérité de la lumière  
 $\lambda$  longueur d'onde



Seulement 7% du spectre total, et pourtant....



Les UV sont à l'origine de  
la dégradation des polymères

# Energie de liaison et énergie d'un Photon

Liaison	Energie de liaison (kJ/mol)	Longueur d'onde d'un photon ayant la même énergie
C-N	330	363 nm
N-H	339	353 nm
C-O	372	321 nm
<b>C-H</b>	<b>393</b>	<b>304 nm</b>
O-H	426	281 nm

*Une liaison atomique pourra être rompue par un photon ayant une longueur d'onde inférieure ou égale à la **longueur d'onde seuil***

# Facteurs influants le spectre

## Angle Solaire

- Saison
- Période de la journée
- Latitude

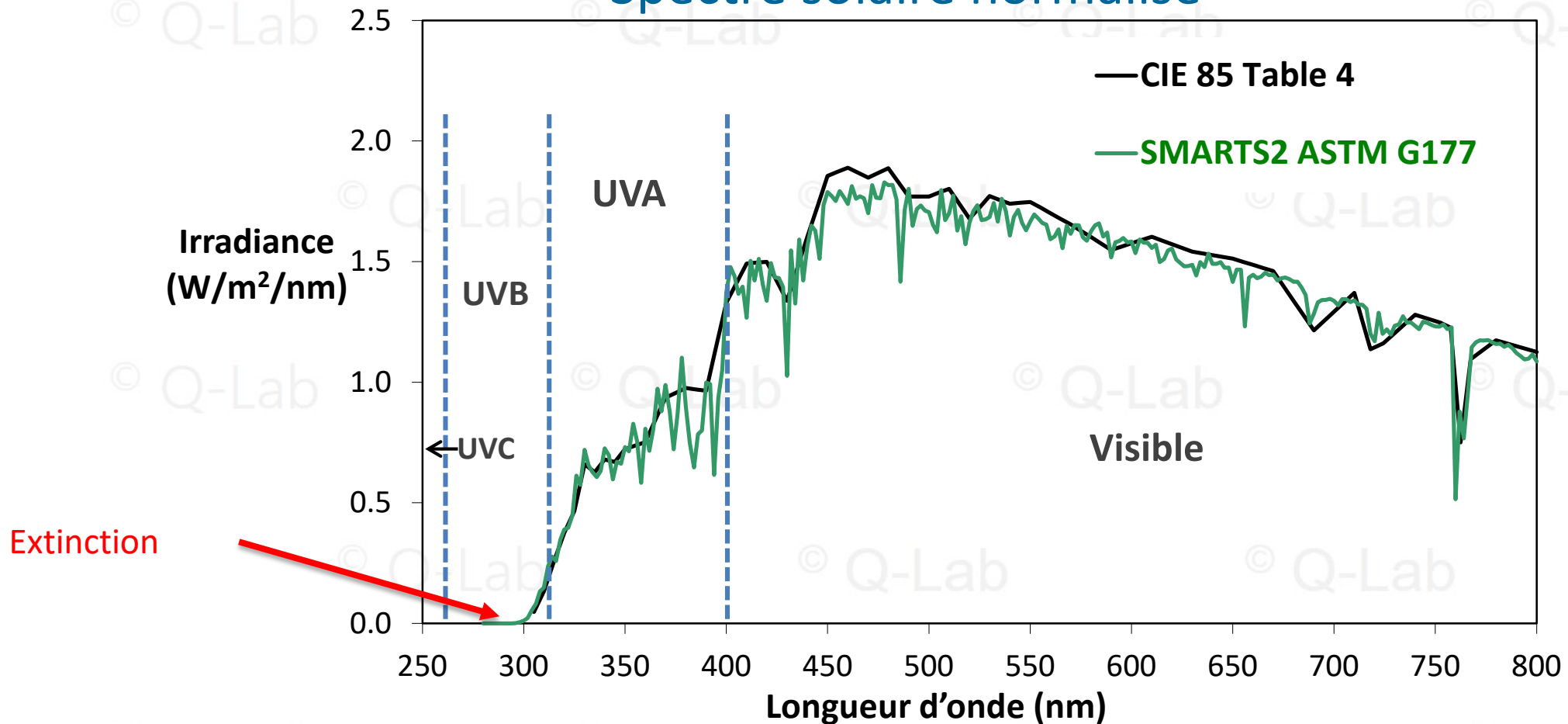
## Altitude





# Distribution Spectrale (SPD)

## Spectre solaire normalisé



SPD: Puissance électromagnétique absolue ou relative émise par une source, en fonction de la longueur d'onde. (ASTM G113)

# Spectre solaire d'été à midi

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE\*)

Publication #85 Table 4

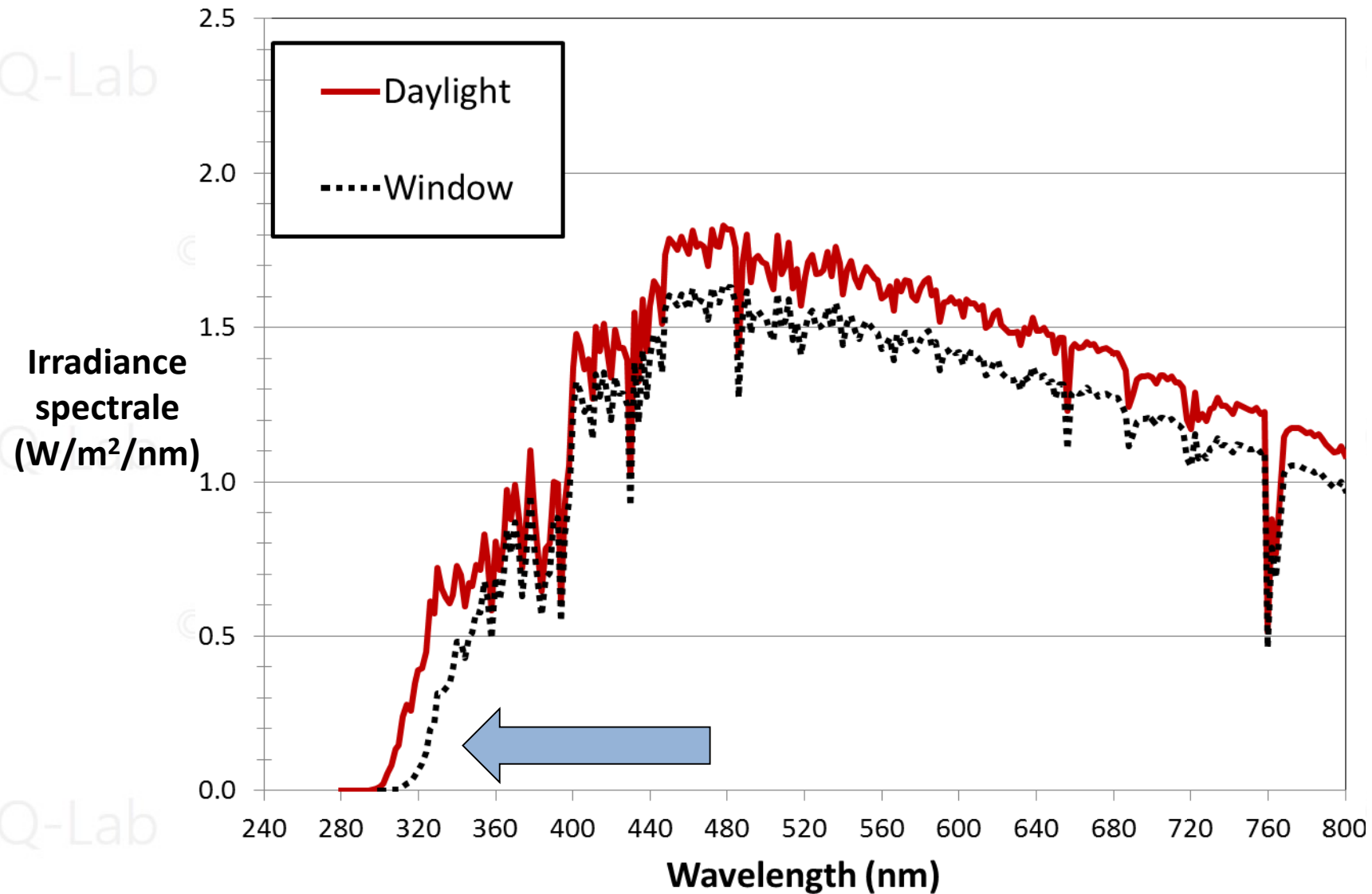
- Air Mass (AM) 1.0 = trajet optique dans l'atmosphère
- Pic de la lumière du jour naturelle
- $0.68 \text{ W/m}^2/\text{nm}$  @ 340 nm = 1 x soleil maxi

ASTM G177

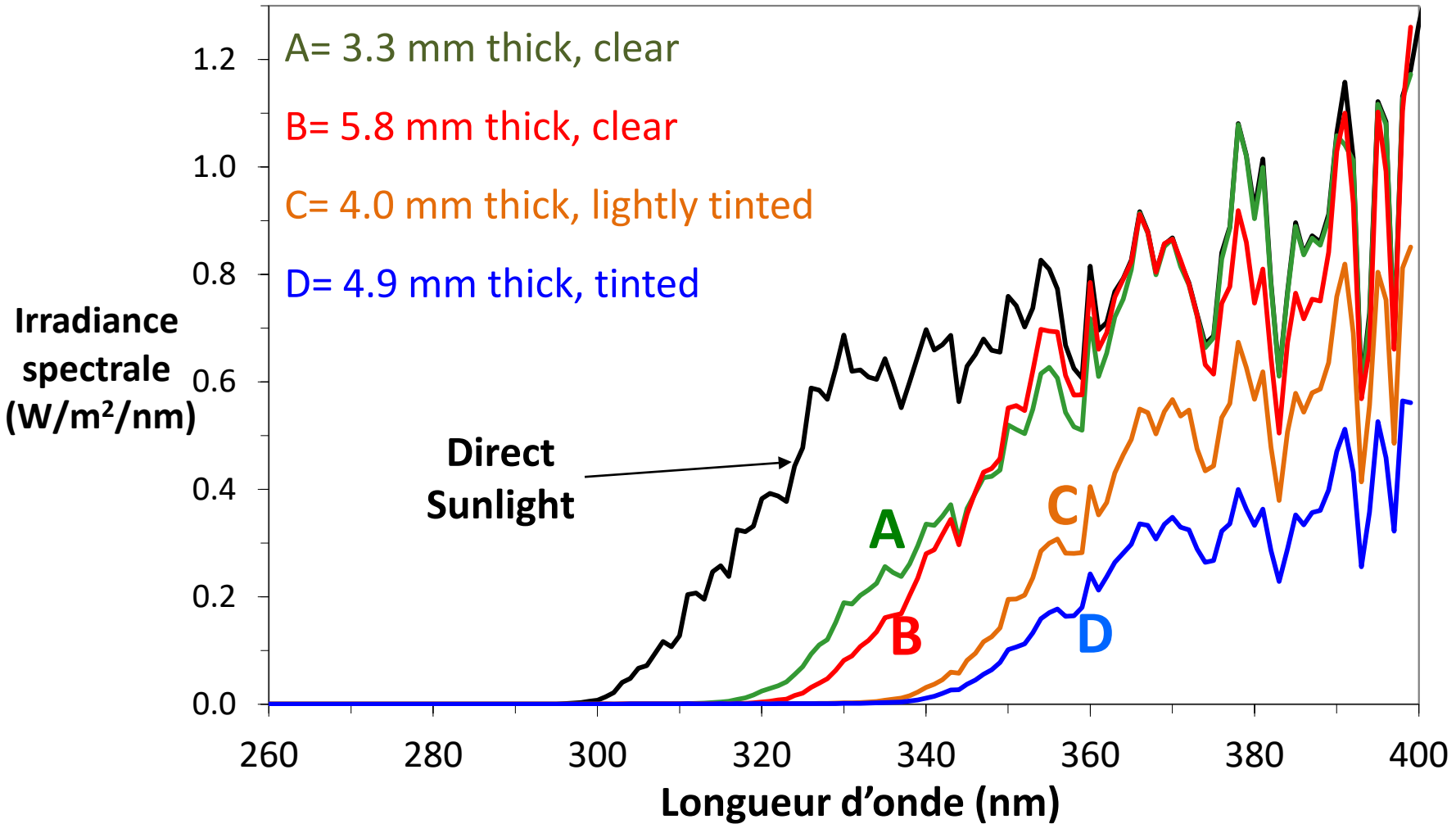
- Air Mass (AM) 1.05 = trajet optique dans l'atmosphère
- $0.73 \text{ W/m}^2/\text{nm}$  @ 340 nm = 1 x soleil maxi

*Il n'existe pas de définition ISO du spectre solaire*

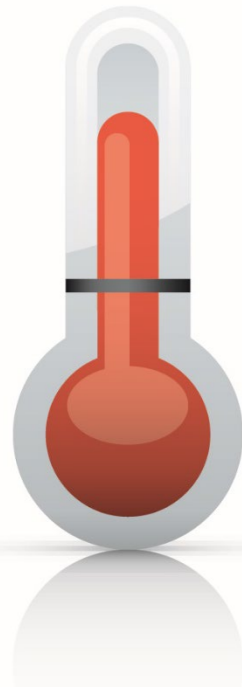
# Lumière solaire filtrée verre de vitre



# Spectre solaires et vitres automobiles



# Température

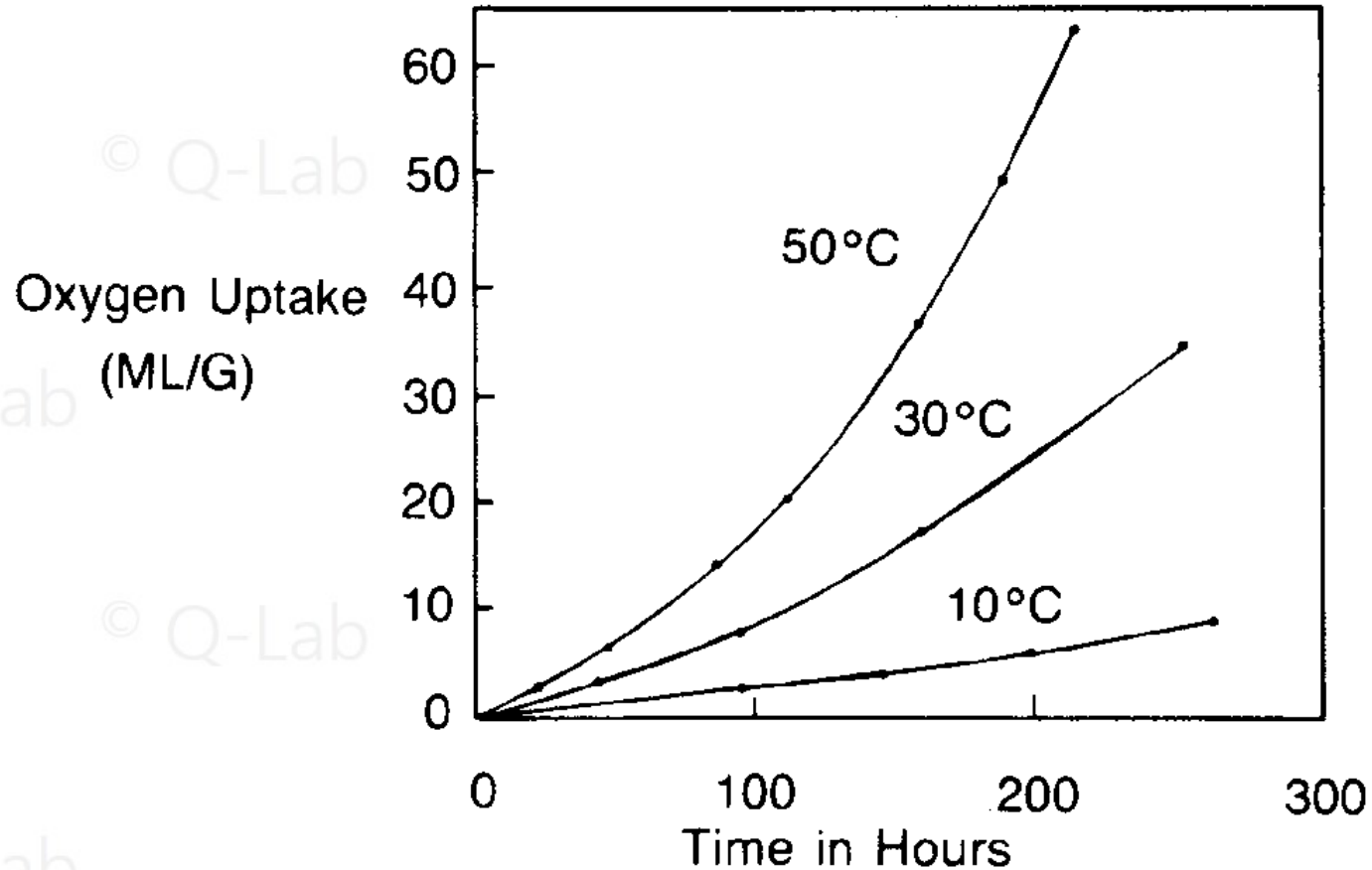


# Les effets de la température

- élévation de la température de l'échantillon
- Changement dimensionnel (dilatation)
- Evaporation
- Vieillesse thermique (fatigue)
- Synergie avec  $\lambda$  : accélération

# Effet de la température:

## Vitesse d'oxydation du Polyéthylène



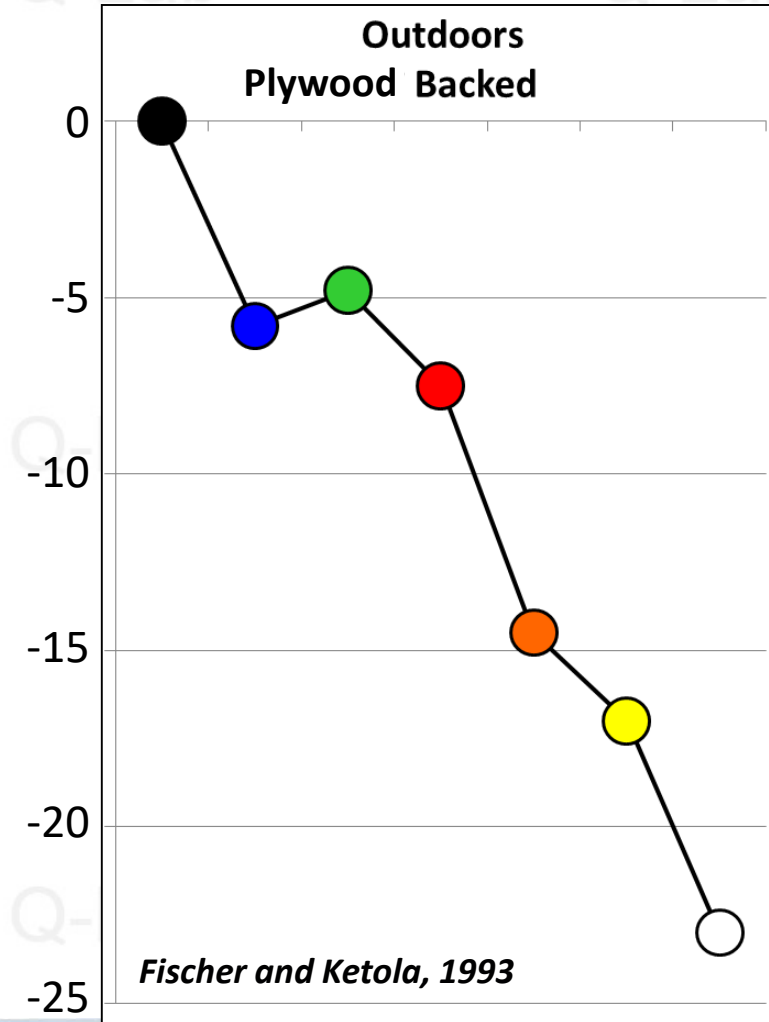
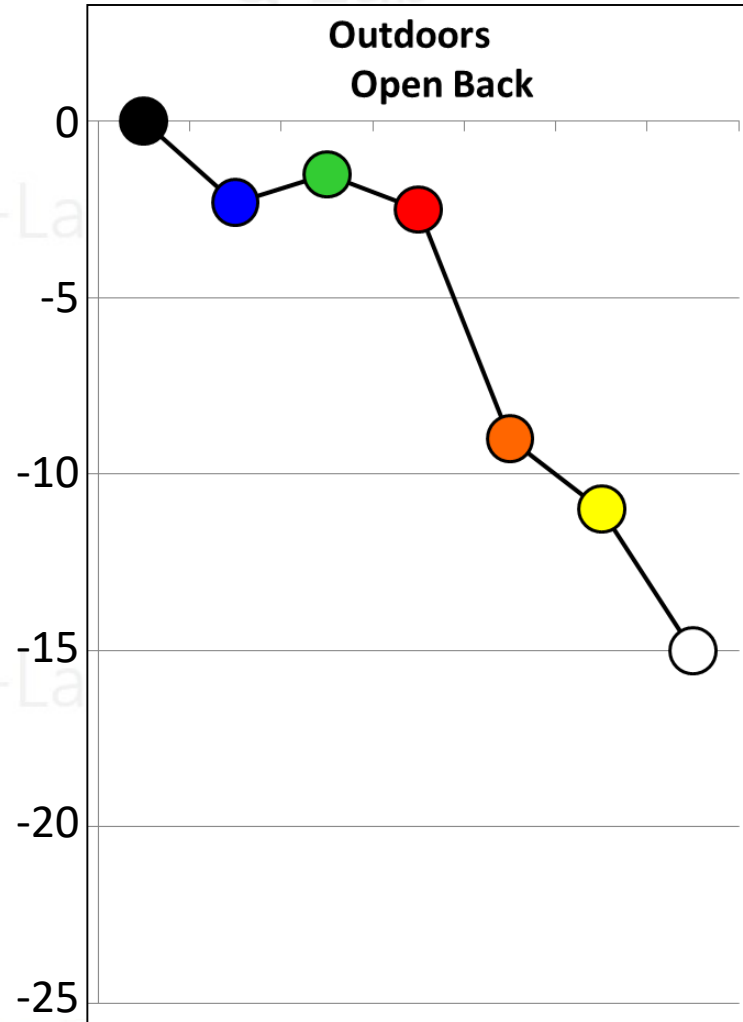
\*Time In Hours Exposed to UV lamps



# Température et couleurs

Les températures sont plus élevées sur des couleurs sombres

Température  
 $\Delta$  (°C)



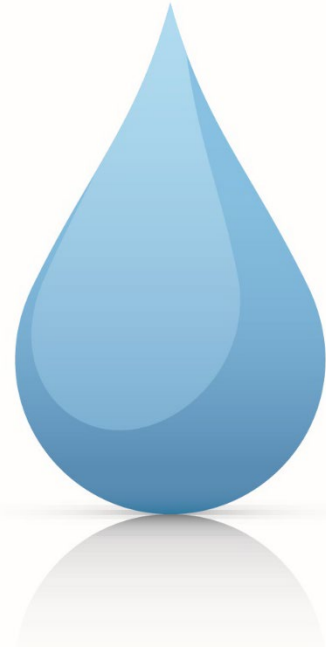
# Température sous verre de vitre



**La température des pièces intérieures automobiles peut dépasser 100°C !**



# L'eau



# L'eau : quel impact ?

## Réactions chimiques :

- Réactions en solution
- Facilite les réactions via le transport d'Oxygène

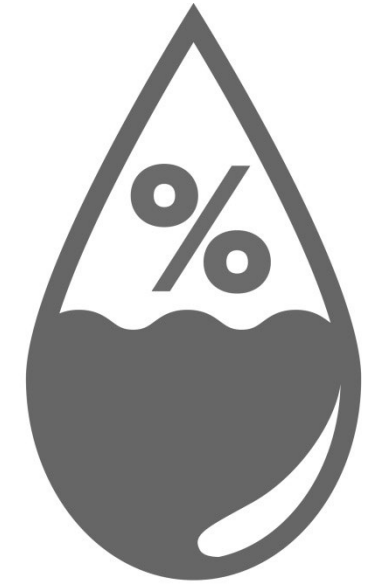
## Aspect physico-mécanique :

- Osmose
- Choc thermique
- Erosion
- Lavage : perte de masse



# Humidité

- **Mesure de la quantité d'eau dans l'air**
- Engendre des contraintes dans la matière (osmose)
- L'humidité est présente en conditions extérieures et intérieures
- Exprimée en humidité relative (RH) : 100% RH est la quantité d'eau maximum que peut contenir un volume d'air à une température donnée



# Pluie

- Phénomènes de surface
  - Lavage anti-UV
  - Farinage
- Chocs thermiques
- Contraintes mécaniques





# Condensation

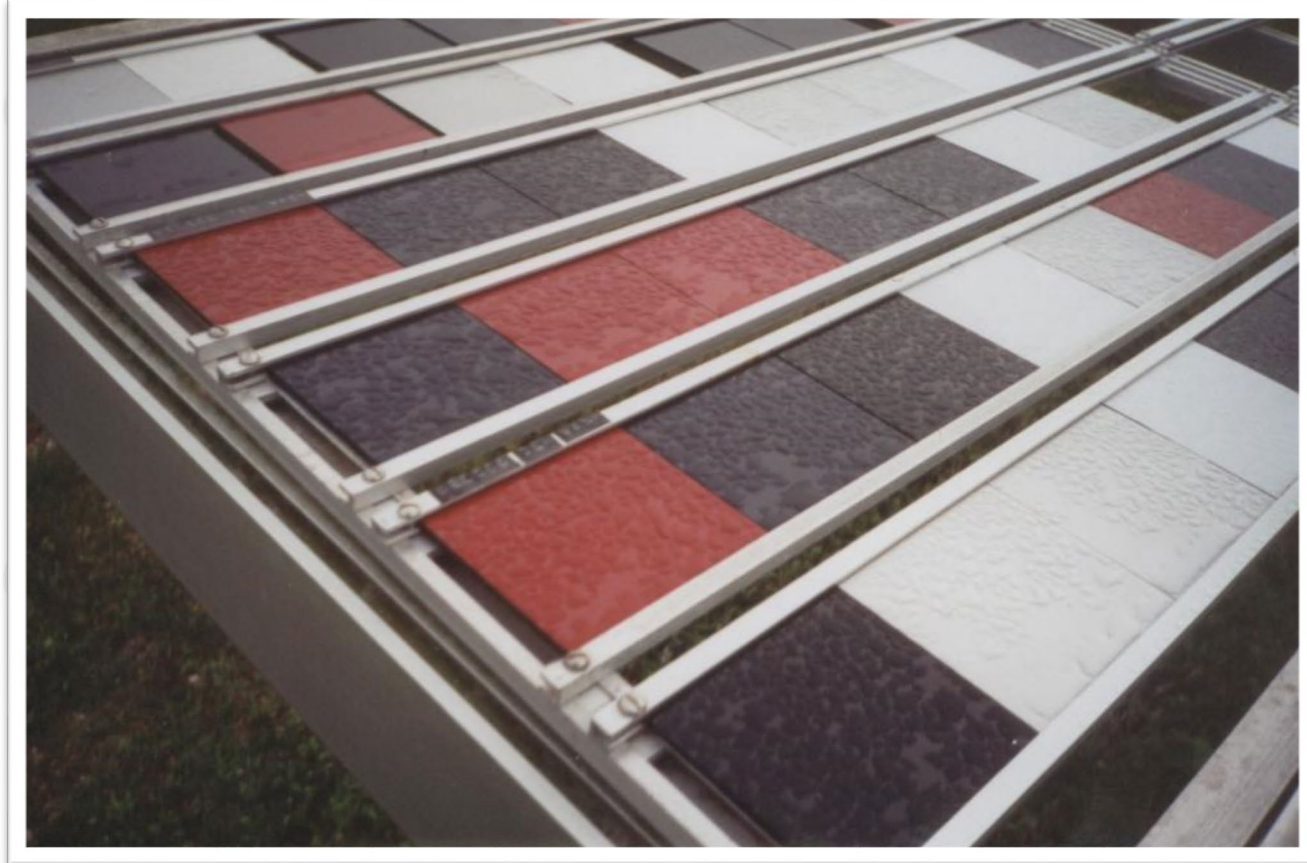


**Lorsque la température d'une surface passe en dessous du point de rosée, l'humidité contenue dans l'atmosphère se condense et forme de petites gouttes.**

Très concentrée en  $O_2$   
Temps d'évaporation long



*La condensation est la 1ère cause de la présence d'eau en surface en conditions naturelles extérieures !*



# Résumé : les forces en présence

## Spectre solaire

- La partie UV du spectre est responsable de la dégradation des polymères
- De petites différences de formulation et/ou de spectre peuvent engendrer une grande différence sur le résultat de dégradation

## Température

- Spectre solaire + température = synergie = augmentation de la vitesse de dégradation
- La température d'une surface est très dépendante de sa couleur

## Eau (*RH – condensation - pluie*)

- Spectre solaire + température + eau = vieillissement naturel solaire
- La condensation (rosée) est la 1ère source d'eau en surface en exposition extérieure
- En extérieur, les surfaces restent humides très longtemps !

*Le vieillissement naturel solaire est le résultat de la synergie entre ces 3 facteurs !*

# Nous allons aborder les thèmes suivants :

- Les principes de base du vieillissement à la lumière
- **Pourquoi réaliser des essais de vieillissement?**
- Les techniques de vieillissement accéléré
  - arc au xénon et UV
- Les conditions d'un test pertinent

# Des tests : pourquoi faire?

- Répondre à des normes
- Eviter des catastrophes
- Soigner votre réputation
- Vérifier une réclamation
- Améliorer la durabilité
- Sélectionner des matières premières
- Tester un nouveau produit
- Pénétrer un nouveau marché
- Etre meilleur que ses concurrents
- Etre en règle avec une législation

# Une enceinte de vieillissement accéléré est un outil de décision

**Les essais de vieillissement accéléré vous aident pour :**

– Prendre de meilleures décisions

– Prendre des décisions plus vite

– Réduire le risque

# Quel type de test dois-je conduire ?

Type de test	Résultat	Durée de l'essai	Evaluation du résultat
Contrôle qualité	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pré-défini</li><li>• Plutôt court</li></ul>	Spécifications produit



# Quel type de test dois-je conduire ?

Type de test	Résultat	Durée de l'essai	Evaluation du résultat Par rapport à
Contrôle qualité	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pré-défini</li><li>• Plutôt court</li></ul>	Spécification produit
Qualification / validation	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pré-défini</li><li>• Plutôt long</li></ul>	Matériau de référence Spécification produit

# Quel type de test dois-je conduire ?

Type de test	Résultat	Durée de l'essai	Evaluation du résultat Par rapport à
Contrôle qualité	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pré-défini</li><li>• Plutôt court</li></ul>	Spécification produit
Qualification / validation	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pré-défini</li><li>• Plutôt long</li></ul>	Matériau de référence Spécification produit
Corrélation	Classification	<ul style="list-style-type: none"><li>• Durée modulable</li></ul>	Exposition naturelle sur Site de référence

# Quel type de test dois-je conduire ?

Type de test	Résultat	Durée de l'essai	Evaluation du résultat Par rapport à
Contrôle qualité	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-défini</li> <li>• Plutôt court</li> </ul>	Spécification produit
Qualification / validation	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-défini</li> <li>• Plutôt long</li> </ul>	Matériau de référence Spécification produit
Corrélation	Classification	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durée modulable</li> </ul>	Exposition naturelle sur Site de référence
Prédiction	Durée de vie Facteur d'accélération	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durée modulable</li> <li>• Très long</li> </ul>	Exposition naturelle en conditions d'utilisation

# Le vieillissement naturel : c'est quoi ?

Exposition d'échantillons aux conditions extérieures naturelles, dans le but d'évaluer les effets des facteurs environnementaux sur les propriétés fonctionnelles et décoratives des matériaux.

Sites d'exposition naturelle de référence :

- Floride (climat subtropical)
- Arizona (climat désertique)
- Midwest USA (environnement industriel)

# L'importance du vieillissement naturel?

- Le vieillissement naturel est plus complexe que le vieillissement accéléré en laboratoire.
- Les essais de vieillissement accéléré sont parfois non réalistes
- La véracité des essais accélérés devrait toujours être vérifiée par des expositions naturelles
- Des essais permanents de vieillissement naturel permettent de se constituer une base de données du réel, qui servira de référence pour les tests de prédiction et de corrélation.

# Nous allons aborder les thèmes suivants :

- Les principes de base du vieillissement à la lumière
- Pourquoi réaliser des essais de vieillissement?
- **Les techniques de vieillissement accéléré arc au xénon et UV**
- Les conditions d'un test pertinent





# **Vieillissement accéléré : technologie arc au xénon**

# Enceintes à arc au xénon Q-SUN

© Q-Lab

© Q-Lab

© Q-Lab

© Q-Lab

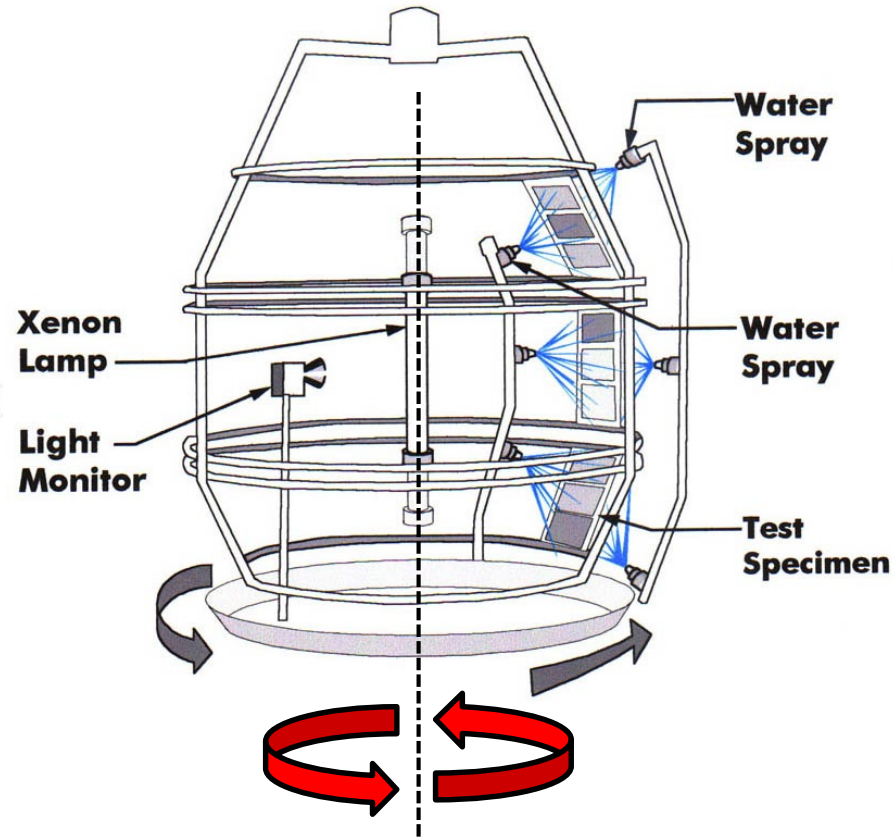
Xe-1

Xe-2

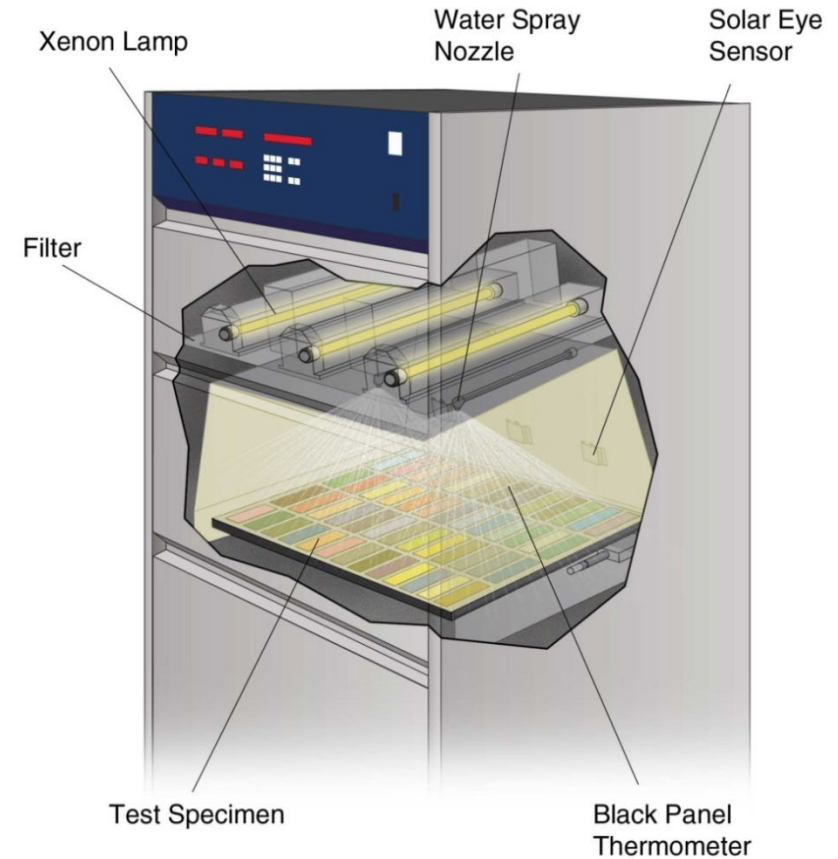
Xe-3



# Enceintes à arc au xénon



Carrousel rotatif



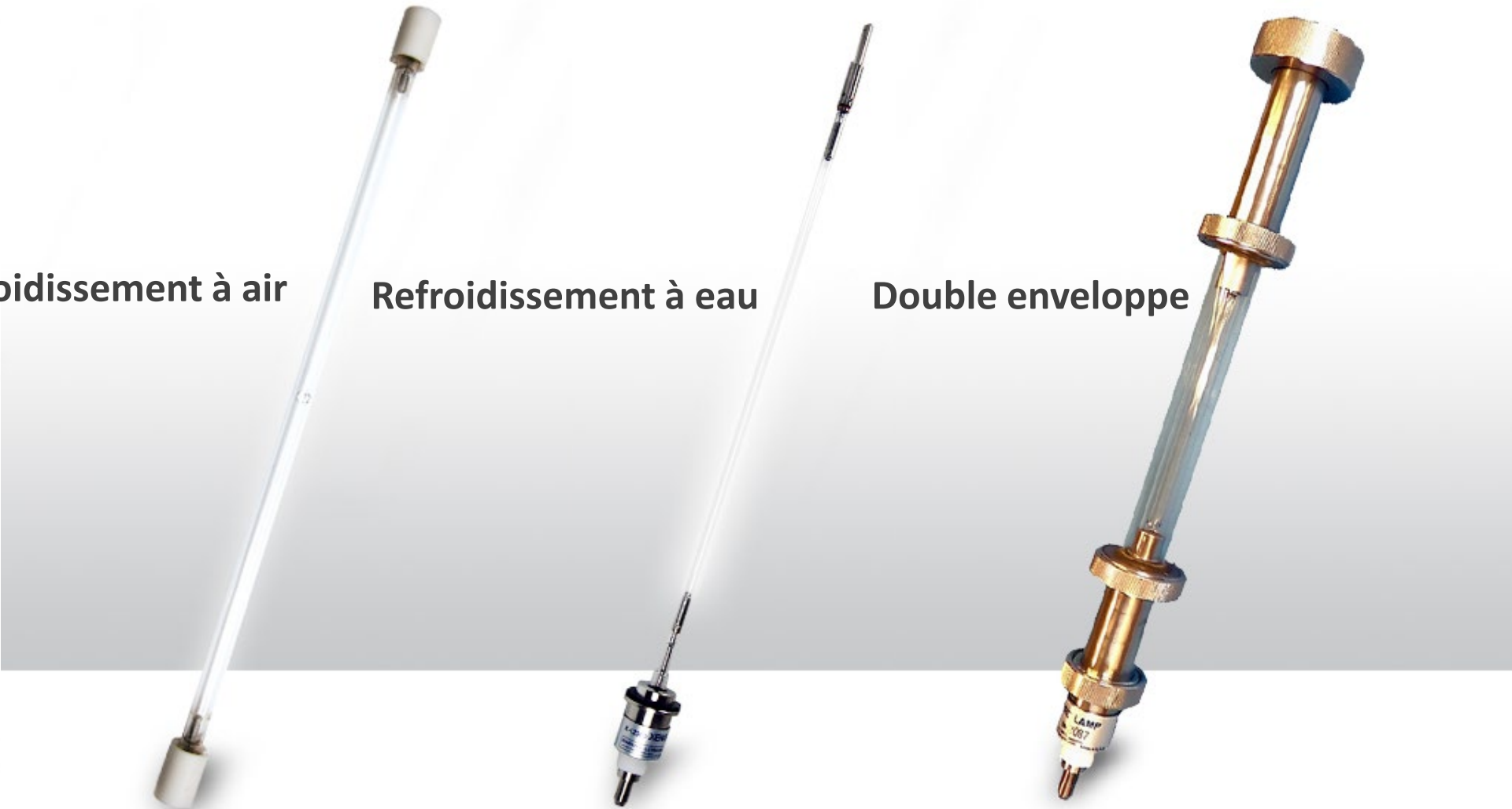
Plateau

# Lampes à arc au xénon

Refroidissement à air

Refroidissement à eau

Double enveloppe



# Filtres optiques pour ajuster le spectre

- Lumière du jour
- Verre de vitre
- Zone UV étendue

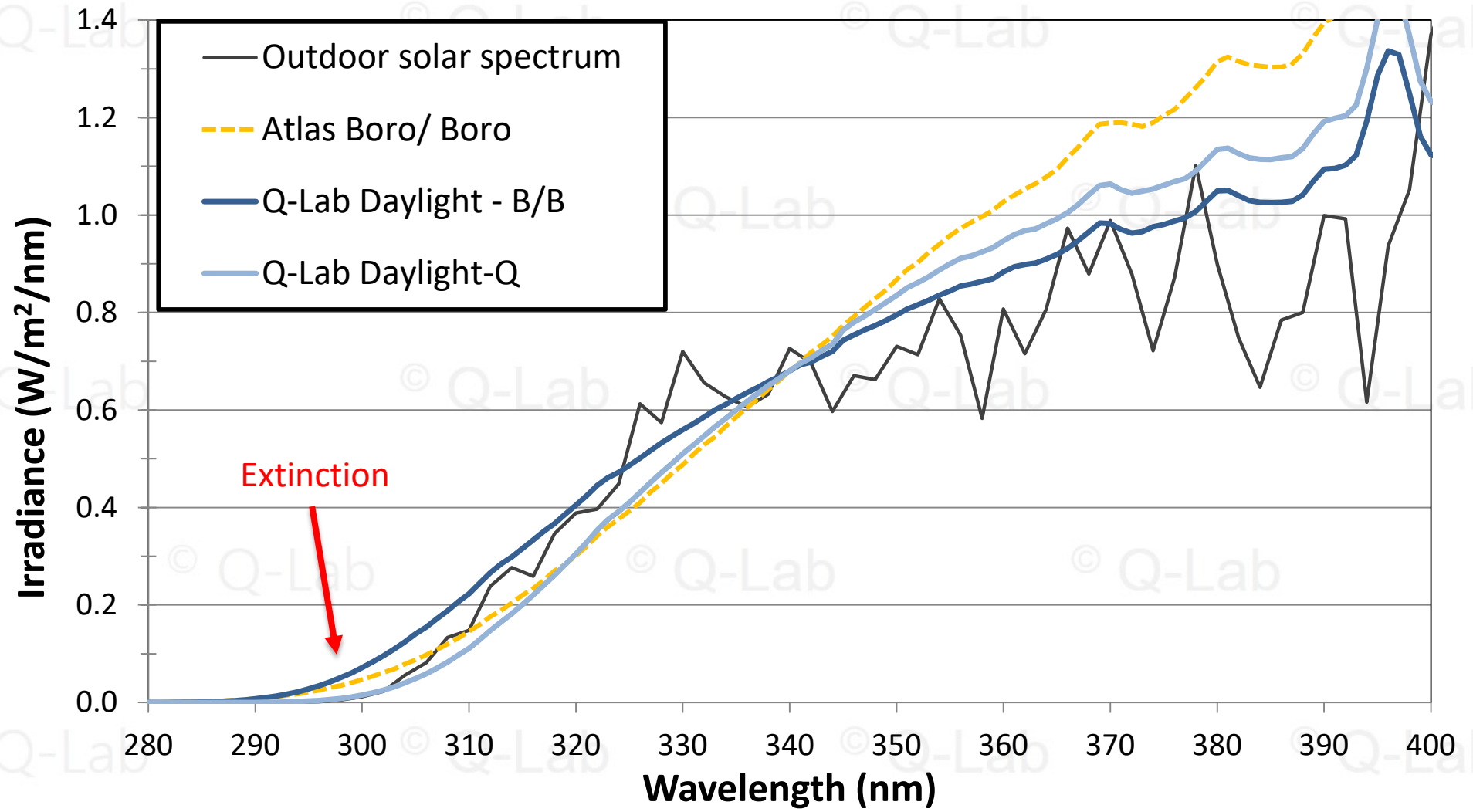
“lanterne”  
pour carrousel  
rotatif



Filtres plans

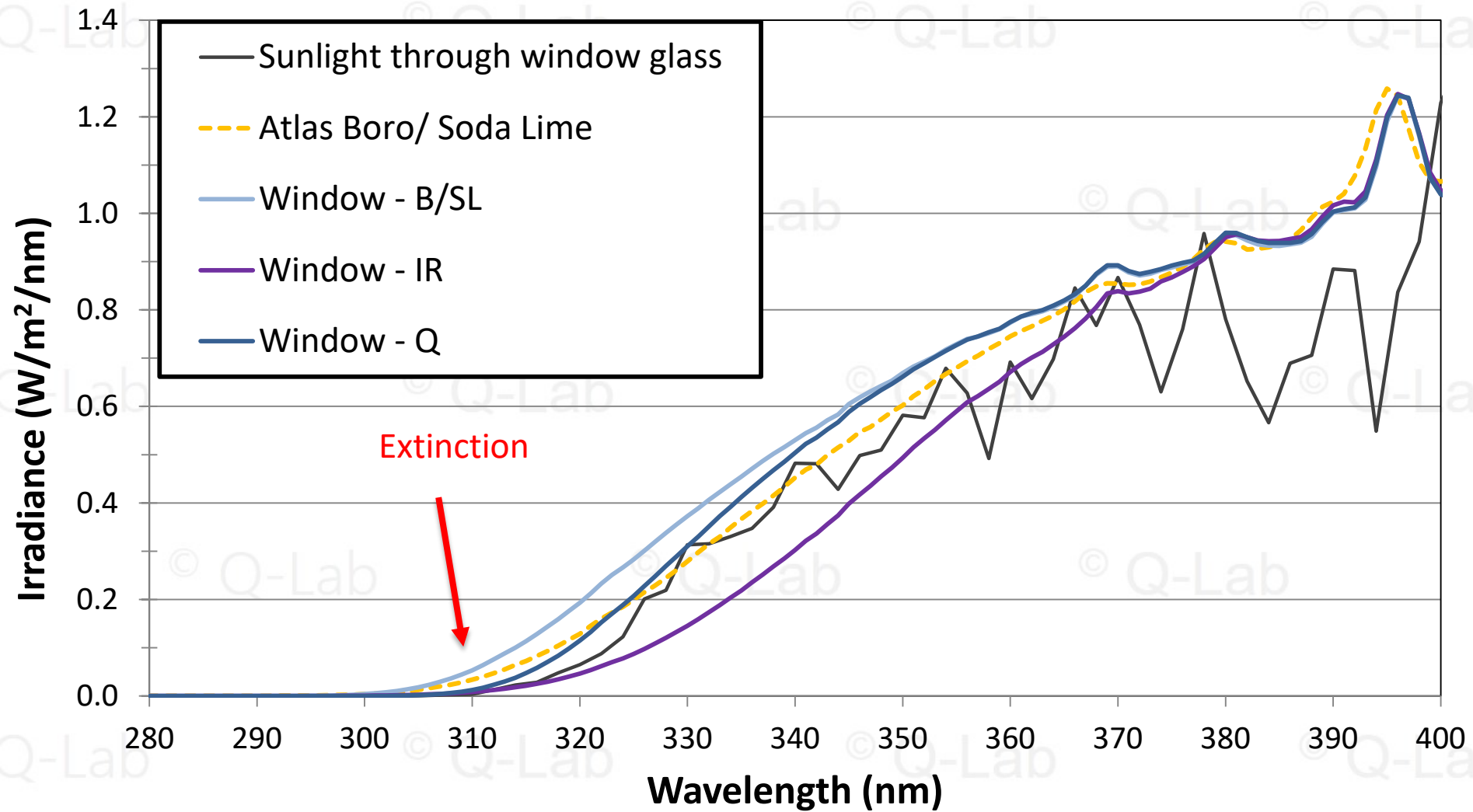


# Filtres Lumière du jour



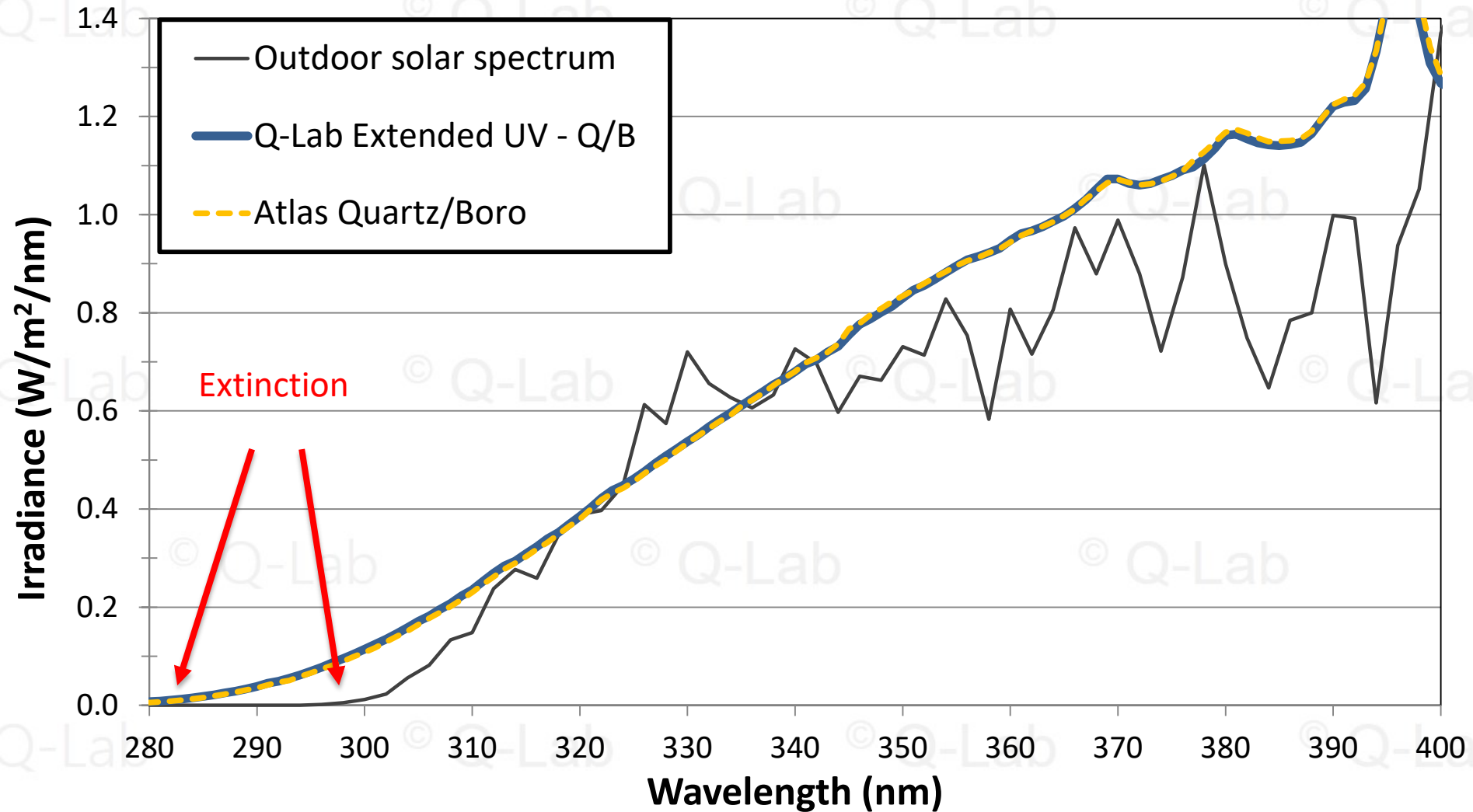


# Filtres verre de vitre





# Filtres zone UV étendue



# Vieillessement des filtres optiques refroidissement air vs eau

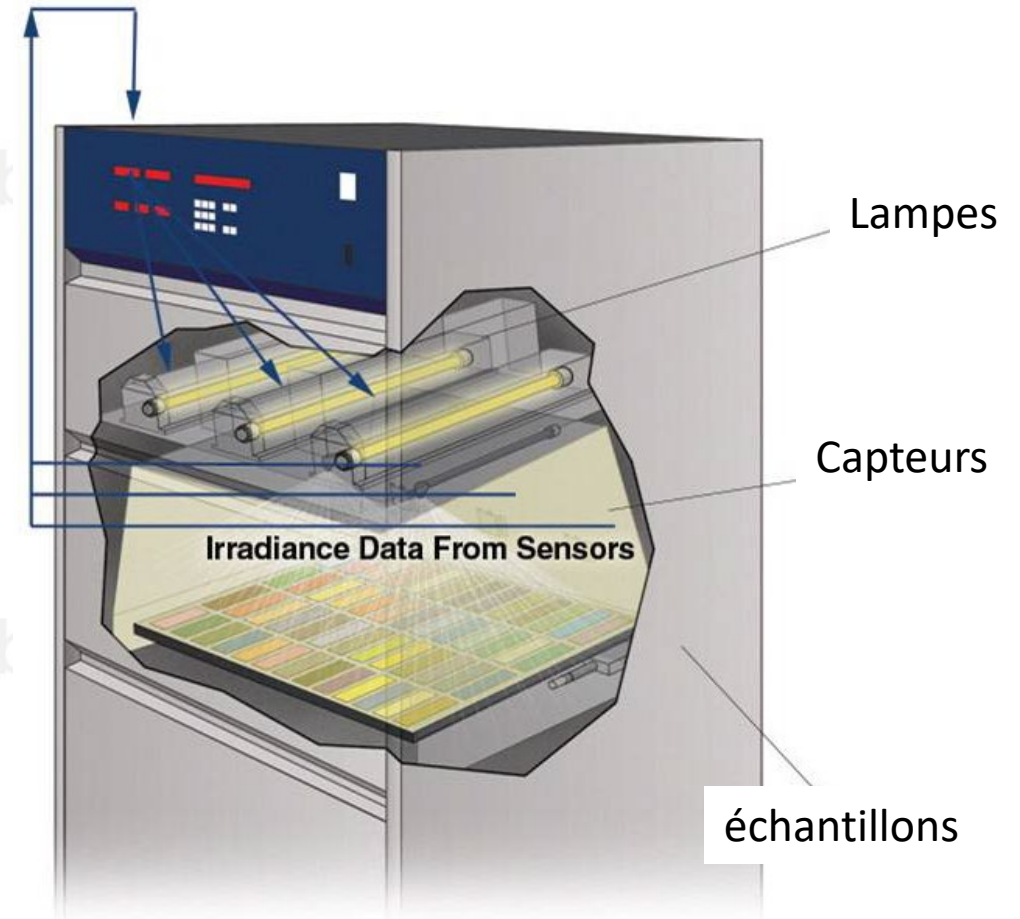
- Les filtres optiques refroidis à l'eau sont remplacés toutes les 400 à 2000 heures
  - Les contaminants, même avec une eau pure, réduisent la transmission du filtre
- La quasi totalité des filtres optiques refroidis à l'air ne se remplacent jamais.

# Régulation en irradiance Q-SUN SOLAR EYE™

## Boucle d'asservissement

- Lampe arc au xénon
- Capteurs d'irradiance
- Contrôleur

La longueur d'onde à laquelle est mesurée l'irradiance est appelée le point de régulation.




# Point de régulation en irradiance

- Régulation en irradiance en fonction du type de filtre et du type de test afin de gagner en répétabilité et reproductibilité
  - 340 nm
  - 420 nm
  - Total UV TUV (300-400 nm)
  - Global (300-800 nm) – non recommandé
    - Les longueurs d'onde courtes qui sont responsables de la photodégradation
    - Non prise en compte du vieillissement de la lampe
- Vieillessement des lampes à arc au xénon : irradiance compensée mais pas les modifications spectrales.

# Régulation en température de surface sur panneau noir

- Le plus courant dans les normes
- Une bonne simulation de la température maximum de surface
- Peut être utilisée en combinaison avec une régulation en température d'air

# Capteur de température panneau noir

Panneau noir	Construction	ASTM Designation	ISO Designation
	Acier inox peint en noir	Panneau noir non isolé	Panneau noir
	Acier inox peint en noir monté sur plaque PVDF de 0.6 cm	Panneau noir isolé	Standard noir

*\* Il existe des panneaux blancs pour certaines applications*

# Régulation en température d'air

- Requisite dans certaines normes (ISO 4892-2, ISO 105 B02)
- Obligatoire pour la régulation en humidité (RH)
- Le capteur doit être protégé de la lumière
- Delta de température entre panneau noir et température d'air (radiations)



# Régulation en humidité

- Requise dans beaucoup de normes
  - Textiles (ISO 105B02)
  - Automobile (SAE)
- La plupart des enceintes à arc au xénon régulent en humidité
  - Bouilloire
  - Nébulisateur
  - Atomisation
- Les matériaux très durables sont peu sensibles à l'humidité relative. En revanche, la condensation et la pulvérisation les dégradent fortement.

# Pulvérisation d'eau

## Pulvérisation directe

- Méthode basique de simulation de la pluie
- Calibration décrite dans ASTM D7869

## Pulvérisation arrière

- Initialement développée pour simuler la condensation. Succès relatif mais encore décrite dans certaines méthodes (SAEJ 2527)

## Pulvérisation double

- Second circuit de pulvérisation (pluie acide, solutions de nettoyage)

## Immersion

- En alternative à la pulvérisation



# Technologie arc au xénon : résumé

- La meilleure simulation du spectre solaire complet
- Régulation en irradiance : compensation lampe
- Bonne régulation en température ( surface et air)
- Pulvérisation d'eau and régulation en RH
- Coûts plus élevés qu'une enceinte UV



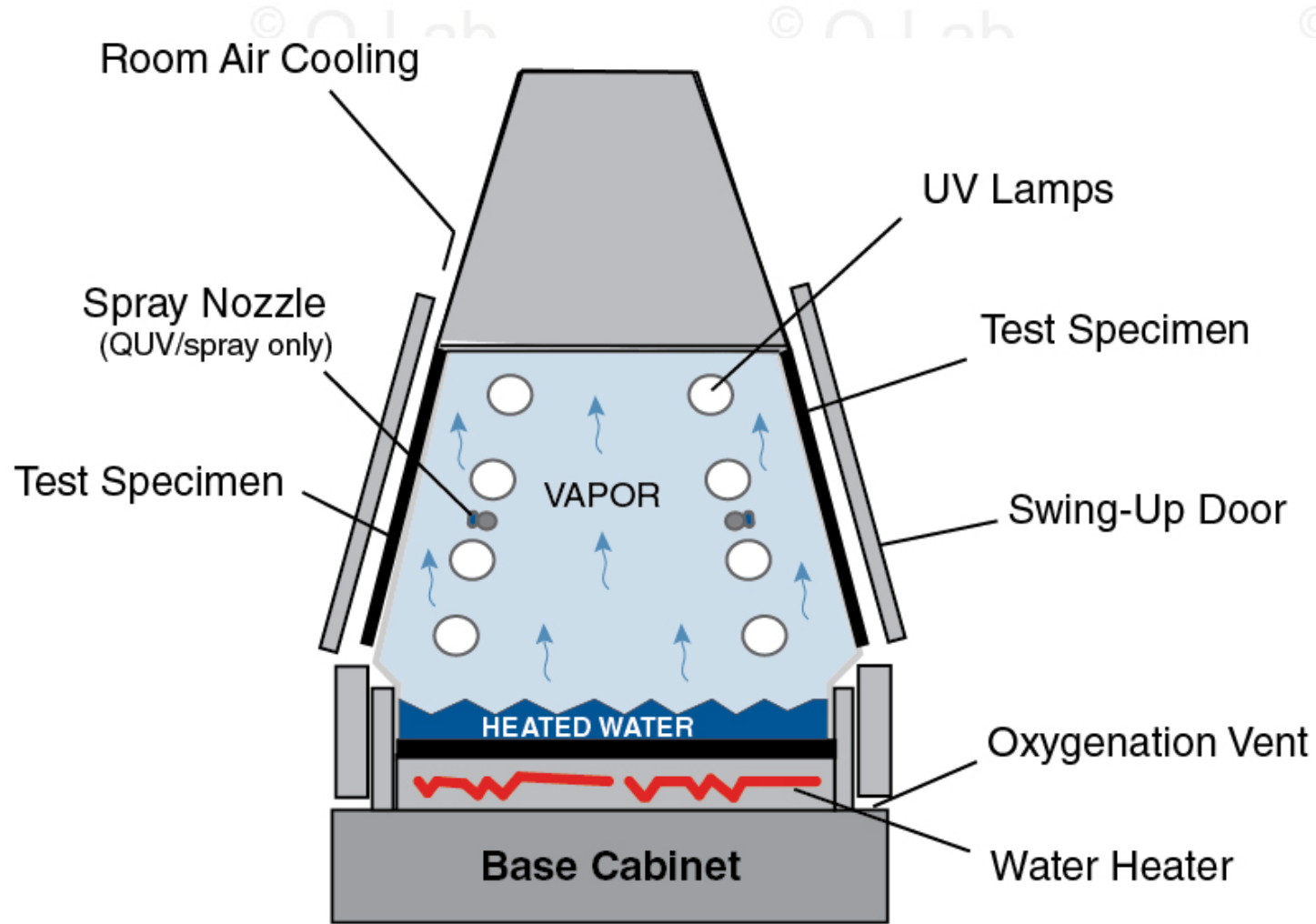
# Vieillissement accéléré : technologie UV

# Enceinte de vieillissement aux UV

## Modèle QUV/se



# Principle

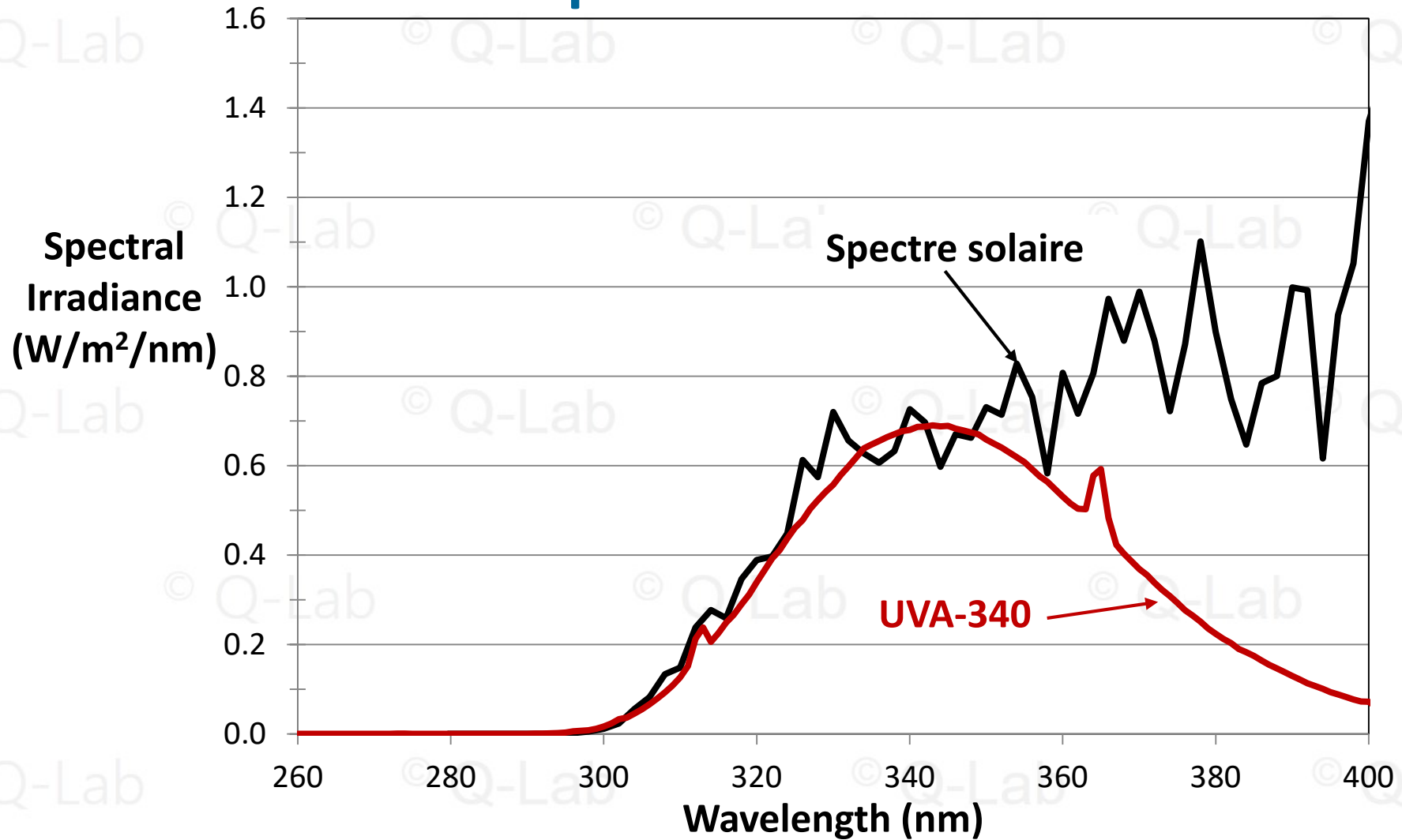


# Différentes sources UV

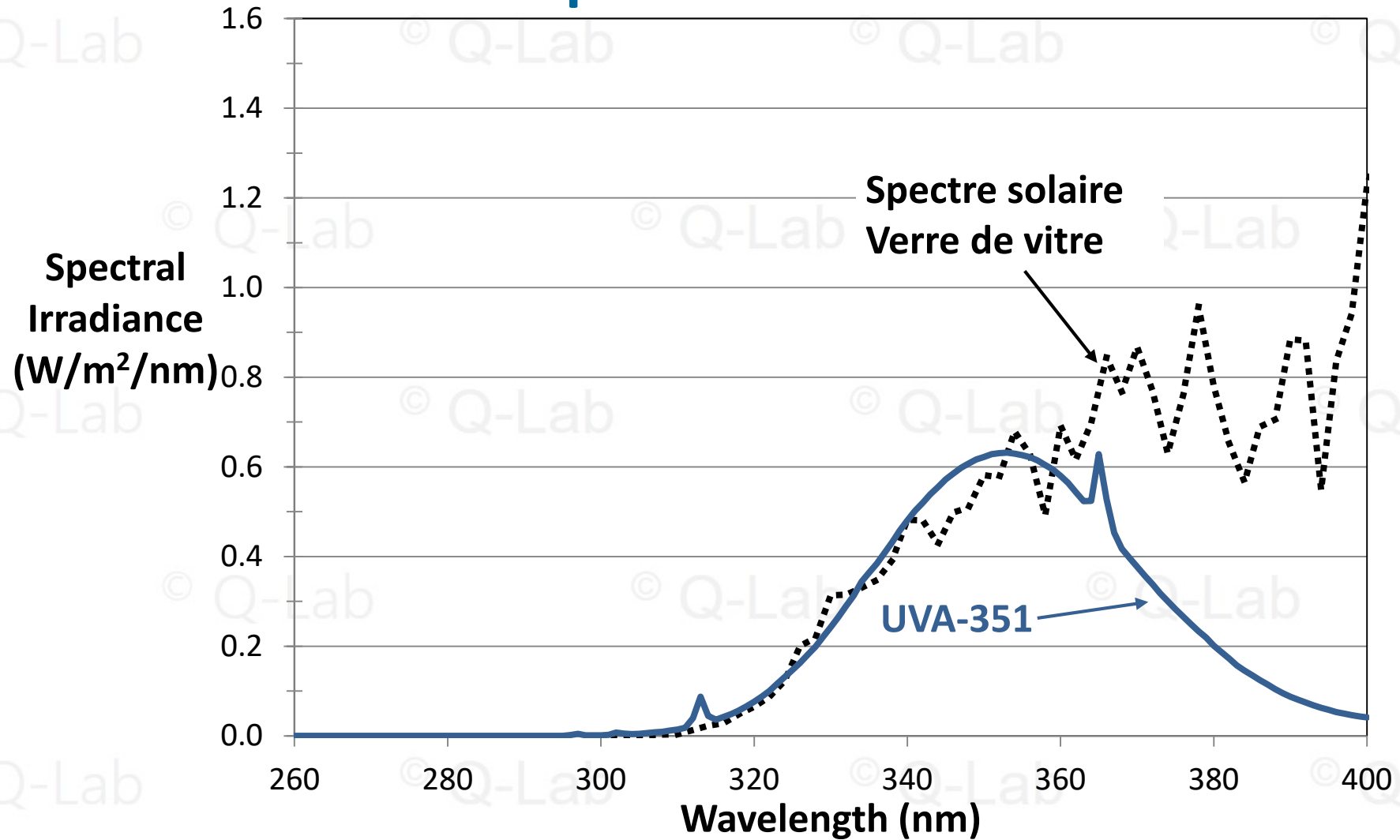
- UVA-340 (partie UV du spectre solaire naturel )
- UVA-351 (UV filtrées verre de vitre)
- UVB-313EL/FS-40 (zone UV étendue)
- Cool White (lumière artificielle de bureau)



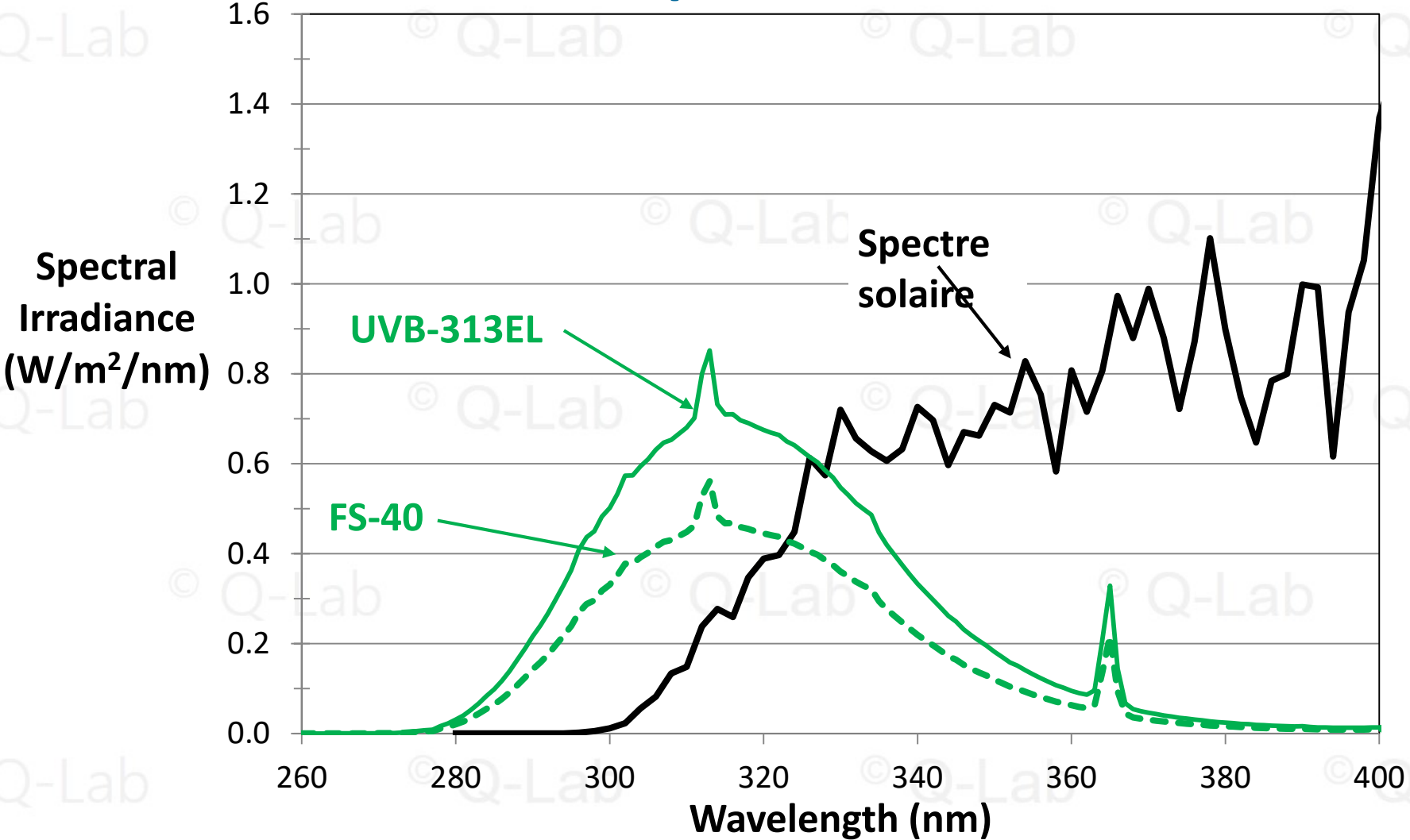
# Lampes UVA-340



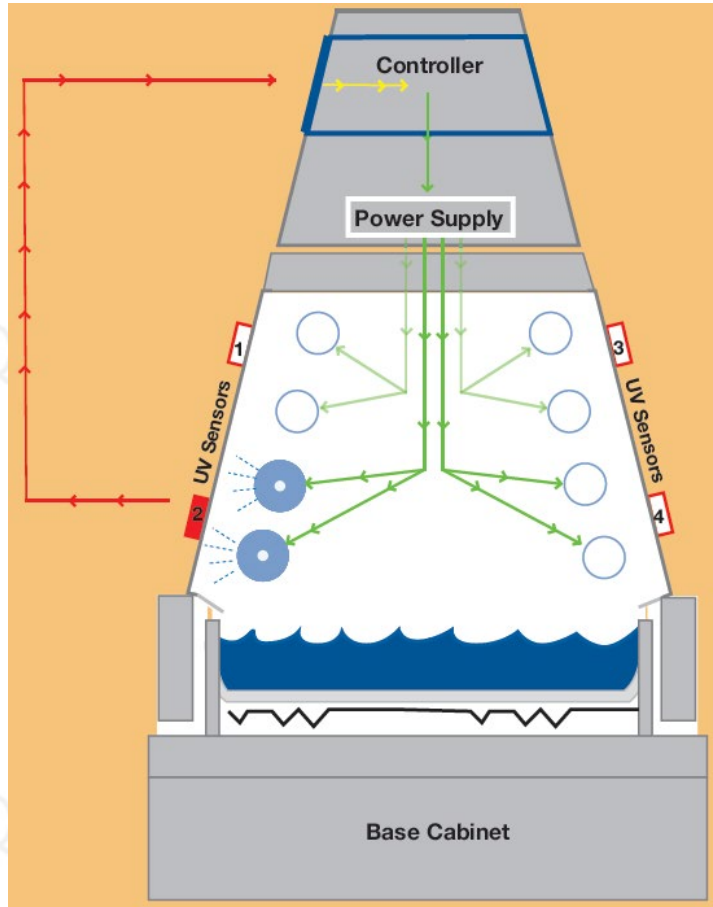
# Lampes UVA-351



# Lampes UVB



# Régulation en irradiance QUV SOLAR EYE™



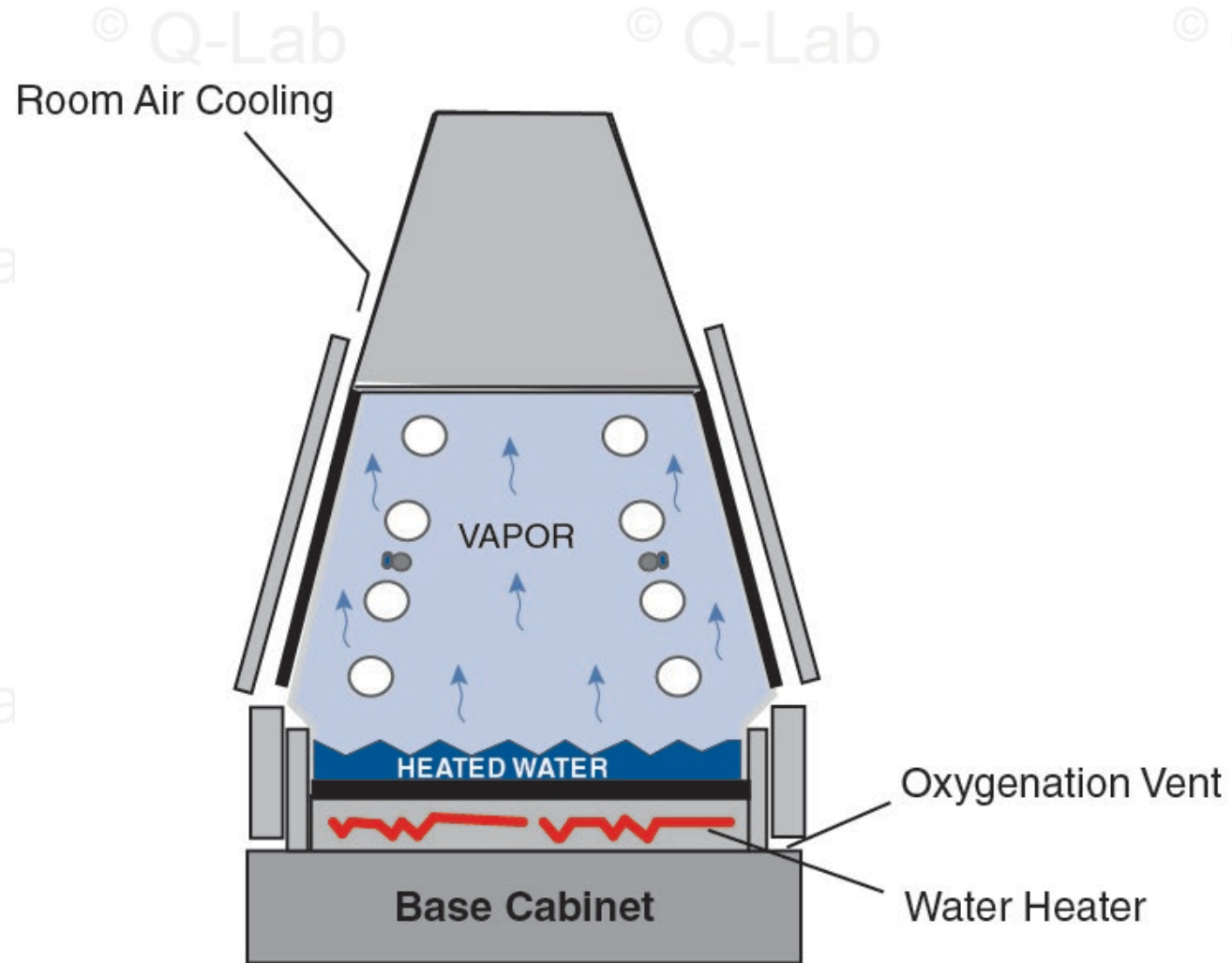
## Boucle d'asservissement

- Lampes UV
- Capteurs d'irradiance
- Contrôleur

# Avantages des lampes UV

- Résultats très rapides
- Régulation en irradiance précise
- Spectre très stable dans le temps
- Peu de maintenance
  - calibration facile
- Coûts d'utilisation et de maintenance faibles

# Condensation



# Impact de la condensation

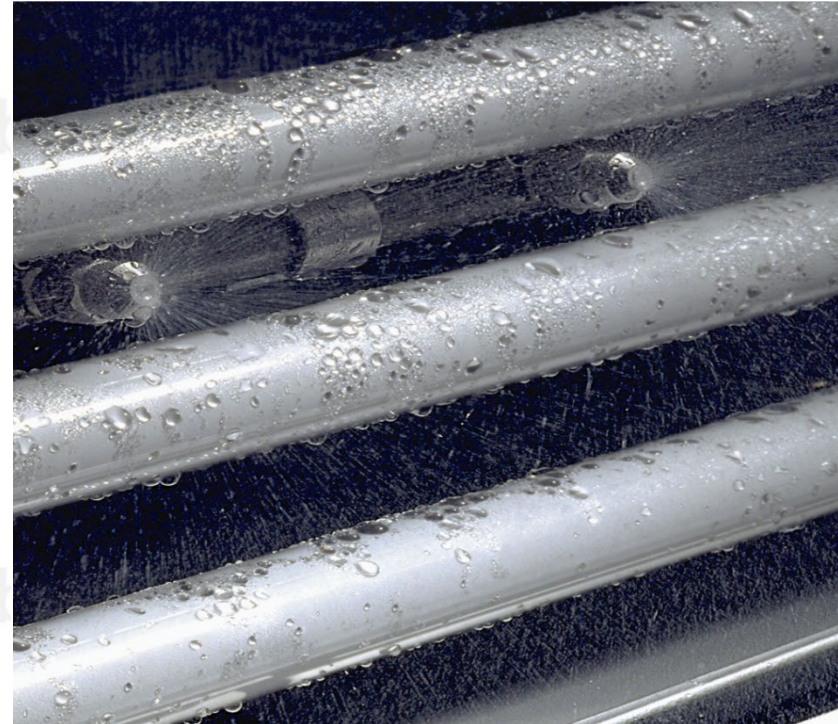
- Simulation de la rosée naturelle
- Facteur d'accélération
- Température élevée
- Concentration élevée en Oxygène
- Distillation de l'eau – pas de dépôt sur vos échantillons





# Pulvérisation d'eau

- Saturation d'eau en surface
- Chocs thermiques et érosion



# Technologie UV : résumé

- UVA-340 : la meilleure simulation de longueurs d'onde courtes
- UVB-313 : plus rapide, plus sévère
- Stabilité spectrale
- Pas de longueurs d'onde dans le visible
- Condensation réaliste et agressive
- Pulvérisation mais pas de régulation en RH

# Enceintes UV et arc au xénon

## Technologies complémentaires

### UV

- 
- UVA-340 : la meilleure simulation de longueurs d'onde courtes
- 
- UVB-313 : plus rapide, plus sévère
  - Pas de longueurs d'onde dans le visible
- 
- Stabilité spectrale
- 
- pas de régulation en RH
  - Condensation et pulvérisation
- 
- Compétitif et facile à utiliser

### Arc au xénon

- 
- simulation du spectre solaire complet
- 
- UV + Visible + IR
- 
- Variation spectrale dans le temps
- 
- régulation en RH et pulvérisation
- 
- Système plus réaliste mais complexe

# Nous allons aborder les thèmes suivants :

- Les principes de base du vieillissement à la lumière
- Pourquoi réaliser des essais de vieillissement?
- Les techniques de vieillissement accéléré
  - arc au xénon et UV
- **Les conditions d'un test pertinent**

# Quel type de test dois-je conduire ?

Type de test	Résultat	Durée de l'essai	Evaluation du résultat Par rapport à
Contrôle qualité	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-défini</li> <li>• Plutôt court</li> </ul>	Spécification produit
Qualification / validation	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-défini</li> <li>• Plutôt long</li> </ul>	Matériau de référence Spécification produit
Corrélation	Classification	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durée modulable</li> </ul>	Exposition naturelle sur Site de référence
Prédiction	Durée de vie Facteur d'accélération	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durée modulable</li> <li>• Très long</li> </ul>	Exposition naturelle en conditions d'utilisation

# Régardez le sujet dans son ensemble

- Identifiez le type d'essais à conduire
  - Gardez en tête que le vieillissement naturel sera obligatoire si vous souhaitez faire de la corrélation et de la prédiction
- Identifiez les conditions d'utilisation de vos produits
  - Intérieur et/ou extérieur
  - Environnement humide
  - Environnement chaud

# Bibliographie

- Renseignez-vous sur les normes existantes dans vos métiers
- Consultez les laboratoires experts et accrédités
- Consultez [www.q-portal.net](http://www.q-portal.net) et sa bibliothèque de normes
- Consultez vos fournisseurs de matières
- Consultez Q-Lab même si vous n'avez pas de machine



# Questions?



[info@q-lab.com](mailto:info@q-lab.com)

[j.chassaing@labomat.com](mailto:j.chassaing@labomat.com)