

Étude protocole vieillissement accéléré

RAPPORT FINAL

Tom Alvarado⁽¹⁾, Frederic Wielezynski⁽¹⁾, Dominique Mangin⁽¹⁾,
Fanny Casamajor⁽¹⁾, Stephane Graissaguel⁽²⁾

(1) Laboratoire de Physique, (2) IBC/ CIAT

Date de début du projet : Mars 2017
Date de fin du projet : Décembre 2017
Confidentialité : OUI

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Partenaires

Logos des partenaires

Avec le soutien

CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

Autres logos de financeurs



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. Les phénomènes mis en jeu dans le vieillissement du bois et du bois avec finition	4
2.1 Généralités sur le vieillissement du bois et du bois avec finition	4
2.2 Conséquence de l'eau et de l'humidité	4
2.3 Conséquences des rayons UV	5
2.4 Conséquences de la température.....	5
2.5 Conséquences de l'érosion	5
3. Présentation du cycle QUV	6
3.1 Généralités sur le cycle QUV.....	6
3.2 Présentation générale	6
3.3 La condensation	7
3.4 L'exposition aux rayons UV	8
3.5 La pulvérisation sans UV	9
3.6 Les échantillons testés	10
3.7 Contrôle final	10
4. Présentation du cycle de la RDA	12
4.1 Généralités sur le cycle RDA.....	12
4.2 Exposition aux lampes.....	13
4.3 Passage à l'air ambiant	14
4.4 Passage dans le bac d'eau osmosée	14
4.5 Passage à l'air ambiant	14
4.6 Echantillons testés	14
5. Panneau radiant	15
5.1 Généralités sur le panneau radiant.....	15
5.2 Chauffage.....	16
5.3 Arrêt durant 1 minute.....	16
5.4 Arrosage.....	16
5.5 Arrêt durant 4 minutes	16
5.6 Essais en dehors du cycle	17

6.	Comparaison QUV / RDA.....	17
6.1	Comparaison des moyens employés.....	17
6.2	Comparaison des cycles	20
7.	Propositions de transformation de la RDA.....	22
7.1	Généralités sur les transformations de la roue.....	22
7.2	Les rajouts au carter de protection	22
7.3	Ajout de thermomètres	23
7.4	Machine à vapeur.....	24
7.5	Les lampes fluorescentes	25
7.6	Insertion des buses de pulvérisation.....	27
7.7	Comparaison cycles QUV / RDA modifiée.....	28
8.	Essais comparatifs	30
8.1	Programme et résultats de l'essai de comparaison Trempage-Pulvérisation ...	30
8.2	Programme de l'essai de comparaison QUV-RDA modifiée	31
9.	Transformation du panneau radiant.....	34
9.1	Généralités sur les transformations du panneau radiant.....	34
9.2	Remplacement des lampes Osram par les tubes fluorescents	34
9.3	Installation des buses de pulvérisation	35
9.4	Caisson de protection + Condensation	36
9.5	Autres dimensions.....	37
10.	Conclusions de l'étude et perspectives.....	38
Annexe A : Evaluation du cloquage.....		39
Annexe B : Evaluation de l'écaillage		40
Annexe C : Evaluation du craquelage		41
Annexe D : Evaluation de l'aspect général.....		43
Annexe E : Bibliographie, Sitographie.....		44

1. INTRODUCTION

Il existe différents appareils utilisés en laboratoire ou en industrie, capables de produire de manière accélérée le vieillissement du bois dû à l'action d'agents climatiques naturels. Bien qu'ils ne reproduisent pas le vieillissement naturel (VN) de manière exacte, car celui-ci est soumis à de nombreux phénomènes aléatoires, ils permettent de faire des évaluations et d'avoir des résultats comparables à ceux du VN en peu de temps. Parmi eux, la Roue de dégradation artificielle (RDA ou Roue Gardner), très répandue et utilisée chez les menuisiers, le QUV et le panneau radiant. La roue permet de tester des échantillons de tailles assez importantes et surtout volumiques (profilés réels de fenêtre) mais donne des résultats moins représentatifs de la réalité que le QUV qui lui, ne peut tester que des éprouvettes planes de petites dimensions (20mm d'épaisseur maximum) et permet d'obtenir des résultats plus comparables à la réalité. Le panneau radiant, lui, permet de tester la réaction face aux différences de climat (en particulier la température) des pièces de menuiserie de tailles très importantes telles que des portes ou des fenêtres entières.

Le but de cette étude est de proposer des solutions pour transformer la RDA et le panneau radiant. L'objectif étant de tester des éprouvettes de tailles importantes avec ces deux méthodes tout en ayant des résultats aussi proches que possible de ceux obtenus avec le QUV. Pour atteindre cet objectif, il était nécessaire d'identifier les différents phénomènes mis en jeu dans le processus de vieillissement, ainsi que les cycles et procédés employés pour chaque méthode de vieillissement accéléré (VA).

Il s'agissait dans un premier temps de faire des recherches sur les conséquences physico-chimiques des agents climatiques sur le bois et ses finitions. Une fois ces phénomènes identifiés, une étude approfondie et détaillée des normes, de chaque cycle et de chaque méthode de vieillissement accéléré dont il est question dans cette étude, a permis d'identifier les éventuelles forces et faiblesses de chacune d'entre elles. Ceci a permis d'établir un cahier des charges pour la modification de la roue et du panneau afin que leurs cycles se rapprochent de celui du QUV.

Pour finir, quelques pré-tests comparatifs trempage/pulvérisation ont été réalisés par anticipation d'une intercomparaison finale qui serait à réaliser à l'issue des transformations. L'objectif étant d'identifier les différences de résultats sur l'humidité du bois entre l'action mécanique d'une pulvérisation type QUV et le trempage utilisé avec la RDA. Il a également été formalisé un programme d'essais comparatifs à réaliser lorsque les modifications choisies et validées concernant la roue auront été réalisées. Ce programme doit permettre d'identifier en quoi les résultats obtenus par la RDA modifiée s'éloignent de ceux obtenus par une RDA « normale », tout en se rapprochant de ceux obtenus en QUV.

Ont également fait partie de l'équipe projet de cette étude : Laurence Podgorski et Marc Sigrist.

2. Les phénomènes mis en jeu dans le vieillissement du bois et du bois avec finition

2.1 Généralités sur le vieillissement du bois et du bois avec finition

Avant toutes choses, il est important d'identifier les phénomènes d'agression du bois et des finitions qui entrent en jeu lors du vieillissement. Qu'ils soient physiques ou chimiques, ces phénomènes auront des effets différents sur la dégradation de la surface.

Le bois est un matériau hétérogène polymérique et composite. On peut classer les constituants du bois en deux types de substances : Les substances macromoléculaires des parois cellulaires (celles qui vont le plus nous intéresser pour les problématiques du vieillissement) telles que la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Ainsi que les substances de faible poids moléculaire comme les extractibles et les substances minérales (cendres). Ces particularités le rendent très sensible aux agents de dégradation naturels (eau, rayons UV...). C'est pourquoi il est nécessaire d'appliquer une finition au bois afin de le protéger contre le rayonnement solaire et réduire ses échanges avec l'atmosphère.

2.2 Conséquence de l'eau et de l'humidité

Tout d'abord l'action physique et chimique de l'eau a un impact sur le revêtement extérieur du bois. En effet, les liants (constituants présents dans les finitions ayant pour but de réunir tous les composants de la finition) que l'on trouve dans les peintures, vernis et lasures sont plus ou moins sensibles à l'eau. Ceci vient du développement des réactions d'hydrolyse. En effet, prenons un groupement X-Y présent dans la molécule du liant. Par réaction avec l'eau, il se passe : $X-Y + H_2O = X-OH + H-Y$.

L'eau a donc « coupé » la chaîne, ce qui provoque une perte des propriétés mécaniques.

Mais l'eau ne se contente pas de dégrader uniquement la surface du bois, elle s'infiltré à l'intérieur. Les substances telles que les hémicelluloses et la lignine sont hydrophiles. Les molécules d'eau sont adsorbées par les groupes O-H présents au niveau des hémicelluloses. Elles entrent ainsi dans les constituants du bois et ont une influence considérable sur ses propriétés physiques et mécaniques. En effet la présence d'eau provoque le gonflement du polymère et va ainsi conduire à des variations dimensionnelles et au développement de contraintes internes. De ce fait, un cercle sans fin se crée puisque ces contraintes internes provoquent des fissures qui vont permettre à l'eau et l'humidité de s'infiltrer davantage.

Du fait des différents phénomènes liés à la pression au sein même du bois, on verra apparaître la formation de cloques pouvant aller jusqu'au décollement complet de la finition. Il est également à noter que la dureté de l'eau a une influence considérable sur les agressions du bois. Afin de simuler au mieux l'action de la pluie en laboratoire, il est nécessaire d'utiliser de l'eau osmosée.

2.3 Conséquences des rayons UV

Bien que les rayons visibles et infra-rouges constituent la majorité du rayonnement du soleil, ce sont les rayonnements ultra-violet qui sont les plus dangereux. Leur très grande énergie provoque de nombreux dégâts aux polymères. Les UV A (de 315 à 400 nm) et UV B (de 280 à 315 nm) sont responsables des dégradations causées aux polymères. En effet, notamment par exemple pour le bois, sous l'influence des rayonnements UV, la lignine va réagir. Les chromophores présents sur la structure moléculaire de la lignine vont intervenir dans la photo-dégradation. Il résulte de cette réaction un radical stable, le gaïacoyle, responsable de la modification de la couleur du bois au cours du vieillissement. L'oxygène intervient dans toutes les étapes de la photo-dégradation.

2.4 Conséquences de la température

Les différentes finitions que l'on peut trouver sur le bois ainsi que les différentes couleurs qui en résultent vont avoir des réactions différentes face à l'énergie solaire. Les couleurs foncées vont réagir comme des capteurs d'énergie solaire pouvant atteindre jusqu'à 80°C à leur surface en été. Mais en hiver, cette température peut grandement diminuer jusqu'à atteindre - 50°C pour les plus extrêmes. Ces écarts de température extrêmement importants, peuvent être à l'origine de fortes contraintes thermoplastiques et conduire à l'apparition de fissures. D'un point de vue pratique également, une forte élévation de la température peut provoquer un durcissement de la finition accompagné d'une perte de souplesse. Le bois revêtu s'en trouve grandement fragilisé, ce qui va créer des fissures dues aux variations dimensionnelles que la finition ne sera plus capable d'accompagner.

2.5 Conséquences de l'érosion

L'érosion est provoquée par la pulvérisation d'eau, ses conséquences sont donc celles de l'eau et de l'humidité (paragraphe 1.1). Suite à cette érosion la vapeur d'eau est un facteur pertinent à prendre en compte pour certaines finitions (les finitions acryliques en phase aqueuses notamment). L'érosion peut entraîner une entrée d'eau sous le film de finition sous forme de vapeur, qui se condense ensuite suite aux changements climatiques et provoque une accumulation d'eau liquide entre le bois et le film de finition. Cette accumulation peut alors générer des problèmes de pourriture du bois.

3. Présentation du cycle QUV

3.1 Généralités sur le cycle QUV

Dans un premier temps, il est nécessaire d'étudier et d'identifier en détail chaque principe, chaque cycle et chaque procédé utilisés par le QUV pour vieillir les échantillons de manière artificielle. C'est sur ce principe de fonctionnement que l'étude devra se baser pour modifier la RDA et le panneau radiant. Pour les données techniques et les détails des durées, se référer aux tableaux comparatifs QUV/RDA (paragraphe 6.7)



Figure 1 : Enceinte QUV



Figure 2 : Enceinte QUV ouverte

3.2 Présentation générale

Les revêtements de peintures, vernis et produits assimilés sont vieillis en laboratoire afin de simuler les processus de vieillissement qui entrent en jeu de manière naturelle. Si l'on veut obtenir une corrélation correcte entre le vieillissement artificiel et naturel il faut connaître précisément l'influence des paramètres importants sur le revêtement. La méthode du vieillissement artificiel va alors permettre de déterminer la résistance des revêtements pour bois. L'appareil est équipé de lampes UV fluorescentes et de dispositifs de condensation et de pulvérisation d'eau car les trois principaux facteurs qui vont contribuer au processus de vieillissement sont le rayonnement lumineux, la température et l'humidité. L'enceinte d'essai est constituée d'un matériau résistant à la corrosion. Elle contient les lampes, un plateau rempli d'eau chaude, des buses de pulvérisation et les supports des panneaux d'essai. Après avoir été sollicités par tous ces facteurs durant un cycle de 12 semaines que nous allons détailler, les échantillons sont contrôlés. Ce cycle est décrit précisément dans la norme **NF EN 927-6**.

3.3 La condensation

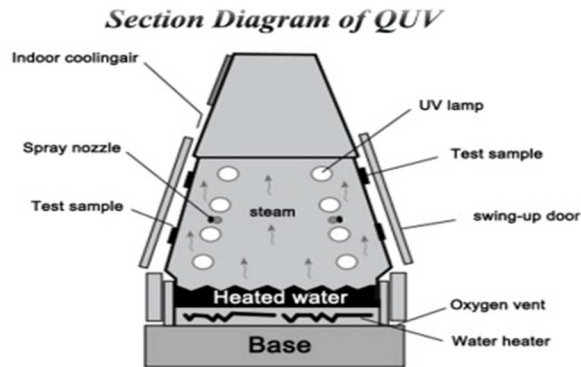


Figure 3 : Schéma de la condensation en QUV

Le but de cette phase est de simuler la rosée et l'action de la vapeur d'eau à la surface des échantillons. Pour se faire, on chauffe l'eau osmosée présente dans le bac grâce à une résistance, celle-ci va alors passer à l'état de vapeur, ce qui va créer un environnement riche en vapeur d'eau chaude et ainsi produire une Humidité Relative de 100% à une température de 45 ± 3 °C pendant 24 heures.

Comme on peut le voir sur le schéma (figure 3), les échantillons sont placés de telle sorte que leurs faces intérieures soit en contact avec la vapeur d'eau chaude. En revanche, l'arrière des échantillons est du côté de la salle et donc à la température ambiante, bien plus froide que celle de la vapeur. Cette différence de température est à l'origine de la condensation sur la face intérieure de l'échantillon. Cette eau condensée contient de l'oxygène dissous, tout comme la rosée, or c'est un élément important de la dégradation du bois.



Figure 4 : Circuit de purification de l'eau du QUV

Chaque QUV contient un système de purification ou recirculation comprenant une pompe et des filtres qui permet de réutiliser l'eau dans un circuit continu, notamment pour la pulvérisation, et ce, tout en la conservant à l'abri de toute contamination.

L'eau utilisée (identique à celle utilisée lors de la phase de pulvérisation) doit avoir une valeur de pH comprise entre 5,0 et 7,5 et une conductivité électrique maximale de 2 mS/m mesurée à (25 ± 1) °C.

3.4 L'exposition aux rayons UV



Le système comporte 4 tubes fluorescents UVA 340 de chaque cotés. La lampe émet une lumière UV à partir d'un arc au mercure basse pression. L'éclairement énergétique doit être de 0,89 W/m² à 340 nm. Il est contrôlé grâce à des capteurs situés au même niveau que les échantillons. Durant cette phase, une résistance chauffe pour atteindre un environnement à 60 ± 3 °C. Cela dure 2,5 heures par « sous-cycle » de 3 heures. Il y a 48 « sous-cycles » par cycle complet.

La longueur d'onde est comprise entre 290 et 400 nm avec un pic d'émission à 340 nm. Ces lampes reproduisent donc une partie du rayonnement solaire et les agressions liées aux rayons UV de celui-ci.

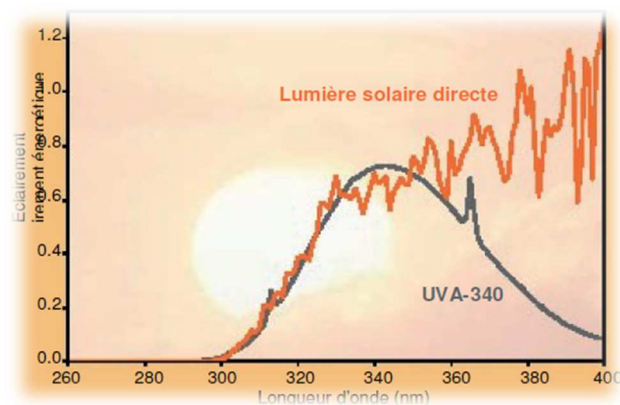


Figure 6 : Spectres du tube fluorescent et du soleil

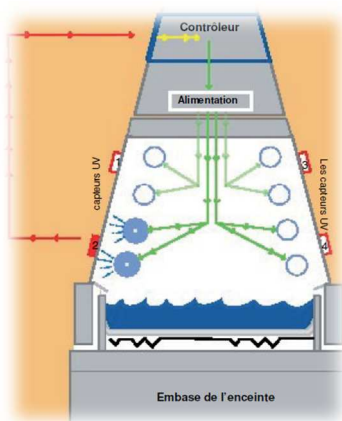


Figure 7 : Schéma boucle d'asservissement

Les appareils sont équipés d'un système de boucle d'asservissement automatique qui permet de surveiller et contrôler en continu l'éclairement. Lors du cycle UV, les capteurs intégrés mesurent la lumière de chaque paire de lampe et transmettent les données au contrôleur qui compare alors l'irradiance (éclairement) mesurée par rapport au point de consigne : 0,89 W/m² à 340 nm. Ensuite le contrôleur ajuste l'alimentation électrique des lampes afin de maintenir le point de consigne.

3.5 La pulvérisation sans UV

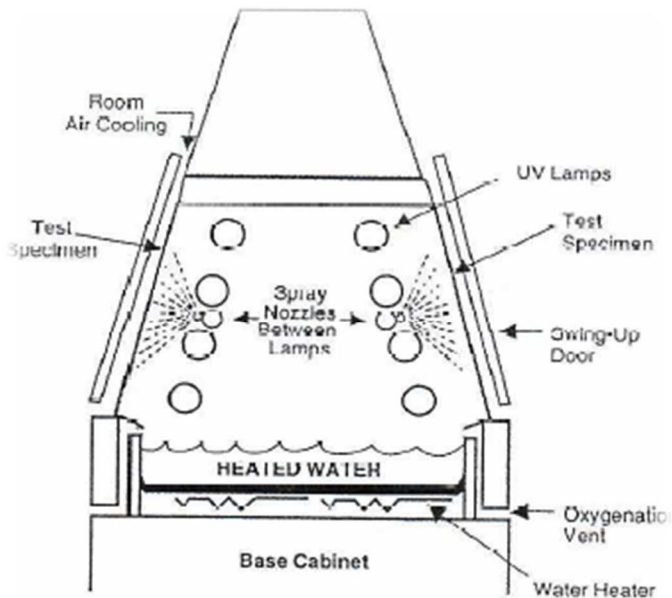


Figure 8 : Schéma de la pulvérisation du QUV

L'eau étant propulsée à un débit de 7l/min et à une pression de 225 à 550 kPa, les jets produisent une pulvérisation uniforme sur l'ensemble des éprouvettes simulant ainsi l'action de la pluie. L'eau utilisée est toujours de l'eau osmosée car le but est de simuler l'action de la pluie qui est de l'eau pure.



Figure 9 : Buses de pulvérisation du QUV

Ce cycle d'une semaine est répété 12 fois.

3.6 Les échantillons testés



Les échantillons testés en QUV respectent des exigences bien précises. Dépourvus de nœuds, de fissures et de traces de résine, ils doivent avoir un fil droit et une inclinaison des cernes d'accroissement par rapport à la face de 5° à 45°. Leur dimension est de (150 ± 2) mm * (74 ± 1) mm * (18 ± 1) mm

Figure 10 : Echantillons mis en place

3.7 Contrôle final



Figure 11 : Echantillon avant le cycle QUV



Figure 12 : Echantillon après le cycle QUV

A la fin du cycle de 12 semaines, les contrôles sont faits. Les propriétés des revêtements exposés sont comparées avec celles de revêtements non exposés ayant été préparés à partir des mêmes produits de peinture, dans des conditions identiques.

A part pour l'évaluation du cloquage, réalisée une heure après la fin du cycle, les panneaux doivent être conditionnés pendant 7 jours à une température de (20 ± 2) °C et à une humidité relative de (65 ± 5) °C avant d'être contrôlés.

Cloquage

Conformément à la norme **EN ISO 4628-2**, les évaluations de la quantité et de la dimension des cloques s'expriment en notant les dimensions approximatives de la surface concernée ou sa proportion par rapport à la surface totale en pourcentage. Il est attribué une note de 0 à 5 qui va qualifier la quantité de cloques présente sur le revêtement. (Voir **Annexe A** extrait de la norme)

Ecaillage

L'évaluation se fait séparément pour chaque zone exposée à l'aide d'un microscope x10 conformément à la norme **EN ISO 4628-5**. Ceci est réalisé grâce aux deux tableaux de cotation pour la désignation de l'importance et de la dimension de l'écaillage. (Voir **Annexe B** extrait de la norme)

Craquelage

L'évaluation se fait conformément à l'**EN ISO 4628-4**. On utilise les deux tableaux de cotation pour la désignation de la quantité et de la dimension des craquelures. (Voir **Annexe C** extrait de la norme)

Farinage

Il ne faut pas confondre le farinage avec de la poussière. Le mode opératoire pour l'évaluation est décrit dans l'**EN ISO 4628-6**. On applique un morceau de ruban adhésif de 40 mm de long sur le revêtement sec. Il faut ensuite retirer le ruban et le placer sur un fond de couleur approprié, coté adhésif en contact avec le fond. Sous un éclairage constant, il faut alors évaluer sans délai le degré de farinage en comparant la quantité de matière arrachée par le ruban aux clichés de référence.

Brillant

La mesure de la brillance se fait avec un brillancemètre et avec un angle de lumière incidente de 60° conformément à la norme **EN ISO 2813**. Deux mesurages doivent être effectués avec le faisceau lumineux parallèle aux fils du bois. Deux mesurages supplémentaires sont nécessaires dans les zones adjacentes avec le faisceau lumineux incident venant de la direction opposée. Il faut ensuite calculer les valeurs moyennes du changement de brillant des trois panneaux exposés et du panneau de référence (non exposé).

Couleur

La couleur se mesure conformément à l'**EN ISO 7724-2** selon une géométrie de mesurage précise. On détermine les coordonnées trichromatiques de couleur CIE 1976 (L*a*b) pour l'illuminant normalisé D65 et l'observateur de référence, 10° pour chaque panneau en faisant la moyenne d'au moins 4 mesurages individuels.

Aspect général

L'aspect général correspond à l'impression visuelle donnée par le système de peinture soumis à l'essai. Il doit être évalué sur une échelle telle que définie dans l'**EN ISO 4628-1** en comparaison avec les panneaux témoins. (Voir **Annexe D** extrait de la norme).

Adhérence

Sur une surface propre, sèche et sans défauts, pratiquer une incision grâce à une règle et un outil coupant à lame unique avec une arête de 20 à 30°. Si un outil de coupe multilames est utilisé, l'indiquer dans le rapport d'essai. Il faut couper complètement l'épaisseur du revêtement jusqu'au substrat dans un même mouvement. Lisser le ruban sur toute la surface des incisions en appuyant fermement. Dans les 5 minutes suivant l'application du ruban, le retirer en l'arrachant rapidement selon un angle de 60°. Examiner la zone peinte pour déceler une éventuelle perte de revêtement et évaluer l'adhérence conformément à l'**EN ISO 2409**. L'essai doit être effectué deux fois sur chaque panneau exposé.

Chacun de ces contrôles donnent lieu à un rapport d'essai, dont le contenu est détaillé dans chacune des normes les concernant.

4. Présentation du cycle de la RDA

4.1 Généralités sur le cycle RDA

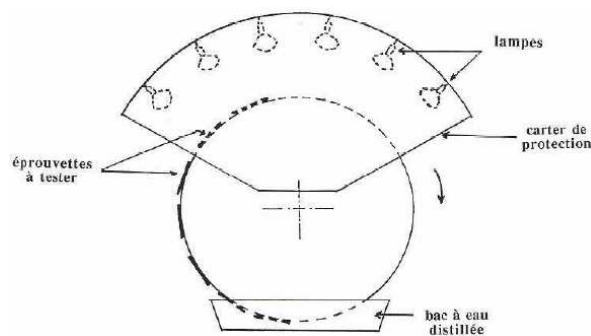


Figure 13 : Schéma de la RDA

Première méthode à transformer : la RDA. Comme pour le QUV, les procédés employés seront étudiés afin d'identifier les enjeux de cette méthode, ses forces et ses faiblesses. Pour les données techniques et les détails des durées, se référer aux tableaux comparatifs QUV RDA (paragraphe 5.1). Les différentes étapes du cycle sont détaillées ci-dessous. Ce cycle de **1h27min36s** est répété en continu durant 6, 12 ou 24 semaines.

4.2 Exposition aux lampes



Figure 14 : Lampes Ultra Vitalux

Les 6 lampes Ultra Vitalux Osram de 300 W et 230 Volts (lampes à Haute pression aussi appelées Radium – Sanolux HRC 300-280) ont pour objectif de simuler le rayonnement solaire. Pour un cycle (une rotation complète de la roue), cette phase dure **26min15s** pour la roue **CRDA 003**.

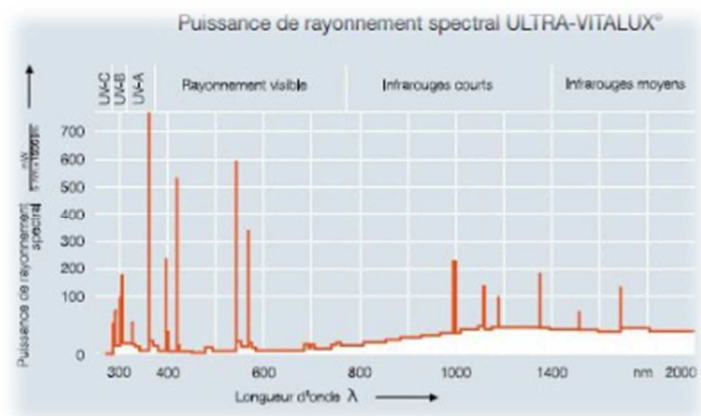


Figure 15 : Spectre d'émission des lampes Ultra Vitalux

Elles émettent dans l'UVA 280-315nm 2,2W/m², l'UVB 315-400nm 5,1W/m² et dans le visible (380-780nm 12W/m²), ainsi que dans l'infrarouge court et moyen.

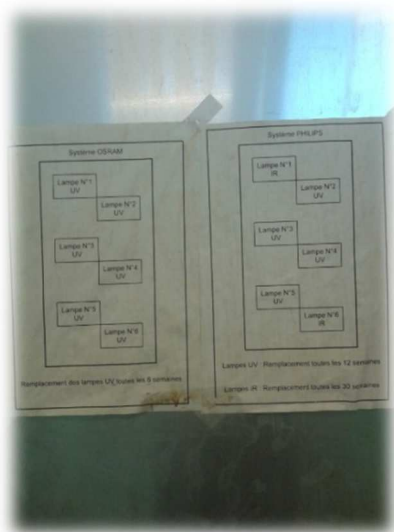


Figure 16 : Détails des configurations

Il existe néanmoins une deuxième configuration possible nommée « configuration Philips » qui consiste à alterner des lampes IR et UV dans la configuration suivante : IR/UV/UV/UV/UV/IR. Les lampes UV étant des lampes Ultra-Vitalux Osram ou des HPR 125 W et les lampes IR sont des lampes IR 375 CH. On ne s'intéressera pas à cette configuration par la suite car elle n'est plus utilisée.

4.3 Passage à l'air ambiant



Période de stabilisation/séchage à l'air ambiant. Les échantillons sont tout de même soumis à quelques sollicitations négligeables puisque l'humidité est un peu plus importante à cause de la présence du bain en dessous. Tout comme la température à cause des lampes au-dessus. Pour un cycle, la durée est de **24min35s**.

Figure 17 : Echantillons à l'air ambiant

4.4 Passage dans le bac d'eau osmosée

La dégradation naturelle liée à l'eau est ici simulée par trempage direct des échantillons dans un bain d'eau osmosée, ce qui diffère grandement de la méthode employée par le QUV (pulvérisation). Pour un cycle, les périodes de cette phase est de **12min35s**.



Figure 18 : Passage dans l'eau osmosée

4.5 Passage à l'air ambiant

Pour un cycle, la durée de cette période est de **24min11s**.

4.6 Echantillons testés

Les échantillons testés en RDA peuvent avoir des formes diverses et variées (voir figure 19 et 20). C'est un des principaux atouts de la RDA. Ils peuvent être constitués de montants et traverses réels. Ils sont scellés à leurs extrémités pour éviter que l'eau ne s'infilte par le bois de bout.



Figure 19 : Echantillon en forme de L



Figure 20 : Echantillon avec montant en plastique

Les contrôles entrepris au terme de ce cycle sont les mêmes que pour le QUV. Quand des mesures d'humidité doivent être faites, elles sont réalisées grâce à l'humidimètre HT 85 T sur lequel nous reviendrons plus tard.

Mis à part les mesures de couleur et brillant, l'analyse des altérations de surface au cours des différents vieillissements (accéléré ou naturel) se limite à des observations visuelles (craquelage, farinage etc...) bien que ces altérations soient cotées de 0 à 5 elles restent à l'appréciation de l'observateur.

5. Panneau radiant

5.1 Généralités sur le panneau radiant

La dernière méthode à étudier afin de prévoir ses transformations dans le but d'imiter au maximum le cycle QUV est le panneau radiant. L'objectif premier de ce dernier est quelque peu différent de celui du QUV et de la RDA. En effet il a pour but d'observer les dégradations liées aux différences de climats et de températures sur de « très grosses » pièces de menuiserie tels que les portes ou les fenêtres entières. Il est constitué d'un panneau de 310 cm * 153 cm sur lequel sont placées en écran, 75 lampes infrarouges espacées de 500 mm les unes des autres. Il y a des Osram 240 V IR1 250 W, des Osram 230 V IR1 205W et des Philips IR 250 CH IR2 230-250 V 250 W. Il n'a pas été possible de retrouver le spectre exact de ces lampes.

5.2 Chauffage

Les lampes émettent cette fois, un rayonnement infrarouge qui va chauffer un seul côté de la menuiserie, l'autre restant à température ambiante. Cette température de chauffage atteint 80 °C et est contrôlée grâce à un corps noir ayant un coefficient d'absorption dans le domaine du visible au moins égale à 0,90 ; ayant une résistance thermique comprise entre 0,1 et 0,2 K.m²/W, constitué d'une feuille d'aluminium avec une finition noire mate monté sur du polystyrène (isolant) ayant une résistance thermique entre 0,6 et 0,7 K.m²/W et incorporant une jauge de température. Le chauffage dure 50 minutes.



Figure 21 : Panneau radiant

5.3 Arrêt durant 1 minute

La menuiserie est laissée au repos sans aucune sollicitation extérieure durant une minute.

5.4 Arrosage

Cette partie a plutôt pour but de refroidir la face extérieure du corps d'épreuve afin de simuler certaines différences climatiques (voir paragraphe 2.3). La température de l'eau utilisée est entre 10 et 30°C. L'arrosage dure 5 minutes avec des buses à jet plein conique (débit théorique de 2l/min pour 2bars de pression d'eau mais pour cet essai, débit réglé à environ 1l/min).

5.5 Arrêt durant 4 minutes

La menuiserie est laissée au repos sans aucune sollicitation extérieure durant 4 minutes, ce qui permet également d'égoutter les lampes avant de les rallumer et éviter ainsi un vieillissement précoce de ces lampes.

Ce cycle d'une heure est répété 120 fois soit : 120 heures.

5.6 Essais en dehors du cycle



Figure 22 : Panneau radiant et éprouvette

Il arrive que le panneau soit utilisé en dehors de ce cycle. En effet, les montages (par exemple paroi en bardage) peuvent être testés de cette manière :

Tout d'abord, un certain nombre de dimensions à tester (les largeurs, épaisseurs, longueurs, tuilage (voir figure 29), etc...) sont mesurées à l'état initial, ainsi que le taux d'humidité grâce à un humidimètre. Ensuite, le montage est soumis à arrosage durant 3 semaines, les dimensions et l'humidité sont à nouveau mesurées aux mêmes endroits. Le montage est ensuite soumis à la chaleur et au rayonnement du panneau radiant pendant 3 semaines à nouveau. Pour finir on mesure une fois de plus les dimensions longueurs, désaffleurs, épaisseurs. Sans oublier l'humidité une fois encore. Les relevés sont alors comparés à ceux mesurés à l'état initial.

6. Comparaison QUV / RDA

6.1 Comparaison des moyens employés

Les procédés employés afin de reproduire le vieillissement du bois utilisés par les deux méthodes sont très différents.

Comparaison des lampes

	Lampes RDA (422 CRDA 003)	Lampes QUV	Différence notables
Type et forme de lampe	UV Haute pression Ultra-Vitalux Osram (forme oignon)	Tubes fluorescents UVA 340 Arc au mercure à basse pression	Forme et fonctionnement différents.
Gamme de longueur d'onde	Pic d'émission aux alentours de 340 nm. Elle émet dans l'UV A et l'UV B, un peu dans le visible (autour de 550 nm) ainsi que dans l'infra rouge court et moyen	$290 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$	Gamme de longueur d'onde bien plus ponctuelle et restreinte pour les lampes du QUV. Les deux simulent le rayonnement solaire.
Eclairage énergétique reçu par l'échantillon		0,89 W/m ²	Le QUV dispose d'un système de contrôle asservi avec des capteurs UV qui permet d'augmenter/diminuer la puissance envoyée aux lampes afin de toujours avoir 0,89W/m ² . A prendre en compte si l'on veut adapter des tubes fluorescents sur la RDA.
Nombre de lampe	6	4 de chaque cotés	
Durée de vie des lampes	1000 h	5000 h	Durée de vie 5 fois plus importante pour les tubes fluorescents du QUV.
Dimension des lampes	Diamètre = 127 mm Culot E27	environ 117 cm de longueur	Différences dans la conception et les dimensions tels qu'il serai nécessaire d'adapter un nouveau système de fixation si l'on veut installer des tubes fluorescents sur la RDA à la place des Ultra-Vitalux
Distance entre chaque lampes	0,44 m	7 cm	Grande différence, les échantillons sont plus proches des lampes dans le QUV
Rayonnement UV A (315 à 400) nm	13,6 W	0,83 W/m ² à 340 nm	
Rayonnement UV B (280 à 315) nm	3 W		
Distance lampes-échantillons	0,33 m - la hauteur de l'échantillon	6 cm	
Puissance de la lampe	300 W et 230 Volts	40 W	

Tableau 1 : Comparaison des lampes QUV / RDA

Comparaison de la sollicitation à l'eau

	RDA (422 CRDA 003)	QUV	Différence notables
Pression lors de la phase de condensation	Aucune phase de condensation	De 13,6 kPa à 550 kPa	Présence d'un circuit hydraulique pour la condensation et la pulvérisation pour le QUV
Volume d'eau pour la phase de condensation	Aucune phase de condensation	5 litres par jour	
Eau utilisée	Pour le bain de trempage : Eau distillée à température ambiante (moyenne sur 3 mesures de 22,9°C) changée dans un délai de 3 semaines de cycles maximum	Pour la condensation et la pulvérisation : distillée 5,0 < pH < 7,5 et conductivité électrique max : 2mS/m mesuré à 25 + 1 °C	Eau utilisée relativement identique dans les deux cas. Un peu plus de contraintes pour le QUV.
Nombre de pulvérisateurs	Aucune phase de pulvérisation	6 de chaque cotés	A noter que la pulvérisation est accompagnée sur certains QUV d'un système de re-purification de l'eau qui permet de réutiliser l'eau afin de faire des économies. A prendre en compte si l'on veut adapter des buses de pulvérisation sur la RDA + circuit hydraulique
Débit pulvérisateurs	Aucune phase de pulvérisation	6 à 7 l/min	
Pression pulvérisateurs	Aucune phase de pulvérisation	225 kPa à 550 kPa	
Distance entre chaque pulvérisateurs	Aucune phase de pulvérisation	16,5 cm	
Distance échantillon - pulvérisateur	Aucune phase de pulvérisation	5 cm	

Tableau 2 : Comparaison de la sollicitation à l'humidité QUV / RDA

Comparaison des échantillonnages

	RDA (422 CRDA 003)	QUV	Différence notables
Dimensions éprouvettes en bois	En général 300 mm * 60mm (min) * 10 mm (min) mais peuvent varier car la machine accepte des dim. plus grandes	(150 ± 2) mm * (74 ± 1) mm * (18 ± 1) mm	Dimensions des éprouvettes bien plus intéressantes pour la RDA et permettant de tester des assemblages
Nombre d'échantillon	Dépend de la taille et du mode de fixation sur la roue	48 max (24 de chaque cotés)	
Fenêtres d'exposition des portes-éprouvettes	Echantillons entièrement exposés	95 mm * 64 mm	Zone testée pouvant être nettement plus grande et donc plus représentative sur RDA

Tableau 3 : Comparaison des échantillons utilisés QUV / RDA

Ces tableaux mettent en évidence les différences au niveau des lampes employées. Au-delà de leurs spectres d'émission, leurs formes, leurs nombres, leurs puissances et leurs durées de vie sont différentes (voir tableau 1). De plus, les lampes Osram utilisées en RDA deviennent de plus en plus difficiles à se procurer. Les échantillons testés sont différents sur bien des aspects (voir tableau 3) et la sollicitation à l'eau se fait par deux procédés très différents : la pulvérisation pour le QUV et le trempage pour la RDA (voir tableau 2). Enfin, un cycle de sollicitation à de la vapeur d'eau (condensation) est présent dans le QUV alors que ce n'est pas le cas sur la RDA, ce qui va avoir des effets différents selon la finition appliquée (voir paragraphe 1.4).

6.2 Comparaison des cycles

Les cycles de chacune des deux méthodes sont différents également, et les temps de sollicitation, que ce soit pour l'exposition à l'eau ou pour les UV sont très différents. Les cycles pouvant durer jusqu'à 12 semaines, il est important d'identifier les temps d'exposition pour chaque méthode. Le cycle du QUV répondant à une norme bien précise (NF EN 927-6) il est impératif pour mener les essais à bien, de répéter 12 fois chaque cycle d'une semaine. Pour la RDA, la durée d'essais est le plus souvent de 12 semaines mais il peut également être décidé de la lancer pendant 6 ou 24 semaines.

Sur une semaine :

Tableau 4 : Comparaison des temps de cycle QUV / RDA sur 1

Sollicitation à l'eau, la rosée, la pluie	Durée de la condensation	Aucune phase de condensation	24 h	Sur une semaine les échantillons sont soumis pendant 24 H à la vapeur d'eau chaude sur le QUV, ce n'est pas le cas pour la RDA.
	Température durant la phase de condensation	Aucune phase de condensation	(45 + 3)°C (voir courbe de température durant la phase de condensation)	
	Durée de trempage	12min 35s (+ 1min) par cycle de 1h27min36s soit : 24 h 08 min par semaine	Aucune phase de trempage	La durée de trempage de la RDA peut être comparé à la pulvérisation du QUV bien que la pulvérisation est plus intéressante car elle se rapproche plus du phénomène naturel de la pluie. Les temps de sollicitation à l'eau sont comparables entre les deux méthodes sur une semaine.
	Durée de pulvérisation	Aucune phase de pulvérisation	0,5 h * 48 soit au total 24 h par semaine	La durée de trempage de la RDA peut être comparé à la pulvérisation du QUV bien que la pulvérisation est plus intéressante car elle se rapproche plus du phénomène naturel de la pluie. Les temps de sollicitation à l'eau sont comparables entre les deux méthodes sur une semaine.
Période de repos/séchage	Durée de la période de repos	24min11s + 24min35s soit 48min46s par cycle de 1h27min36s soit : 93 h 32 min par semaine	Aucune période de repos	Aucune période de repos pour le QUV alors que cela représente quasiment 50% du temps pour la RDA
	Température durant la période de repos	Température ambiante soumise à quelques nuances à cause des lampes situées au dessus	Aucune période de repos	
Passage sous les lampes	Durée d'exposition aux lampes	26min15s par cycle de 1h27min36s soit : 50 h 21 min	2,5 h * 48 soit au total : 120 h	L'exposition aux UV est 2 fois plus longue pour le QUV ce qui va influencer directement sur le vieillissement : +60h environ
	Température durant l'exposition aux lampes	42,3°C avec trous d'aération, 48,6°C sans	(60 + 3)°C (à vérifier précisément)	

Sur 12 semaines :

Tableau 5 : Comparaison des temps de cycle QUV / RDA sur 12 semaines

Sollicitation à l'eau, la rosée, la pluie	Durée de la condensation	Aucune phase de condensation	288 h	Sur 12 semaine les échantillons sont soumis pendant 288 H à la vapeur d'eau chaude sur le QUV, ce n'est pas le cas pour la RDA.
	Température durant la phase de condensation	Aucune phase de condensation	(45 + 3)°C (voir courbe de température durant la phase de condensation)	
	Durée de trempage	289h 36min à 22,9°c de moyenne	Aucune phase de trempage	La durée de trempage de la RDA peut être comparé à la pulvérisation du QUV bien que la pulvérisation est plus intéressante car elle se rapproche plus du phénomène naturel de la pluie. Sur un cycle de 12 semaines, la sollicitation à l'eau est plus importante d'environ +30 H pour le QUV
	Durée de pulvérisation	Aucune phase de pulvérisation	288 h	La durée de trempage de la RDA peut être comparé à la pulvérisation du QUV bien que la pulvérisation est plus intéressante car elle se rapproche plus du phénomène naturel de la pluie. Sur un cycle de 12 semaines, la sollicitation à l'eau est plus importante d'environ +30 H pour le QUV
Période de repos/séchage	Durée de la période de repos	1122h 24min	Aucune période de repos	La période de repos des échantillons en RDA est d'environ 1050h en moyenne soit 50% du temps. Un nombre extrêmement grand lorsqu'on le compare au QUV qui n'a aucune période de repos.
	Température durant la période de repos	Température ambiante	Aucune période de repos	
Passage sous les lampes	Durée d'exposition aux lampes	604h 12min	1440 h	La durée d'exposition aux lampes est toujours deux fois plus importante pour le QUV : 1440 heures soit plus de la moitié du temps sur 12 semaines : + 750 h environ
	Température durant l'exposition aux lampes	42,3°c avec trous d'aération, 48,6°c sans	(60 + 3)°C (à vérifier précisément)	

En s'intéressant donc particulièrement au tableau 5 ci-dessus, on constate qu'il y a de d'importantes différences vis-à-vis des durées de sollicitations entre chaque cycle. A titre d'exemple, alors que les échantillons seront soumis à une exposition UV pendant 1440 heures au total sur un cycle de 12 semaines en QUV, ils seront exposés pendant 600 heures en moyenne sur la RDA, soit la moitié. Une autre remarque très importante également, est que l'on constate que les éprouvettes subissent une période de repos sans aucune sollicitation extérieure sur la RDA s'élevant à 1122 heures en moyenne sur ce même cycle de 12 semaines (un cycle de 12 semaines correspond à 2016 heures). Sur le cycle QUV il n'y a aucune période de repos. La température lors de la phase d'exposition aux lampes est également différente (plus faible pour la RDA).

7. Propositions de transformation de la RDA

7.1 Généralités sur les transformations de la roue

L'étude comparative du paragraphe 5 a permis d'identifier des faiblesses de la roue et des raisons pouvant expliquer des résultats moins discriminants que ceux du QUV sur une durée de test équivalente. Cela a permis de proposer des transformations qui ont pour but de modifier la manière dont les échantillons seront vieillis sur la roue afin que cela corresponde d'avantage au QUV. Certaines étapes devront être totalement revus et les durées modifiées.

7.2 Les rajouts au carter de protection

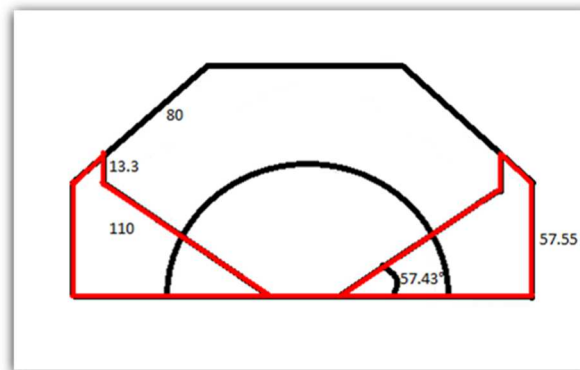


Figure 23 : Les rajouts de protection

Que l'on garde les lampes Osram ou que l'on change pour des tubes fluorescents comme ceux du QUV, le principe est d'ajouter au carter de protection aux UV, deux rajouts (inox, tôle, métal...), un de chaque côtés, et de rajouter et réorganiser les lampes à l'intérieur de la nouvelle protection afin de former un ensemble homogène. Ainsi on mettra à profit une partie du temps où les échantillons sont normalement au repos pour augmenter le temps d'exposition aux UV : On passe de cette manière d'une durée moyenne de **600 h** (cela dépend de la roue considérée) sur un cycle de 12 semaines à **1008 h** (la vitesse de rotation de la roue étant constante).

On rappelle à titre d'information que lors d'un cycle de 12 semaines en QUV, les éprouvettes sont soumises aux UV durant **1440 h** pour un éclairement énergétique de 0,89 W/m² à 340 nm.

L'un des deux rajouts devra être démontable afin de pouvoir relever les mesures sur les échantillons.

7.3 Ajout de thermomètres

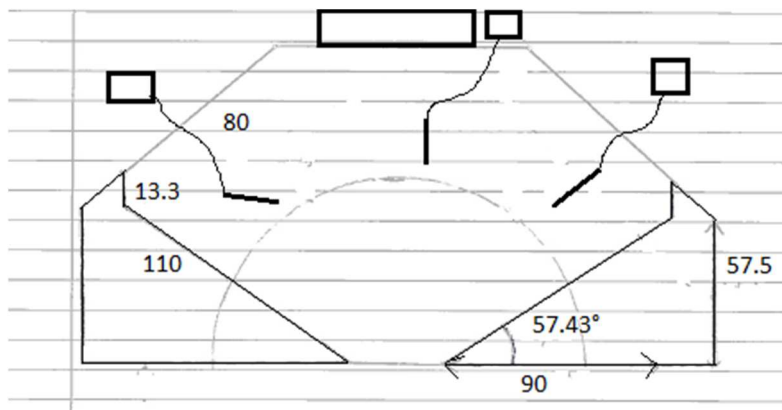


Figure 24 : Ajout des thermomètres

Afin de contrôler plus efficacement les paramètres influençant le vieillissement des échantillons, et ainsi de se rapprocher au maximum de ceux du QUV on rajoute trois thermomètres qui vont mesurer la température au sein de la protection durant la phase d'exposition aux UV. Placés aux deux extrémités et au milieu, leurs sondes se trouveraient proches des échantillons et elles permettraient de donner une température moyenne durant l'exposition aux UV (voir figure 24). Dans le cycle QUV cette exposition se fait à une température de 60 °C.

Néanmoins cette température n'est pas seulement due à l'action des lampes car il y a une résistance qui chauffe afin d'atteindre la température voulue. Si dans la RDA les thermomètres révèlent une température nettement inférieure à 60°C, il serait intéressant d'installer un ventilateur d'air chaud afin de les atteindre.

Néanmoins, le remplacement de lampes de la RDA par les tubes utilisés en QUV (voir paragraphe 6.5) ne permet pas encore de savoir quelle température on aura sous le carter de protection.

7.4 Machine à vapeur

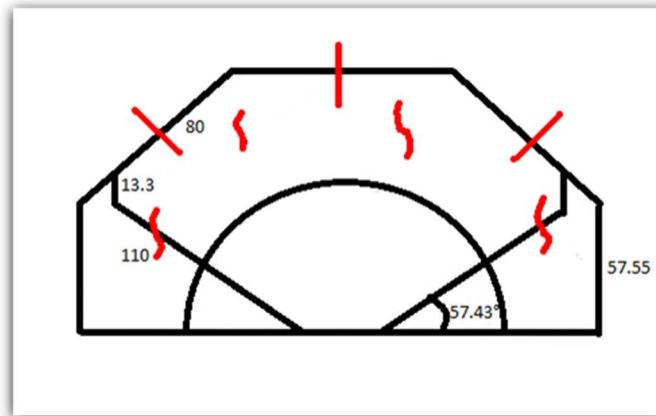


Figure 25 : Buses reliées à la machine à vapeur

Il pourrait être nécessaire de reproduire sur la RDA la condensation que l'on retrouve dans le cycle QUV (l'intercomparaison du paragraphe 7 répond en partie à cette question de l'humidification des éprouvettes). Pour se faire, il est envisagé de rajouter trois buses reliées à une machine à vapeur tout autour du carter de protection (voir figure 25). Profitant de l'environnement chaud créé par l'action des lampes, les buses diffuseront de la vapeur d'eau chaude durant 24 heures par semaine.

L'idée est faisable en adaptant les tubes fluorescents utilisés en QUV car ces derniers résistent à l'humidité (voir paragraphe 6.5). En admettant que la machine fonctionne durant 24 heures par semaine, cela représente **144 h** d'exposition par cycle de 12 semaines (protection = 50% du cycle). Pour le QUV, sur 12 semaines, la condensation représente **288 h**. Lorsque les échantillons sont soumis à la vapeur d'eau durant ces 24 heures, les lampes, ainsi que les buses de pulvérisations (voir paragraphe 6.6) sont inactives.

7.5 Les lampes fluorescentes

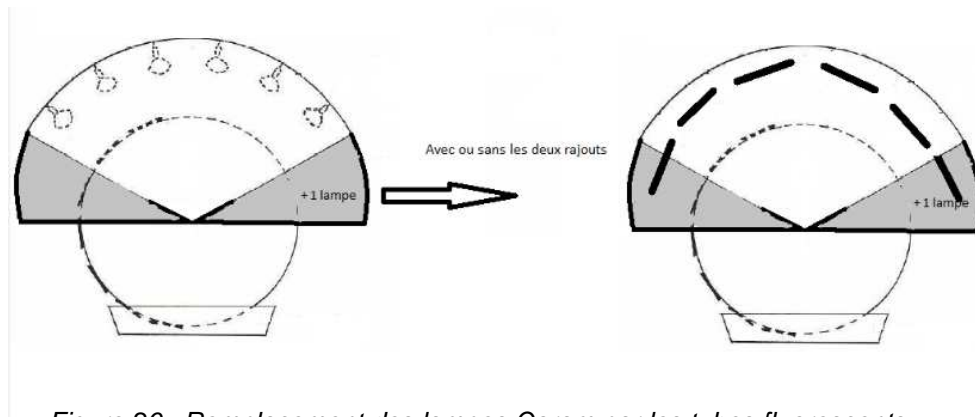


Figure 26 : Remplacement des lampes Osram par les tubes fluorescents

Afin de se rapprocher au maximum de l'éclairage obtenu en QUV, on remplace les lampes Ultra Vitalux Osram par les mêmes tubes fluorescents utilisés en QUV. En QUV, grâce à un système asservi, la puissance envoyée aux lampes est contrôlée par des capteurs afin de toujours recevoir $0,89 \text{ W/m}^2$ à 340 nm sur les échantillons. Système probablement difficile à installer sur la RDA. Les tubes peuvent être installés de manière à avoir la même distance lampe-échantillon que sur le QUV (voir figure 28).

Il faudrait donc être capable de contrôler manuellement l'irradiance reçue grâce au radiomètre et avoir un système de potentiomètres permettant d'envoyer plus ou moins de puissance aux lampes pour obtenir $0,89 \text{ W/m}^2$ sur les échantillons. Comme le montre la figure 27, la longueur des tubes utilisés en QUV pose certaines difficultés d'adaptation au sein du carter de la roue. Il est néanmoins possible de se procurer des tubes fluorescents identiques de 60 cm de long.

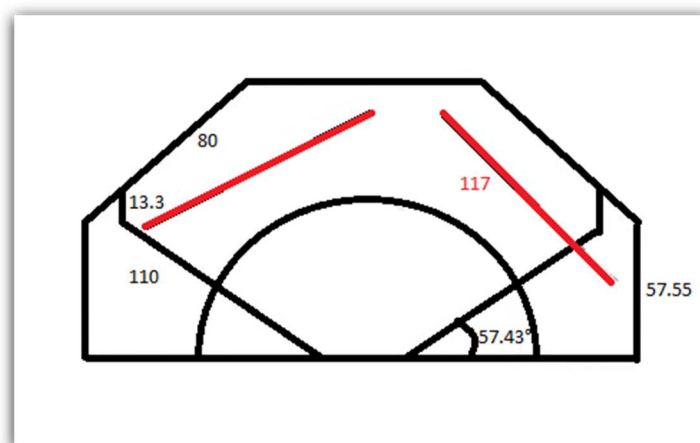


Figure 27 : Dimensions adaptation des lampes

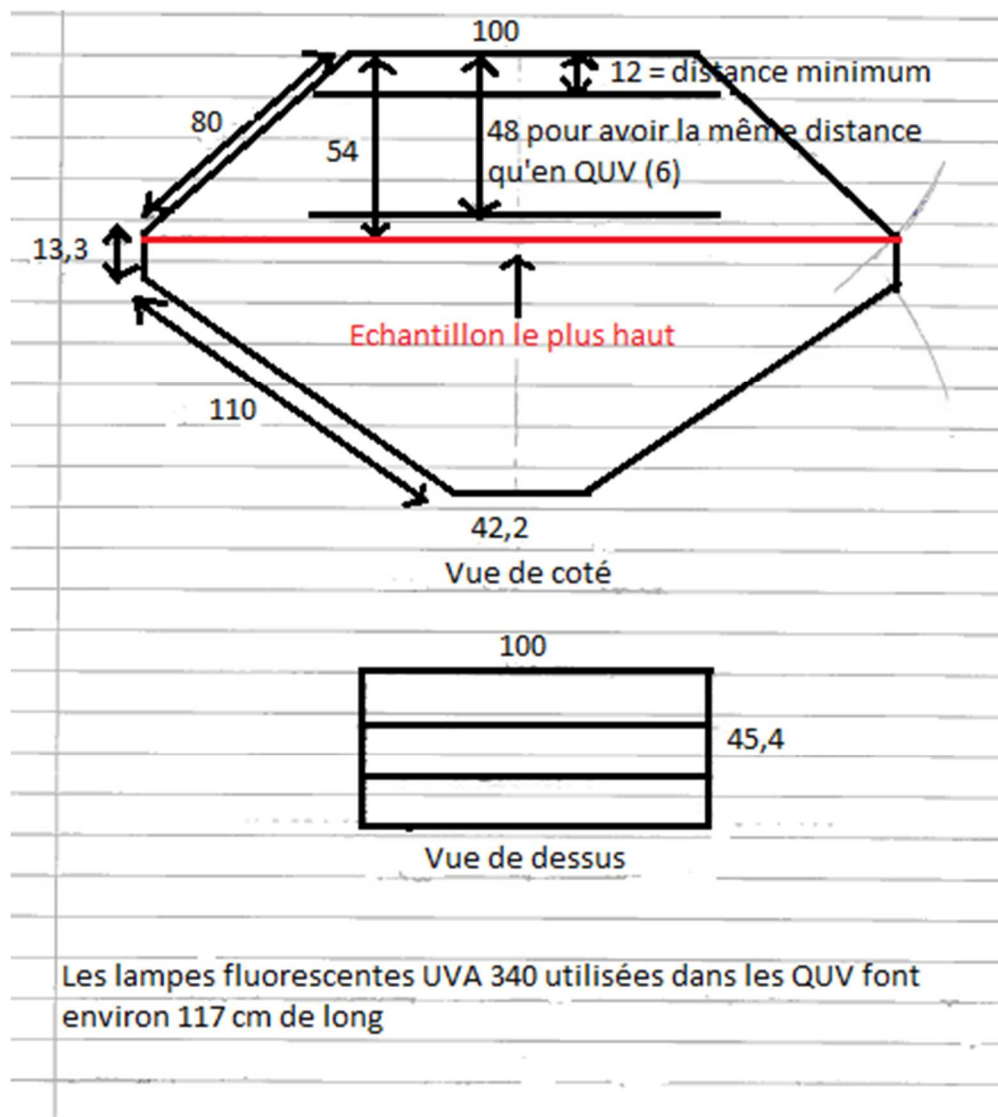


Figure 28 : Détail des distances lampes-échantillon

Rappels sur le QUV :

Distance entre chaque lampe dans la largeur : environ 7 cm

Puissance d'une lampe : 40 W

Information : dans le QUV, les lampes sont à environ 6 cm des échantillons

7.6 Insertion des buses de pulvérisation

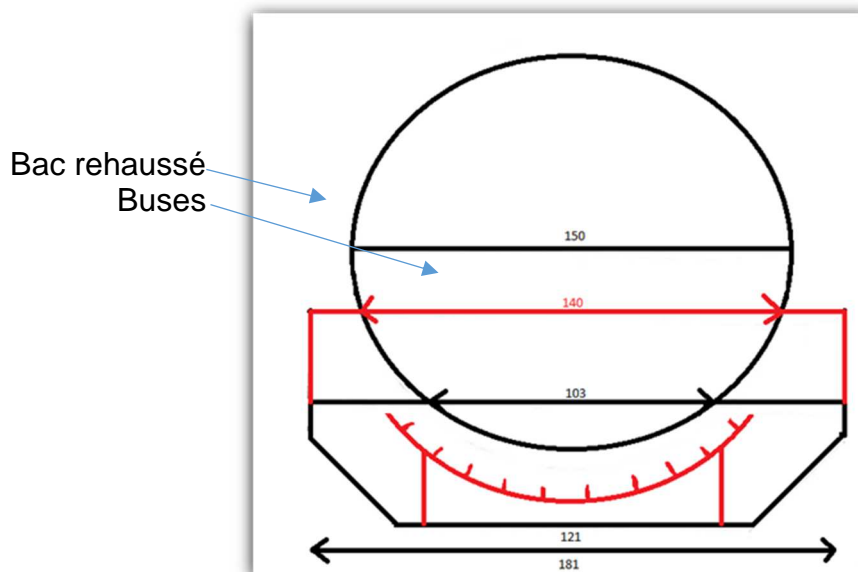


Figure 29 : Adaptation des buses de pulvérisation sur la RDA

L'agrandissement du bac d'eau permettrait de protéger le laboratoire contre d'éventuelles projections liées à l'utilisation de pulvérisateurs. On peut en effet remplacer le bain d'eau par des buses de pulvérisations utilisées en QUV (voir figure 29) reliées à une pompe et un circuit hydraulique similaire qui permettrait de récupérer l'eau dans le bac pour la filtrer et la réutiliser de la même manière que le circuit de filtrage du QUV. La pulvérisation étant une meilleure simulation des intempéries que le trempage direct (Voir paragraphe 7.1)).

Les buses de pulvérisations sont des buses 22PSV41160 de chez Labomat. Une rehausse du bac de 20 ou 30 cm (en rouge) est là pour protéger des projections d'eau et ne supporte pas de buses. Seul « l'ancien bac » (en noir) les supporte. Il serait intéressant d'utiliser un tube alimentant les buses qui prenne la forme de la roue. Les échantillons testés en RDA peuvent avoir des épaisseurs différentes ; afin d'avoir un meilleur contrôle de la distance échantillon-buses, le tuyau d'alimentation sera monté sur deux supports permettant de régler la hauteur manuellement.

Sur le QUV la durée de pulvérisation est de 288h sur 12 semaines. En comparant les données du QUV et de la RDA d'origine, la durée de trempage est proche de la durée de pulvérisation (295 heures en moyenne). Il semble donc pertinent d'adapter les buses de pulvérisation au même niveau que l'eau du bain de trempage afin d'avoir une durée de sollicitation à la pulvérisation proche de celle du QUV.

Rappels sur le QUV :

Distance entre chaque pulvérisateur : environ 16,5 cm

Distance échantillon – pulvérisateur : 5 cm

7.7 Comparaison cycles QUV / RDA modifiée

De la même manière que pour la comparaison QUV / RDA, deux tableaux (un pour une semaine et un pour 12 semaines) sont élaborés afin de comparer théoriquement les cycles du QUV et de la RDA modifiée. La longueur du délai pour réaliser les transformations évoquées ainsi que la durée importante des essais (minimum 6 semaines) n'ont pour le moment pas permis de vérifier ces comparaisons.

Sur une semaine :

Tableau 6 : Comparaison des cycles QUV / RDA modifiée sur une semaine

	Résumé de la modification	QUV	RDA modifiée
Durée de la condensation	Installation de buses reliées à une machine à vapeur. Positionnées en haut (avantage : 12h/semaine) ou en bas (plus pratique à l'usage mais à peine 5h d'exposition/semaine. Si positionnées en haut et en bas il faut fermer complètement la roue mais durée d'exposition idem QUV : 24h/semaine	24h	Pendant 24h la roue tourne avec les buses de la machine à vapeur en fonction, lampes et pulvérisateurs à l'arrêt. Si ces buses sont dans le carter du haut : 12h
Température durant la phase de condensation	Production de vapeur, chaude	(45 + 3)°C	à mesurer après installation
Durée de trempage	Remplacement du bac de trempage par buses de pulvérisation	Aucune phase de trempage	Aucune phase de trempage
Durée de pulvérisation	Buses positionnées pour maximiser la durée d'arrosage des échantillons afin d'approcher au mieux de la durée QUV	0,5 h * 48 soit au total 24 h par semaine	12min35s par cycle de 1h27min, soit 20h41min par semaine
Durée de la période de repos	Suivant le choix concernant les lampes et les carters supplémentaires,, la durée sera diminuée	Aucune période de repos	si lampes en haut, 31min par cycle de 1h27min, soit 51h19 par semaine
Température durant la période de repos		Aucune période de repos	Température ambiante
Durée d'exposition aux lampes	Suivant les carters rajoutés pour supporter des lampes, la durée sera allongée	2,5 h * 48 soit au total : 120 h/semaine	50% du temps, soit 43min par cycle de 1h27min ou 72h par semaine
Température durant l'exposition aux lampes	Le remplacement des lampes actuelles par des tubes fluorescents UVA340 (comme celles du QUV) n'a pas pu être réalisé donc ce critère reste à mesurer. Le rajout de thermomètres dans le carter permettra de mieux la contrôler.	(60 + 3)°C	à mesurer

Sur 12 semaines :

Tableau 7 : Comparaison des cycles QUV / RDA modifiée sur 12 semaines

	QUV	RDA modifiée
Durée de la condensation	288h	Si ces buses sont dans le carter du haut : 144h
Température durant la phase de condensation	(45 + 3)°C	à meurer
Durée de trempage	Aucune phase de trempage	Aucune phase de trempage
Durée de pulvérisation	288h	248h
Durée de la période de repos	Aucune période de repos	759h
Température durant la période de repos	Aucune période de repos	Température ambiante
Durée d'exposition aux lampes	1440h	864h
Température durant l'exposition aux lampes	(60 + 3)°C	à mesurer

Bien que n'étant pas parfaitement identiques, on constate donc que le cycle d'une RDA modifiée se rapproche de celui d'un QUV, notamment pour la durée des différentes étapes. La période de repos a notamment beaucoup diminué au profit de l'exposition aux lampes (UV).

Si l'on veut avoir exactement les mêmes durées d'exposition, il faudra allonger la durée de l'essai. Exemple : pour avoir la même durée de pulvérisation que sur le QUV, il faudrait augmenter la durée d'une semaine sur la CRDA 001 (**280h09min** de pulvérisation, **156 h** de condensation et **936h** d'exposition UV).

En revanche si on accorde une plus grande importance à l'exposition aux UV et que l'on veut avoir exactement la même durée qu'en QUV, il faudra augmenter la durée de 8 semaines (augmentation importante du temps d'essai).

8. Essais comparatifs

8.1 Programme et résultats de l'essai de comparaison Trempage-Pulvérisation

La différence entre la pulvérisation et le trempage est-elle vraiment significative au niveau de l'humidité du bois ? Cette question doit en effet être étudiée car c'est en lui apportant une réponse que l'on pourra savoir si l'idée de remplacement du bain de trempage de la RDA par des buses de pulvérisation est pertinente et justifie l'investissement. Afin d'y répondre, il a été mis en place et réalisé un programme d'essais dans le but de mener une intercomparaison entre l'influence du trempage de la RDA et celle de la pulvérisation du QUV sur l'humidité des échantillons.

Le test est réalisé sur des échantillons en Pin Sylvester brut scellés sur 5 faces. Les résultats obtenus (cf. tableau 11) ont permis de mettre en évidence certaines choses. Bien que la différence observée entre trempage et pulvérisation soit faible, les résultats tendent à prouver que l'efficacité de la pulvérisation par rapport au trempage direct augmente à mesure que la durée de la sollicitation augmente.

En effet alors que l'on constate pour les trois premiers échantillons (7h de trempage ou pulvérisation), que le trempage provoque une humidité du bois plus importante que la pulvérisation, la tendance semble s'inverser à partir des échantillons 4, 5, 6 pour confirmer que l'action de la pulvérisation est plus efficace pour les durées les plus longues. Il est également à noter que l'exposition aux rayons UV fragilisant davantage le bois, dans un cycle normal, la pulvérisation et sa force d'impact rendra la pénétration de l'eau au cœur du bois plus efficace.

Sur un test complet de 12 semaines, ce qui représente la plupart des cas, la durée d'humidification cumulée étant longue, nous pouvons penser que la pulvérisation est un peu plus efficace que le trempage en termes de sollicitation à l'eau et l'humidité.

Eprouvette n°	Humidité mesurée à l'état initial	Humidité mesurée pour l'échantillon ayant été sollicité au trempage (.R) (Moyenne sur 3 mesures)	Humidité mesurée pour l'échantillon ayant été sollicité à la pulvérisation (.Q) (Moyenne sur 3 mesures)
1	10,2%	36,8 % ± 1,8 %	35,67 % ± 0,89 %
2	9,2%	36,47 % ± 0,87 %	34,47 % ± 0,98 %
3	9,6%	36,37 % ± 0,76 %	31,8 % ± 1,5 %
4	9,7%	36,8 % ± 2,1 %	37,7 % ± 1,1 %
5	10,2%	39,10 % ± 0,99 %	37,5 % ± 2,0 %
6	8,2%	37,4 % ± 4,3 %	44,9 % ± 1,8 %
7	9,9%	33,80 % ± 0,88 %	34,80 % ± 0,99 %
8	9,3%	35,57 % ± 0,58 %	38,07 % ± 0,73 %
9	9,7%	35,0 % ± 1,5 %	40,80 % ± 0,85 %
10	9,6%	44,1 % ± 1,3 %	47,37 % ± 0,81 %
11	9,6%	45,2 % ± 1,9 %	50,9 % ± 1,4 %
12	11,0%	Défaut	Défaut

Tableau 11 : Résultats de l'intercomparaison trempage/pulvérisation

Il serait intéressant pour valider cette conclusion de faire ces mêmes tests sur des durées très supérieures à 48 h. (500 h par exemple) afin de se rapprocher des cycles normaux des QUV et des RDA. Afin de les confirmer il faudrait entreprendre d'autres essais semblables à ceux-là où il sera question d'alterner la sollicitation à l'eau pour chacune des méthodes avec des périodes de repos afin de se rapprocher davantage d'un cycle normal et de pouvoir confirmer ou non les conclusions établies précédemment.

8.2 Programme de l'essai de comparaison QUV-RDA modifiée

Afin d'avoir des résultats exploitables et concluants, il est impératif de réaliser des essais comparatif long (minimum 6 semaines). Le protocole suivant permettra par la suite, lorsque les modifications auront été choisies, et les travaux accomplis, d'identifier si les résultats obtenus par la RDA modifiée se rapprochent bien de ceux obtenus par le QUV tout en s'éloignant de ceux obtenus par une RDA qui n'aurait subi aucune modification.

Ce programme a donc pour but, dans un premier temps, de comparer les expositions au rayonnement UV puis à l'eau de chacune des deux méthodes : Le QUV et la nouvelle RDA ayant subi les transformations. Le but étant d'identifier de manière indépendante si les modifications apportées ont bien permis de se rapprocher des résultats du QUV. Ensuite, les deux sollicitations (UV et eau) étant toujours utilisées de manière complémentaire, un test général sera mis en place afin de comparer les trois méthodes (RDA, RDA modifiée et QUV) et d'identifier si oui ou non, les résultats de la RDA modifiée s'éloignent de ceux de la RDA pour se rapprocher de ceux du QUV. Ce test sera identique en tout point à un cycle normal de vieillissement accéléré s'étendant sur 12 ou 24 semaines qui sont les durées les plus souvent employées par le laboratoire.

Test exposition aux UV :

Comme mentionné au paragraphe 1.2, les UV ont une action sur la dégradation et la décoloration du bois. Ils peuvent également faire apparaître des crevasses.

On rappelle que dans un cycle QUV normal de 12 semaines, les échantillons sont exposés aux UV durant 1440 heures.

Comparaison RDA modifiée – QUV

Sur une durée de 720 heures :

Installer dans le QUV les échantillons de bois (type pin sylvestre), au moins 3 échantillons seront « bruts » sans aucune finition. Les autres échantillons étant recouverts de différents types de finition (minimum 3 par finitions testées). Les échantillons doivent avoir été conservés en chambre de conditionnement. Lancer un cycle de 720 heures d'exposition aux UV.

Sur une durée de 432 heures :

En même temps, placer exactement les mêmes échantillons (même taille, même finition appliquée) sur une moitié de la RDA modifiée. Faire en sorte de placer les échantillons sous les tubes fluorescents de la roue. Allumer les tubes et laisser ainsi durant 432 heures sans lancer la roue.

Ces deux durées correspondent respectivement aux durées totales d'exposition aux UV lors d'un cycle normal de QUV et de roue qui dure 6 semaines.

Chaque échantillon présent dans le QUV a son double sur la RDA modifiée. Les 2 doivent avoir la même origine et donc avoir été découpé sur la même planche.

Lorsque les 432 heures sont écoulées, évaluer sur les échantillons de la roue, les éventuels pertes de couleur (norme EN ISO 7724-2), le grisaillement ainsi que l'aspect général et toutes remarques sur l'aspect visuel. Les conserver une semaine à une température de (20 ± 2) °C avec une humidité relative de (65 ± 5) %, et noter d'éventuelles remarques s'il y a eu des changements au terme de cette semaine de conditionnement.

Faire exactement la même chose après 720 heures pour les échantillons présents dans le QUV.

Comparer les observations et conclure. Si les résultats ne sont pas concluant, refaire les essais avec cette fois des durées de 1440 heures et 864 heures correspondant aux cycles de 12 semaines.

Test exposition à l'eau

Comme mentionné au paragraphe 1.1, l'eau a une action sur les propriétés physiques et mécaniques. On rappelle que pour un cycle QUV normal de 12 semaines, les échantillons sont soumis à la pulvérisation durant 288 heures au total.

Comparaison RDA modifiée – QUV

Sur une durée de 144 heures :

Installer dans le QUV les échantillons de bois (type pin sylvestre), au moins 3 échantillons seront « bruts » sans aucune finition. Les autres échantillons étant recouverts de différents types de finition (minimum 3 par finitions testées). Les échantillons doivent avoir été scellés car ce sera le cas pour ceux installé sur les deux RDA et avoir été conservés en chambre de conditionnement. Lancer un cycle de 288 heures de pulvérisation.

Sur une durée de 117 heures :

En même temps, placer exactement les mêmes échantillons (même taille, même finition appliquée) sur une moitié de la RDA modifiée. Faire en sorte de placer les échantillons de manière à ce qu'ils soient en face des buses de pulvérisations. Mettre les buses en marche et laisser ainsi durant 117 heures.

Ces deux durées correspondent respectivement aux durées totales de sollicitation à l'eau lors d'un cycle normal de QUV et de roue qui dure 6 semaines.

Chaque échantillon présent dans le QUV a son double sur la RDA modifiée. Les deux doivent avoir la même origine et donc avoir été découpé sur la même planche.

Lorsque les 117 heures sont écoulées, évaluer sur les échantillons de la roue le cloquage, les variations dimensionnelles, les fissures et mesurer l'humidité. Les conserver une semaine à une température de (20 ± 2) °C avec une humidité relative de (65 ± 5) %. Au terme de cette semaine de conditionnement, réévaluer les mêmes paramètres et noter les éventuelles différences.

Faire exactement la même chose au terme des 144 heures pour les échantillons présents dans le QUV.

Comparer les observations et conclure. Si les résultats ne sont pas concluant, refaire les essais avec cette fois des durées de 288 heures et 233 heures correspondant aux 2 cycles de 12 semaines.

Test général :

Comparaison RDA modifiée - QUV - RDA :

Installer dans le QUV les échantillons de bois (type pin sylvestre), au moins 3 échantillons seront « bruts » sans aucune finition. Les autres échantillons étant recouverts de différents types de finition (minimum 3 par finitions testées). Les échantillons doivent avoir été scellés car ce sera le cas pour ceux installés sur les deux RDA, et avoir été conservés en chambre de conditionnement. Lancer un cycle normal de 12 semaines.

En même temps, placer exactement les mêmes échantillons (même taille, même finition appliquée, même scellement...) sur la RDA modifiée. Laisser la roue en action pendant 12 semaines. (Avec les 24 heures de condensation toutes les semaines comme pour le QUV) Faire de même sur une RDA non modifiée.

Chaque échantillon présent dans le QUV a son double sur la RDA et la RDA modifiée. Les trois doivent avoir la même origine et donc avoir été découpé sur la même planche.

Au terme de ces 12 semaines d'essai, évaluer le cloquage sur les échantillons ainsi que l'humidité dans le bois dans l'heure qui suit. Conditionner les panneaux pendant une semaine à une température de (20 ± 2) °C avec une humidité relative de (65 ± 5) %. Evaluer ensuite l'humidité encore une fois, puis l'écaillage, le craquelage, le farinage, le brillant, la couleur, l'aspect général et l'adhérence, comme convenu dans chacune des normes citées précédemment.

Comparer les résultats des trois cycles : QUV, RDA modifiée, RDA non modifiée et conclure.

*Il pourrait être intéressant pour la détermination de l'humidité, plutôt que d'utiliser l'humidimètre et son contrôle destructif, de déterminer le « pourcentage d'eau par rapport au poids », grâce à la formule : $((\text{poids humide} - \text{poids sec}) / \text{poids sec}) * 100$.*

Comparaison RDA – RDA modifié :

Installer sur une RDA modifiée des échantillons habituellement testés (tailles plus importantes) avec ou sans montant en plastique

En même temps, installer sur une RDA non modifiée les mêmes échantillons que ceux installés sur la RDA modifiée. Laisser les deux roues en action pendant 12 semaines.

Au cours et au terme de ces 12 semaines, réaliser les mêmes tests (HR, aspect...) que ceux réalisés en temps normal.

Comparer les résultats des deux roues.

Refaire ensuite les mêmes essais et analyses en laissant cette fois les cycles agir pendant 24 semaines.

9. Transformation du panneau radiant

9.1 Généralités sur les transformations du panneau radiant

Le but est ici d'adapter le cycle du QUV sur le panneau radiant afin de pouvoir faire vieillir de manière accélérée des portes ou des fenêtres entières. Le projet est plus facilement envisageable que celui de la RDA car il est plus facile de contrôler la durée des cycles sur le panneau radiant.

9.2 Remplacement des lampes Osram par les tubes fluorescents

Dans un premier temps il s'agira de remplacer les 75 lampes Ultra Vitalux par 15 tubes fluorescents UVA 340 utilisés en QUV, chacun espacés de 20 cm.

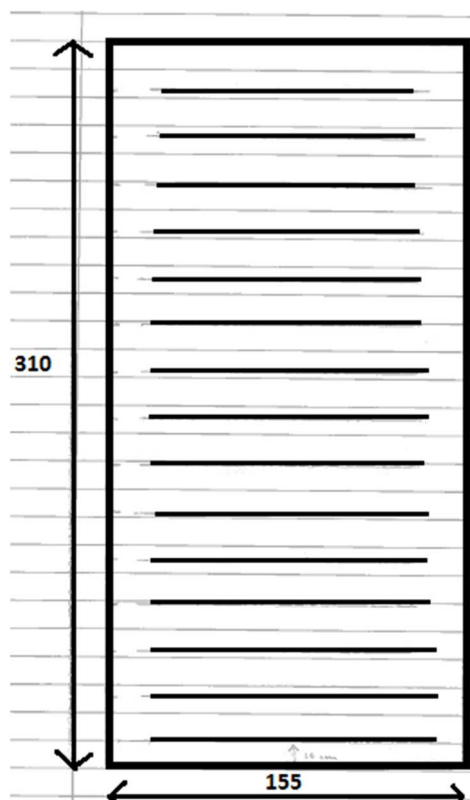


Figure 39 : Remplacement des lampes Osram par les tubes fluorescents et dimensions du panneau en cm

Les tubes étant long de 117 cm et étant centrés, ils se situent à 19 cm de chaque bords. Les 15 tubes répartis de manière homogène permettent donc une exposition aux UV de la menuiserie dans sa totalité. Plusieurs capteurs (type QUV) installés de manière homogène sur toute la menuiserie permettront de vérifier que celle-ci reçoit bien les $0,89 \text{ W/m}^2$ à 340 nm. Tout comme pour la RDA modifiée, un système de potentiomètre (relié à 2 ou 3 tubes entre eux) pourrait permettre de régler manuellement la puissance envoyée aux tubes afin d'obtenir le bon éclairage énergétique. Toujours comme pour le QUV, les tubes sont installés de manière à résister à l'eau et l'humidité (IP 44).

On peut raisonnablement penser qu'il faudra placer le panneau radiant à environ 6 cm de la menuiserie (comme pour le QUV) pour obtenir $0,89 \text{ W/m}^2$ à 340 nm. Un thermomètre placé au niveau de la menuiserie sera nécessaire afin de surveiller la température reçue lors de la phase d'exposition aux UV et de pouvoir faire d'éventuelles modifications pour se rapprocher au maximum des 60° C du QUV.

9.3 Installation des buses de pulvérisation

L'idée est ici d'insérer entre chaque tube fluorescent des buses de pulvérisation. Comme on a déjà placé le panneau à 6 cm de la menuiserie, les buses devront, comme pour le QUV délivrer 7 l/min . La menuiserie étant très grande, les buses doivent avoir un angle de pulvérisation important. En effet, il paraît difficilement envisageable économiquement de placer les buses comme pour le QUV, c'est-à-dire espacées de 16,5 cm entre elles.

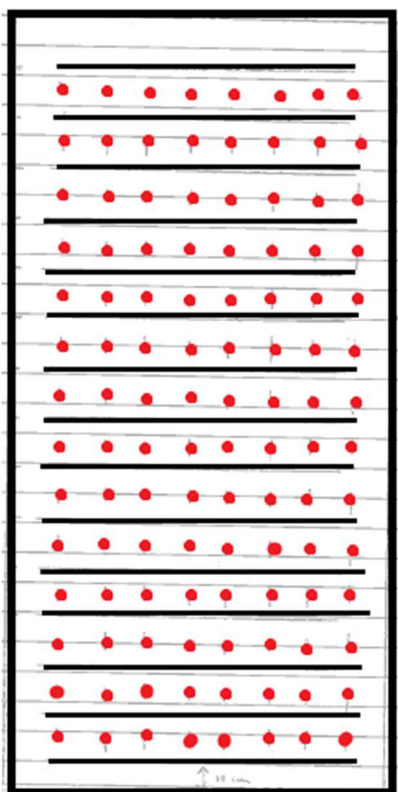


Figure 40 : Installation des buses type QUV

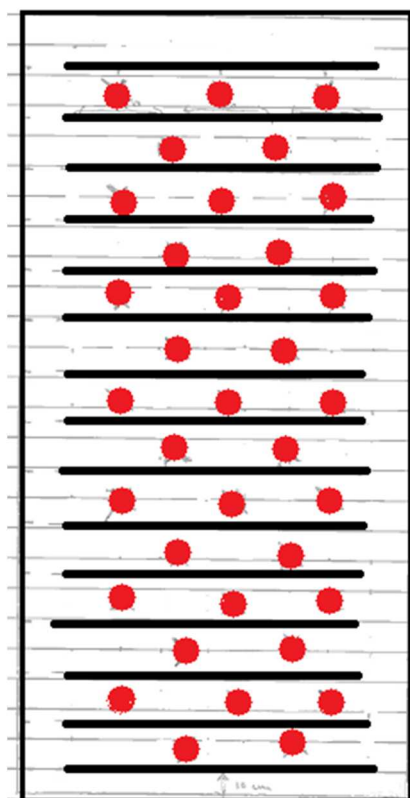


Figure 41 : Installation des buses plus économique

9.4 Caisson de protection + Condensation

Maintenant que le panneau radiant est prêt, il faut un système de grand caisson hermétique comme celui-ci par exemple :

Figure 42 : Caisson de protection



Il faudrait alors que les dimensions du caisson correspondent à celles du panneau radiant, la menuiserie est placée au fond, face à tester en face du panneau radiant, qui lui, va donc fermer le caisson. Le sol du caisson devra être étudié pour accueillir un bac permettant de récupérer l'eau de la pulvérisation. Ce bac sera relié à une pompe et un circuit hydraulique fermé qui permettrait de récupérer l'eau dans le bac pour la filtrer et la réutiliser pour la pulvérisation de la même manière que le circuit de filtrage du QUV.

Le caisson protège dans un premier temps le laboratoire de l'exposition aux tubes fluorescents ainsi que des projections d'eau liées à la pulvérisation. Il permet également de pouvoir adapter la machine à vapeur déjà utilisée pour tester la réaction des portes et fenêtres à la condensation. Le thermomètre permettra de surveiller que l'on reçoit bien une température proche de 60 °C pour l'exposition aux UV mais aussi de surveiller que l'on a bien 45 °C lors de la condensation.

Une fois le caisson, le panneau et la machine à vapeur assemblés, on peut reproduire exactement le même cycle qu'en QUV, à savoir sur 1 semaine, dans l'ordre :

- ✓ **24 h** de condensation
- ✓ 48 sous-cycles de 3h (**144 h**) chacun étant constitué de **2h30** d'exposition aux UV suivi de **30 min** de pulvérisation.

Ceci pouvant être répété, comme pour le QUV, sur 12 semaines et étant géré automatiquement par ordinateur.

Afin de réaliser une intercomparaison comme précédemment, il suffit de reprendre le programme des essais du paragraphe 7.2 en remplaçant la RDA modifiée par le panneau radiant modifié.

9.5 Autres dimensions

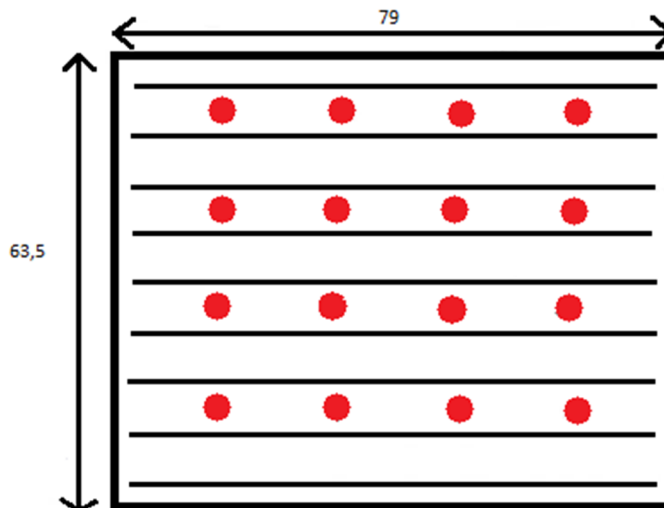


Figure 43 : Panneau pour vieillissement de fenêtres, dimensions en cm

Les modifications du panneau de 310cm x 153cm paraissent difficilement envisageables économiquement, en choisissant des dimensions plus petites telles que présentées sur la figure 43, les transformations semblent plus envisageables (9 lampes et 16 buses). De plus sur cette configuration, les distances entre chaque buses et celles entre chaque lampes sont exactement les mêmes qu'en QUV (respectivement 7 cm et 16,5 cm). Ces dimensions de 63,5 par 79cm représentent les dimensions de certaines fenêtres testées habituellement par le laboratoire.

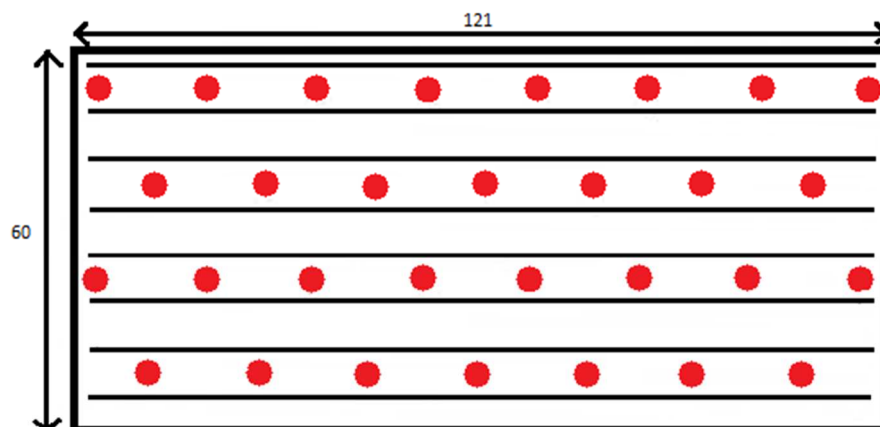


Figure 44 : Panneau optimisé, dimensions en cm

On peut également évoquer la possibilité de créer un panneau de vieillissement artificiel encore plus grand avec des dimensions optimisées (figure 44) de manière à pouvoir adapter sans problèmes les 8 tubes de 117 cm ainsi que les buses de pulvérisation tout en respectant les distances les séparant en QUV. Ici 30 buses sont nécessaires, ce panneau permettrait éventuellement de tester des menuiseries encore plus grandes.

10. Conclusions de l'étude et perspectives

Toutes les observations, remarques, recherches, cahier des charges, programmes de test, évaluation de coûts et résultats détaillés sont réunis dans un dossier.

Les études et essais comparatifs menés tendent à montrer que la roue de dégradation artificielle, bien que reconnue utile depuis (très) longtemps, devient quelque peu obsolète face à l'enceinte climatique QUV.

Il apparaît cependant possible de la rapprocher nettement de la conception de ces mêmes QUV pour tenter d'obtenir des résultats aussi pertinents mais sur des échantillons plus volumineux et plus représentatifs de la réalité (sans qu'il soit toutefois possible de tester des produits complets de type fenêtre).

Pour cette raison des transformations ont été imaginées, afin de remettre à niveau la RDA en s'inspirant du QUV. Suite à cette pré-étude puis à des essais d'intercomparaison, associés aux chiffrages des différentes transformations, il pourra être décidé quelles sont les modifications qui sont les plus pertinentes et envisageables économiquement.

Il est à noter également que, bien que les modifications à apporter au panneau radiant ont été rédigées et sont détaillées dans le dossier, elles n'ont à ce jour pas pu être chiffrées de manière détaillée. Les modifications à apporter au panneau radiant sont très proches de celles apportées à la RDA. C'est pour cela que le programme d'intercomparaison QUV/panneau radiant modifié sera identique à celui de l'intercomparaison QUV/RDA modifiée. Il faut néanmoins rappeler que le but final de la modification du panneau radiant est :

- ✓ de pouvoir faire vieillir des portes et des fenêtres entières,
- ✓ de le faire de manière comparable à ce qui se passe dans le QUV, donc proche de ce qui se passe dans la réalité mais de manière artificielle (ce qui n'existe pas aujourd'hui pour des menuiseries complètes),
- ✓ donc de prédire sur de véritables produits utilisés dans le bâtiment (pas uniquement sur certains de leurs composants) une durée de vie en œuvre.

En ce qui concerne ce qu'il restera à faire après cette pré-étude, en se basant sur les résultats portés dans ce rapport, il faudra donc mener à bien :

- ✓ Les transformations proposées pour les différents équipements, en une ou plusieurs étapes, de manière à pouvoir valider la pertinence technico-économique de chacune ou de certaines de ces transformations.
- ✓ De vrais essais comparatifs qui permettront de valider les transformations opérées, en liaison avec les résultats obtenus.

Annexe A : Evaluation du cloquage

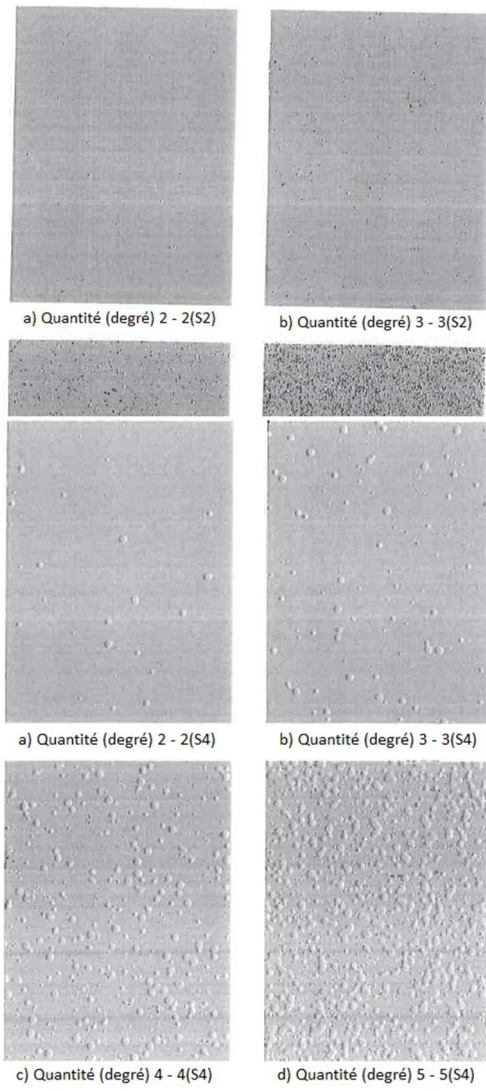


Figure 3 - Cloques de dimension 4

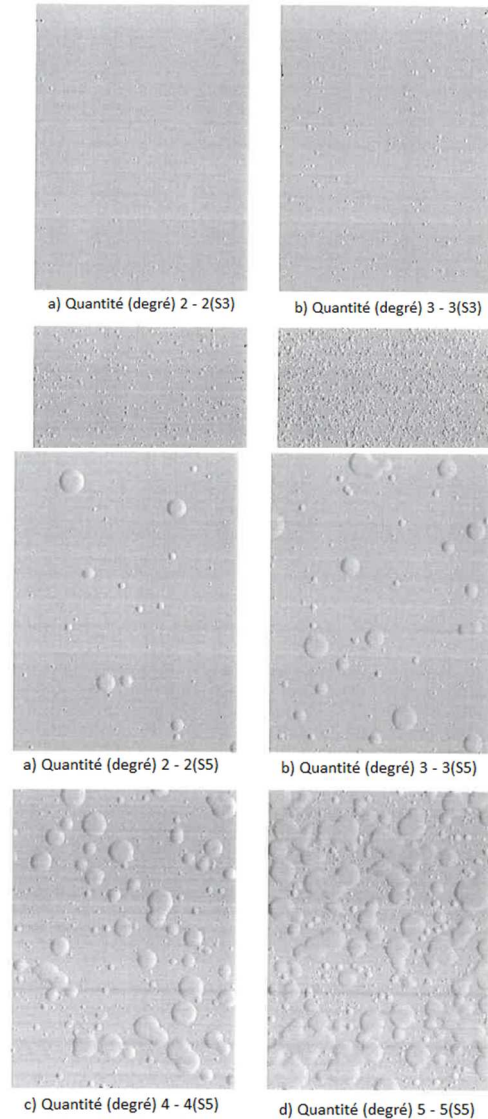


Figure 4 - Cloques de dimension 5

Annexe B : Evaluation de l'écaillage

Tableau 1 — Mode de cotation pour la désignation de l'importance de l'écaillage

Cotation	Surface écaillée
	%
0	0
1	0,1
2	0,3
3	1
4	3
5	15

Évaluer la dimension moyenne des surfaces individuelles touchées par l'écaillage conformément au Tableau 2.

Tableau 2 — Mode de cotation pour la désignation de la dimension des surfaces touchées par l'écaillage

Cotation	Dimension de l'écaillage
0	invisible avec un grossissement de $\times 10$
1	jusqu'à 1 mm
2	jusqu'à 3 mm
3	jusqu'à 10 mm
4	jusqu'à 30 mm
5	supérieure à 30 mm

Lorsque la surface d'essai présente des surfaces écaillées de dimensions variables, indiquer comme cotation pour la dimension celle des plus grandes surfaces qui sont suffisamment nombreuses pour être caractéristiques de la surface soumise à l'essai.

Si possible, indiquer la profondeur de l'écaillage par référence au niveau de la couche du système de revêtement atteinte par les défauts. Deux principaux types de défauts par écaillage sont à distinguer:

- a) couche(s) se détachant de la couche sous-jacente;
- b) système de revêtement entier détaché du sujet.

Procéder à l'évaluation sous un bon éclairage, comme spécifié dans l'ISO 13076.

5 Expression des résultats

Exprimer l'évaluation numérique de l'importance et de la dimension de l'écaillage, et si possible de la profondeur de l'écaillage (a ou b), représenté sur les Figures 1 et 2, ainsi que les dimensions approximatives de la surface concernée ou sa proportion par rapport à la surface totale, en pourcentage.

Par exemple, pour une importance 3 et une dimension 2, avec le système de revêtement entier détaché du sujet, indiquer le résultat comme suit:

— écaillage; degré d'écaillage 3(S2)b.

Si nécessaire, l'évaluation peut être complétée par une description.

Annexe C : Evaluation du craquelage

Tableau 1 — Mode de cotation pour la désignation de la quantité de craquelures

Cotation	Quantité de craquelures
0	aucune, c'est-à-dire pas de craquelure détectable
1	très peu nombreuses, c'est-à-dire nombre à peine significatif de craquelures
2	peu nombreuses, c'est-à-dire nombre peu élevé mais significatif de craquelures
3	nombre moyen de craquelures
4	nombre considérable de craquelures
5	structure dense de craquelures

Si spécifié, évaluer la dimension moyenne des craquelures conformément au [Tableau 2](#).

Tableau 2 — Mode de cotation pour la désignation de la dimension des craquelures

Cotation	Dimension des craquelures
0	invisibles avec un grossissement de $\times 10$
1	juste visibles avec un grossissement inférieur ou égal à $\times 10$
2	juste visibles en vision normale corrigée (inférieures ou égales à 0,2 mm) ^a
3	clairement visibles en vision normale corrigée (de 0,2 mm à 0,5 mm)
4	craquelures importantes, généralement de 0,5 mm à 1 mm de largeur
5	très importantes craquelures, généralement de plus de 1 mm de largeur

^a En règle générale, les défauts de plus de 0,2 mm sont visibles en vision normale corrigée.

Lorsque la surface d'essai présente des craquelures de dimensions variables, indiquer comme cotation pour la dimension celle des plus grandes craquelures qui sont suffisamment nombreuses pour être caractéristiques de la surface soumise à l'essai.

Si possible, indiquer la profondeur de craquelage par référence au niveau de la couche du système de revêtement jusqu'où pénètrent les craquelures. Trois principaux types de défauts par craquelage sont à distinguer:

- craquelures superficielles ne pénétrant pas complètement la couche de finition (c'est-à-dire fendillement);
- craquelures pénétrant la couche de finition, la (les) couche(s) sous-jacente(s) étant pratiquement intacte(s);
- craquelures affectant tout le système de revêtement.

Procéder à l'évaluation sous un bon éclairage, comme spécifié dans l'ISO 13076.

5 Expression des résultats

Exprimer l'évaluation numérique de l'importance et, si cela est spécifié, de la dimension des craquelures, ainsi que la profondeur de craquelage (a, b ou c), représenté sur les [Figures 1 et 2](#), ainsi que les dimensions approximatives de la surface concernée ou sa proportion par rapport à la surface totale, en pourcentage.

Par exemple, pour la quantité 2 et la dimension 3 avec des craquelures qui pénètrent la couche de finition, la (les) couche(s) sous-jacente(s) étant pratiquement intacte(s), indiquer le résultat comme suit:

— craquelage; degré de craquelage 2(S3)b.

Si nécessaire, l'évaluation peut être complétée par une description, par exemple «craquelage présentant une direction préférentielle» et en utilisant les descriptions données dans l'[Annexe A](#).

Figure 1 : Craquelage ne présentant pas de direction préférentielle (panneaux de 100 cm² à 200 cm²)

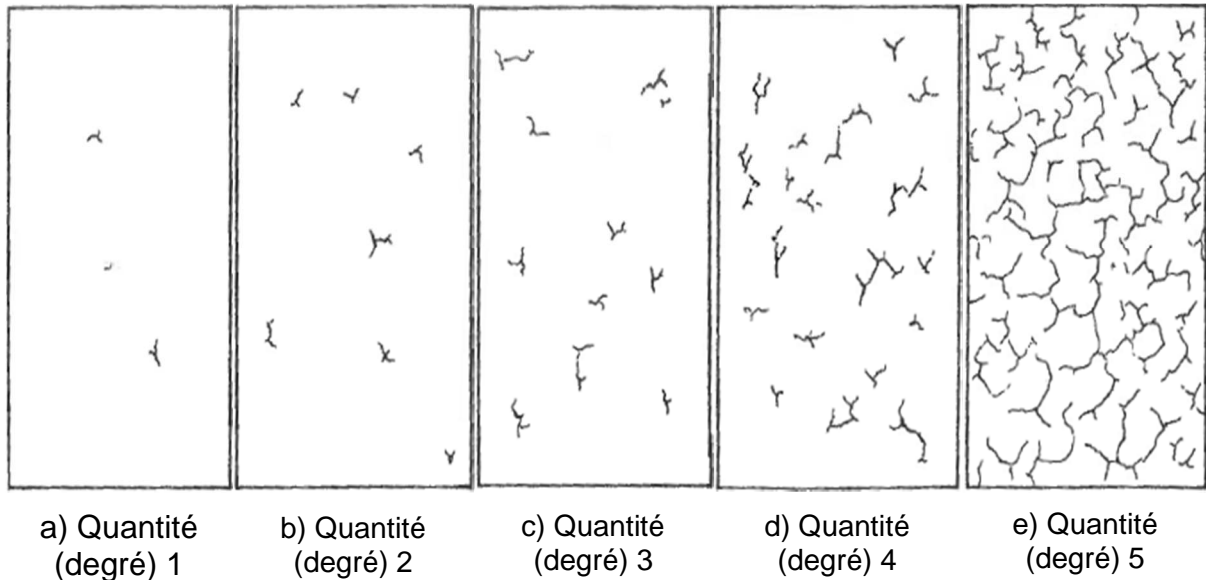
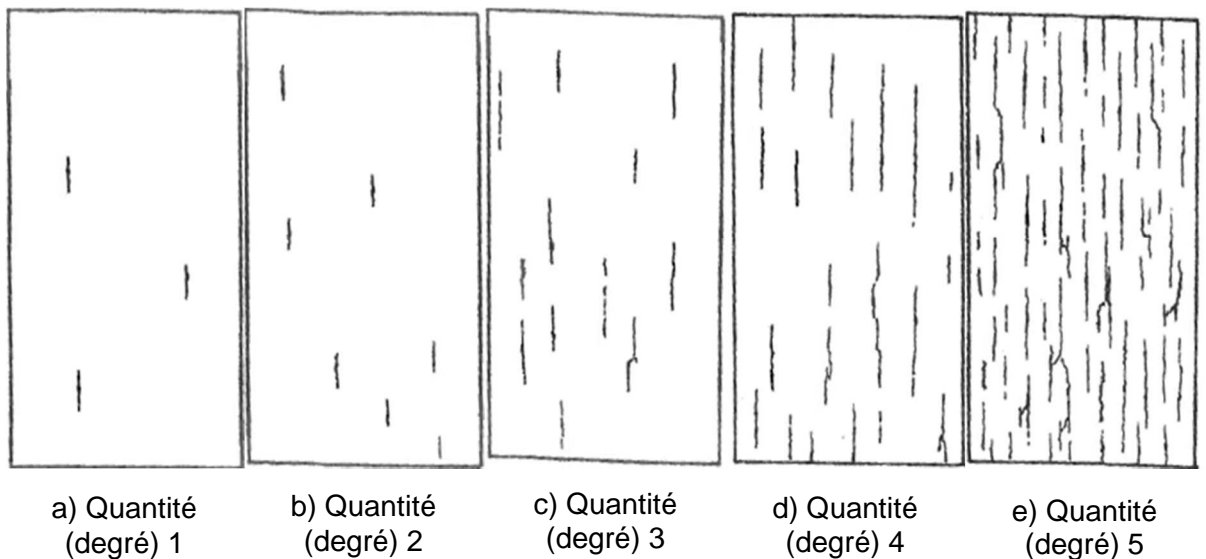


Figure 2 : Craquelage présentant une direction préférentielle (par exemple, causée par des traces de pinces ou le grain du bois) (panneaux de 100 cm² à 200 cm²)



Annexe D : Evaluation de l'aspect général

Tableau 1 — Mode de cotation pour la désignation de la quantité de défauts

Cotation	Quantité de défauts
0	aucun, c'est-à-dire aucun défaut décelable
1	très peu, c'est-à-dire un petit nombre de défauts, peu significatif
2	peu, c'est-à-dire un petit nombre de défauts, mais significatif
3	nombre moyen de défauts
4	nombre important de défauts
5	accumulation de défauts

Cotation	Dimension des défauts ^a
0	invisible avec un grossissement de $\times 10$
1	juste visible avec un grossissement inférieur ou égal à $\times 10$
2	juste visible avec une vision normale corrigée (jusqu'à 0,2 mm) ^b
3	clairement visible avec une vision normale corrigée (de 0,2 mm non compris à 0,5 mm)
4	de 0,5 mm non compris à 5 mm
5	supérieure à 5 mm

^a Sauf spécification contraire dans les autres parties de l'ISO 4628.
^b Les défauts de plus de 0,2 mm sont visibles avec une vision normale corrigée.

Lorsqu'une surface d'essai présente des défauts de différentes dimensions, la dimension des défauts les plus importants qui sont suffisamment nombreux pour être représentatifs de la surface d'essai doit être indiquée comme la cotation de dimension. La dimension du défaut doit être signalée à l'aide de la désignation S_n , où S désigne la dimension et n est le chiffre de la cotation. Par exemple, un défaut à peine visible avec une vision normale corrigée est désigné S_2 .

4	considérable, c'est-à-dire changement prononcé
5	changement très marqué

5 Expression des résultats

Le type de défaut, la quantité de défauts (voir [Tableau 1](#)) et leur dimension (voir [Tableau 2](#)), doivent être exprimés comme indiqué dans les exemples suivants:

- cloquage; degré de cloquage 2(S_2), c'est-à-dire quantité 2/dimension 2;
- écaillage; degré d'écaillage 3(S_2), c'est-à-dire quantité 3/dimension 2;

avec les dimensions approximatives de la surface concernée, ou sa proportion par rapport à la surface totale, exprimée en pourcentage.

Si nécessaire, le résultat d'essai peut être complété par une description, par exemple «confinés sur les bords» ou «cloquage de la couche de finition jusqu'à la couche sous-jacente».

Le type de changement et son intensité (voir [Tableau 3](#)) doivent être exprimés comme indiqué dans l'exemple suivant:

- farinage 4;

avec les dimensions approximatives de la surface concernée, ou sa proportion par rapport à la surface totale, exprimée en pourcentage.

Annexe E : Bibliographie, Sitographie

- IRMOULI, Youssef. *Etude de systèmes de finitions pour bois : application de nouvelles formulations, vieillissement et amélioration des performances*. Thèse réalisée à l'Université Poincaré, Nancy1, Facultés des sciences et technique, 2007
- PODGORSKI, Laurence. *Durabilité des bois, Chapitre Système bois-finitions extérieures, vieillissement, comportement*.
- Norme NF EN 927-6 :2017, *Produits de peinture et systèmes de peinture pour bois en extérieur*.
- Norme NF EN ISO 4628-6:2015, *Evaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect*.
- Norme NF EN ISO 4628-1:2016, *Peinture et vernis – Evaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect, Partie 1 : Introduction générale et système de désignation*.
- Norme NF EN ISO 4628-4:2016, *Peinture et vernis – Evaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect, Partie 4 : Evaluation du degré de craquelage*.
- Norme NF EN ISO 4628-5:2016, *Peinture et vernis – Evaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect, Partie 5 : Evaluation du degré de écaillage*.
- Norme NF EN ISO 4628-2:2016, *Peinture et vernis – Evaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect, Partie 2 : Evaluation du degré de cloquage*.
- Q-Lab. *Technical Manual QUV Accelerated Weathering Tester*. 2013
- Labomat.eu [en ligne]. 2007. Disponible sur :
http://www.labomat.eu/document/docFR/06DF_QUV_1_C.pdf
- FCBA.fr [en ligne]. 2017. Disponible sur : <http://fcba.fr/content/laboratoires-bois>
- Osram.fr [en ligne]. 2017. Disponible sur :
http://www.osram.fr/osram_fr/produits/lampes/lampes-speciales/lampes-uv/ultra-vitalux/index.jsp