

AMAP

AMAPVox

Logiciel de voxelisation de données LIDAR

Documentation utilisateur

Julien Heurtebize

Table des matières

Configuration requise.....	3
Démarrage.....	3
I/Voxelisation.....	4
1/Paramètres.....	4
Boîte englobante (bounding-box).....	4
Matrices de transformation.....	4
Matrice POP.....	4
Matrice SOP.....	4
Matrice VOP.....	4
Filtrage.....	4
Pondération.....	4
Limits.....	5
2/ALS.....	5
3/TLS.....	6
4/Export Dart.....	7
II/Visualisation.....	7
1/Charger un fichier.....	7
III/Fichiers de configuration.....	7
1/Enregistrer un fichier de configuration.....	7
2/Liste de tâches.....	8
3/Éditer un fichier de configuration.....	8
IV/Annexe.....	8
1/Formats des fichiers :.....	8
Fichier points (.las).....	8
Fichier points compressé (.laz).....	8
Fichier trajectoire.....	9
Scan Riscan (.rxp).....	9
Riscan Project (.rsp).....	9
MNT (Modèle Numérique de Terrain).....	9
Fichier voxel.....	9
Fichier matrice.....	10
Matrice de transformation.....	10
Matrice de pondération.....	11
Fichier de configuration.....	11
2/Algorithmes.....	13
Fusion de données trajecto et las (ALS).....	13
Calcul de transmittance (ALS+TLS).....	13
Pondération.....	13
Pondération minimale.....	14
Avec pondération.....	14
Calcul de trajet optique (ALS+TLS).....	15
Filtrage des points sols.....	15
Calcul de l'énergie transmise au sol.....	16
Calcul de PAI.....	16
Fusion de scan (TLS).....	16
Mode multirésolution (ALS).....	17

Configuration requise

RAM :

Minimum : 5go

Recommandé : 10go

Le programme demande beaucoup de RAM pour le TLS principalement.

Processeur :

Recommandé : processeur multi-cœurs, pour tirer parti du multi-threading

Java :

JRE 8 Oracle requis

Des problèmes de visualisation ont été rencontrés avec l'OpenJDK IcedTea sous linux, donc il faut installer le JDK d'Oracle.

OpenGL

Version 3

Démarrage

-Lancer le fichier click_me.bat

-Ou En ligne de commande, se placer dans le répertoire où se trouve le fichier « VoxeLidar.jar » et taper la commande :

java -jar VoxeLidar.jar -Xmx8G

Problème avec la version Java :

Si plusieurs versions sont installées il peut y avoir des problèmes d'exécution.

Pour connaître la version Java associée à la commande java taper la commande :

java -version

Si la version est inférieure à la 8 et que vous l'avez toutefois installée suivez la documentation en ligne : <https://www.java.com/fr/download/help/path.xml>

I/Voxelisation

1/Paramètres

La voxelisation demande un certain nombre de paramètres, certains sont obligatoires, d'autres non.

Boîte englobante (bounding-box)

Le nombre de voxels est calculé automatiquement en fonction des points minimum et maximum donnés et de la résolution, ceux-ci doivent être en mètres.

Le bouton Automatic permet de calculer automatiquement en ALS les extrémums.

Matrices de transformation

Matrice POP

Project Orientation and Position, uniquement en TLS.

Matrice de projection d'un projet Riscan Pro, celle-ci est définie dans le fichier *.rsp.

Cette matrice n'a pas besoin d'être renseignée dans le cas de la voxelisation d'un projet Riscan, elle est lue dans le fichier du projet

Lors de la voxelisation d'un scan rxp, il est possible de définir la matrice POP en ouvrant soit un fichier de type matrice (voir les formats de fichier en annexe), soit en ouvrant le fichier rsp du projet Riscan d'origine.

Matrice SOP

System Orientation and Position, uniquement en TLS.

Cette matrice est disponible pour chaque scan du projet Riscan, elle est lue dans le fichier du projet.

Matrice VOP

Voxel Orientation and Position.

Matrice supplémentaire destinée à passer des coordonnées World vers des coordonnées locales.

Filtrage

Vous avez la possibilité d'ajouter un filtrage par rapport à un **Modèle Numérique de Terrain**.

Ce filtrage va supprimer les échos qui sont à une certaine distance du sol.

Vous pouvez aussi filtrer les tirs utilisés pour la voxelisation.

Pondération

Le seul mode de pondération disponible pour le moment dépend du nombre d'échos.

La matrice de pondération par défaut est la suivante :

1.00	/	/	/	/	/	/
0.62	0.38	/	/	/	/	/
0.40	0.35	0.25	/	/	/	/
0.28	0.29	0.24	0.19	/	/	/
0.21	0.24	0.21	0.19	0.15	/	/
0.16	0.21	0.19	0.18	0.14	0.12	/
0.15	0.17	0.15	0.16	0.12	0.19	0.06

Limits

Dans l'onglet Limits vous avez la possibilité d'indiquer la valeur maximum de Pad, par défaut elle est de 5.

2/ALS

Formats reconnus :

Fichiers *.las et *.laz uniquement

Les fichiers tirs et points seront supportés ultérieurement.

Procédure :

Pour voxeliser en ALS il faut spécifier un fichier d'entrée (*.las ou *.laz), un fichier trajectoire (voir les formats de fichiers en annexe) et le fichier de sortie.

Les matrices de transformation ne sont pas obligatoires mais vous devez renseigner au minimum la bounding-box.

Spécial : Multi-résolutions

Le mode multi-resolutions a été prévu pour les calculs de radiativité sous Dart et évite d'avoir des voxels sans densité renseignée.

Le principe est le suivant :

Pour chaque voxel :

*Tant que ($\text{currentNbSampling} < \text{currentResolution}^2 * 2 + 1$ ou $\text{currentTransmittance} == 0$)*

On passe au voxel englobant (de résolution supérieure)

Si on répond au critère, on sort de la boucle

Si le critère n'a pas trouvé et qu'il n'y a pas de résolution supérieure (le fichier de résolution supérieure n'a pas été chargé), on « remplit » le voxel avec la valeur moyenne des Pad pour la couche auquel le voxel appartient. Cette couche en hauteur est calculée à partir du sol.

Cette fonctionnalité implique un pré-calcul des espaces voxels à différentes résolutions.

Lors des tests, on a généré l'espace voxel dans des résolutions successives de 1m, 2m, 3m, 4m.

Formats reconnus :

Fichiers *.rxp (scan) et *.rsp (Riscan Project) uniquement

Les fichiers « tirs » et « points » seront supportés prochainement.

Procédure de voxelisation :

Pour voxeliser en TLS il faut spécifier un fichier d'entrée (*.rxp ou *.rsp) et spécifier le fichier de sortie.

Dans le cas du projet Riscan, vous pouvez filtrer sur le nom des fichiers scans à prendre en compte. Pour un projet Riscan pour un scan de points il y a un fichier décimée associé (~1.5% du fichier original), celui-ci contient dans son nom « .mon ».

Pour vérifier la cohérence des paramètres, il est conseillé d'utiliser ces fichiers pour commencer.

A titre informatif pour voxeliser 100 scans allégés le programme va prendre 35 secondes tandis que pour générer les 100 scans pleins le temps estimé est de 1h20m.

Pour le projet Riscan les matrices POP et SOP effectueront une transformation sur la position des points selon la formule $SOP \%*\% POP$.

Si une matrice VOP est renseignée la transformation appliquée sera : $SOP \%*\% POP \%*\% VOP$.

Les matrices de transformation pour le scan rxp seul ne sont pas obligatoires mais vous devez renseigner la bounding-box.

Fusion

En TLS on peut fusionner les fichiers générés à partir des scans d'un projet.

Il y a deux options :

1-La première effectue la fusion après avoir généré les fichiers voxels , il suffit pour cela de cocher la check-box « merge after » de l'onglet « TLS » et de renseigner le nom du fichier de sortie.

2-La deuxième option est un mode à part et nécessite de choisir les fichiers à générer.

Pour se faire il faut d'abord ouvrir les fichiers voxels via le panneau « Voxels files », puis se rendre dans l'onglet « merging » et choisir le fichier de sortie.

Cliquez ensuite sur le bouton « Save and add to task list » et dans le panneau « Tasks » cliquez sur le bouton «Execute ».

Comportement de la fusion :

champ	méthode
BVEntering	somme
BVIntercepted	somme

nbSampling	somme
nbechos	somme
LgTotal	somme
AngleMean (angle= $\arccos(z_u)$)	Moyenne pondérée (poids=nbre d'occurrences pour un voxel donné pour un scan donné / nbre total d'occurrence pour tous les scans pour ce voxel) ; Occurrences=nbSampling
LMean; PAD ; transmittance => à recalculer après fusion	Transmittance=1- nbEchos/ nbSampling Transmittance=1- BVIntercepted / BVEntering PAD=log(transmittance)/(-0.5* LMean)
Autres (i,j,k, hag, x,y,z,...)	redondants

4/Export Dart

Pour exporter un fichier au format Dart:

Il suffit d'ouvrir un fichier voxel dans le panneau « Voxels files » et de cliquer sur le bouton « exporter » puis « Dart ».

II/Visualisation

1/Charger un fichier

Dans le panneau Voxels files :

Ouvrez un fichier en cliquant sur le bouton « + »

Cliquez sur le bouton « Load »

Dans le panneau « Vizualisation », choisir un attribut de voxel à visualiser

Cliquez sur le bouton « Open display window »

III/FICHIERS DE CONFIGURATION

Pour exécuter une tâche, il est nécessaire d'avoir créé le fichier de configuration associé.

1/Enregistrer un fichier de configuration

Par exemple, si vous souhaitez voxeliser un fichier *.las, il faut rentrer les paramètres nécessaires dans la fenêtre et ensuite cliquer sur le bouton « Save and add to task list »

2/Liste de tâches

Le panneau « Tasks » en bas à gauche contient ou peut contenir une liste de fichiers de configuration. Si vous cliquez sur le bouton « Execute » le programme va effectuer les tâches associées les unes après les autres.

Attention : Tout paramètre non enregistré ne sera pas pris en compte lors de l'exécution de la tâche, c'est pourquoi il est nécessaire d'enregistrer les modifications avant d'exécuter la tâche.

Il faut créer autant de fichiers de configuration qu'il y a de tâches à exécuter.

3/Éditer un fichier de configuration

Pour modifier un fichier de configuration que vous avez enregistré, il faut :

Si le fichier n'est pas dans le panneau « Tasks », dans celui-ci cliquez sur le bouton « + » et ouvrez le fichier de configuration.

Sélectionnez ensuite le fichier puis appuyez sur le bouton « Load », les paramètres du fichier de configuration vont alors remplir les champs de la fenêtre.

Modifiez ensuite le paramètre puis selon le mode utilisé cliquez dans le panneau correspondant sur le bouton « Save and add to task list ». Vous pouvez alors écraser l'ancien fichier ou en créer un nouveau.

IV/ANNEXE

1/Formats des fichiers :

Fichier points (.las)

Fichier d'échange non propriétaire de nuage de points, est un format binaire.

Spécifications sur le format à l'adresse:

<http://www.asprs.org/Committee-General/LASer-LAS-File-Format-Exchange-Activities.html>

Fichier points compressé (.laz)

Fichier qui est un format compressé des fichier *.las, l'outil pour générer ces fichiers a été développé par Martin Isenburg et est intégré dans le logiciel LASTools.

Celui-ci peut être téléchargé sur:

le site <http://www.laszip.org/> ou <http://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/>

Fichier trajectoire

Fichier contenant la position GPS a un temps donné.

Les formats existants sont le *.pof (binaire, **non supporté**) et le format texte.

Le fichier texte doit contenir 4 colonnes et une ligne d'entête.

Exemple : Début d'un fichier trajectoire

```
Easting[m],Northing[m],Elevation[m],Time[s]  
349104.142,533198.318,6.660,305247.002716  
349104.143,533198.303,6.660,305247.007717  
349102.636,533202.338,9.682,305247.012716  
349102.636,533202.323,9.682,305247.017715
```

Scan Riscan (.rxp)

Format de fichier binaire et propriétaire appartenant à Riegl.

Ces fichiers contiennent les nuages de points et peuvent être lus programmatiquement parlant avec la librairie RivLib fournie par le constructeur ou bien avec le logiciel Riscan Pro.

Riscan Project (.rsp)

Fichier au format xml contenant les informations sur le projet.

Contient notamment le chemin absolu vers les scans, la matrice POP (Project Orientation and Position) et les matrices SOP (System Orientation and Position) associées à chacun des scans.

MNT (Modèle Numérique de Terrain)

Appelé aussi DTM en anglais(Digital Terrain Model), Fichier représentant l'élévation d'un terrain.

Il ne doit pas être confondu avec le MNE (Modèle Numérique d'Élévation) ou DEM (Digital Elevation Model) qui lui prend en compte le relief plus la canopée, ou le sur-sol.

Le seul format supporté pour le moment est le Ascii Grid Format, appelé aussi Esri grid (*.asc).

Fichier voxel

Le fichier « voxel » contient une ligne de vérification, quatre lignes de méta-données et une ligne d'entête.

```
VOXEL SPACE  
#min_corner: -24.55240817129379 -19.084862548392266 9.21  
#max_corner: 21.122678914049175 267.6702998696128 68.98  
#split: 45 286 59  
#type: ALS  
i j k Pad angleMean bvEntering bvIntercepted ground_distance lMeanTotal lgTotal nbEchos  
nbSampling transmittance
```

Les paramètres « min_corner » et « max_corner » sont les extremums de la boîte englobante.
 Le paramètre « split » indique le nombre de voxels suivant les trois axes, il dépend directement de la résolution du voxel.
 Le paramètre « type » peut être ALS ou TLS.

L'entête indique le contenu des colonnes :

i	Indice du voxel en x
j	Indice du voxel en y
k	Indice du voxel en z
Pad	
angleMean	Moyenne des angles des tirs ayant traversés le voxel
bvEntering	
bvIntercepted	
ground_distance	Distance du centre du voxel par rapport au sol. Si le sol n'est pas défini (pas de filtre MNT), cette valeur est la hauteur du voxel par rapport à un plan d'équation $Z = 0$
lMeanTotal	
lgTotal	
nbEchos	Somme des échos dans le voxel
nbSampling	Nombre de fois où le voxel a été échantillonné par un tir
transmittance	

Fichier matrice

Matrice de transformation

```
0.9540688863574789 0.29958731629459895 0.0 -448120.0441687209
-0.29958731629459895 0.9540688863574789 0.0 -470918.3928060016
0.0 0.0 1.0 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0
```

Les caractères de séparation peuvent être des espaces ou des tabulations, le fichier peut contenir des sauts de ligne ou non.

Matrice de pondération

```
1.00, NaN, NaN, NaN, NaN, NaN, NaN,  
0.62, 0.38, NaN, NaN, NaN, NaN, NaN,  
0.40, 0.35, 0.25, NaN, NaN, NaN, NaN,  
0.28, 0.29, 0.24, 0.19, NaN, NaN, NaN,  
0.21, 0.24, 0.21, 0.19, 0.15, NaN, NaN,  
0.16, 0.21, 0.19, 0.18, 0.14, 0.12, NaN,  
0.15, 0.17, 0.15, 0.16, 0.12, 0.19, 0.06
```

La matrice de pondération doit contenir sept lignes et sept colonnes.

NaN indique que la case n'est pas utilisée.

La colonne indique le rang de l'écho et la ligne correspond au nombre d'échos.

Fichier de configuration

Il est au format xml, son contenu dépend directement du type de tâche à exécuter.

Sa structure est au minimum :

```
<configuration>  
  <process mode = "[mode_value]" type= "[type_value]">  
  </process>  
</configuration>
```

Les valeurs de « mode » possibles sont : voxelisation, multi-resolutions, merging

Les valeurs de « type » possibles sont : ALS, TLS

Exemple 1: Fichier de configuration en mode « voxelisation » et de type « ALS »

```
<configuration>
  <process mode = "voxelisation" type= "ALS">

    <input_file type = "0" src="/home/Documents/input_file.las"/>
    <trajectory src="/home/Documents/trajectory_file.txt"/>
    <output_file src="/home/Documents/output_file.vox"/>

    <voxelspace xmin="-12 .0" ymin="-2 .0" zmin="8.0" xmax="12.0" ymax="142"
zmax="72" splitX="24" splitY="144" splitZ="64" resolution="1.0" />

    <ponderation mode="1"/>
      <matrix type_id="ponderation">
        1.0 NaN NaN NaN NaN NaN NaN
        0.62 0.38 NaN NaN NaN NaN NaN
        0.4 0.35 0.25 NaN NaN NaN NaN
        0.28 0.29 0.24 0.19 NaN NaN NaN
        0.21 0.24 0.21 0.19 0.15 NaN NaN
        0.16 0.21 0.19 0.18 0.14 0.12 NaN
        0.15 0.17 0.15 0.16 0.12 0.19 0.06
      </matrix>
    </ponderation>
    <dtm-filter enabled="true" src="/home/Documents/dtm.asc" height-min="1.0" />
    <transformation use-pop="false" use-sop="false" use_vop="true" >
      <matrix type_id="vop">
        0.95, 0.29, 0.0, -448120
        -0.29, 0.954, 0.0, -470918
        0.0, 0.0, 1.0, 0.0
        0.0, 0.0, 0.0, 1.0
      </matrix>
    </transformation>
    <limits>
      <limit name="PAD" min="" max="5.0" />
    </limits>
  </process>
</configuration>
```

Balise <ponderation> :

La valeur de « mode » est un entier et contient le type de pondération (0 pour pas de pondération et 1 pour une pondération par le nombre d'échos). D'autres modes de pondération sont susceptibles d'être ajoutés dans le futur.

Balise <dtm-filter> :

Filtre supprimant les échos en dessous du sol , si il est activé le chemin vers le MNT est précisé dans l'attribut « src » et l'attribut « height-min » correspond au seuil à partir duquel un écho est considéré sous le sol (ce seuil est exprimé en mètres(m)).

Balise <transformation> :

Applique une transformation aux points issus du fichier d'entrée.

Balise <limits> :

Indique la valeur maximum du PAD.

Exemple 2: Fichier de configuration en mode « merging » et de type « TLS »

```
<configuration>
  <process mode = "merging" type= "TLS">
    <output_file src="/home/Documents/merged.vox"/>
    <files>
      <file src="/home/Documents/tls_scan1.vox"/>
      <file src="/home/Documents/tls_scan2.vox"/>
      <file src="/home/Documents/tls_scan3.vox"/>
      <file src="/home/Documents/tls_scan4.vox"/>
    </files>
  </process>
</configuration>
```

2/Algorithmes

Fusion de données trajecto et las (ALS)

Le fichier de trajecto est fourni au mode txt. La fusion se fait sur la base de l'horloge GPS et de l'horloge du laser. Les positions du laser sont déterminées par interpolation linéaire entre deux tops GPS.

Calcul de transmittance (ALS+TLS)

Le calcul de la transmittance locale (dans un voxel) fait intervenir une pondération qui vise à prendre en compte la contribution propre de chaque tir entrant dans le voxel. Cette pondération considère 3 termes.

- La longueur du trajet dans le voxel (systématique)
- La taille de l'emprunte fonction de la divergence du faisceau et de la distance à la source (optionnel)
- L'extinction partielle du signal lié à des obstacles rencontrés avant entrée dans le voxel (optionnel)

NB : Dans le cas du TLS il existe une indétermination fondamentale du fait que la fraction des tirs non intercepté est en général inconnue.

Pondération

Deux options de pondérations sont possible (minimale et totale dites sans et avec pondération). Dans l'option avec pondération maximale qui inclut donc la prise en compte de l'extinction progressive du rayon deux modes de calcul différents sont possibles qui donnent des résultats à peu près identiques sauf pour la couche de végétation la plus élevée.

Pondération minimale

$$\frac{\sum_i^n out_i * l_i}{\sum_i^n in_i * l_i} = \frac{\sum_i^n \frac{out_i}{in_i} * l_i}{\sum_i^n l_i}$$

avec

$out_i = 0$ si le tir a généré un écho dans le voxel, 1 sinon

$in_i = 1$ si le tir pénètre le voxel, 0 sinon

l_i longueur du trajet optique du tir i

Avec pondération

$$\text{Mode 1 : } \frac{\sum_i^n BF Out_i * S_i * l_i}{\sum_i^n BF Ent_i * S_i * l_i}$$

$$\text{Mode 2 : } \frac{\sum_i^n \frac{BF Out_i}{BF Ent_i} * S_i * l_i}{\sum_i^n S_i * l_i}$$

avec

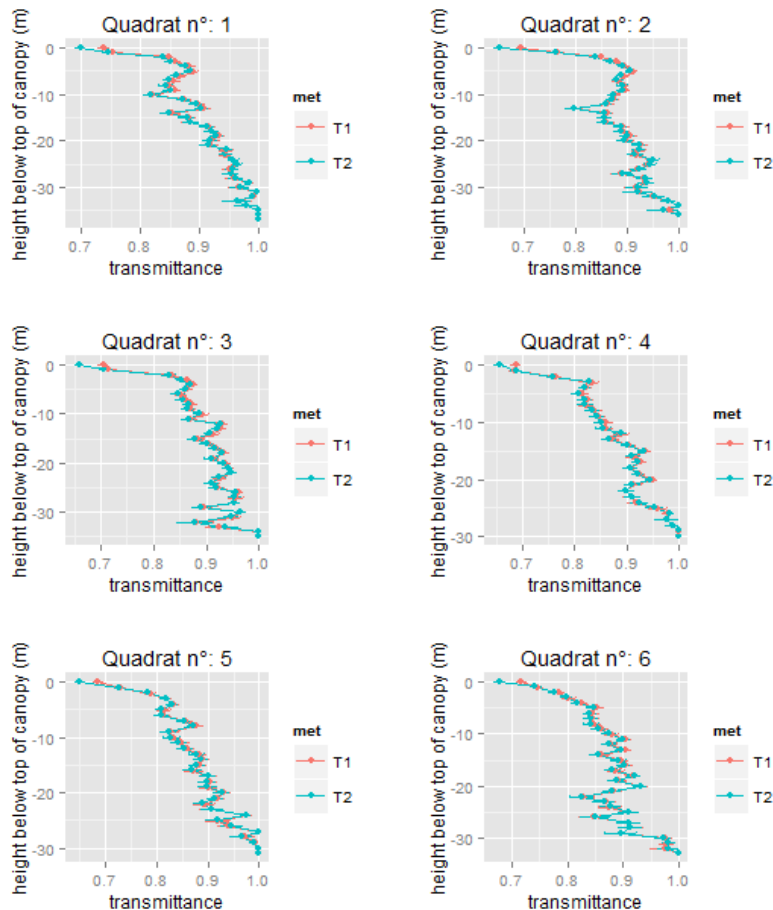
$BF Out_i$ la fraction d'énergie incidente (entre 0 et 1) du tir i sortant du voxel

$BF Ent_i$ la fraction d'énergie incidente (entre 0 et 1) du tir i entrant dans le voxel

l_i longueur du trajet optique du tir i dans le voxel

S_i , surface attendue du tir i (normale à l'orientation de tir) compte tenu de la distance à la source.

Comparaison des modes de pondérations 1 et 2 sur transmittance ALS
ParacouP15



Calcul de trajet optique (ALS+TLS)

Le calcul du trajet optique dans un voxel est toujours le même. Si un tir n'est pas complètement arrêté alors la longueur du trajet est calculée comme la distance entre le point d'entrée et le point de sortie du voxel. Si le dernier écho recensé associé au tir est contenu dans le voxel le trajet optique est calculé comme la distance entre le point d'entrée et ce dernier écho.

Filtrage des points sols

Un modèle numérique de terrain est fourni par l'utilisateur (format raster).

Tous les échos dont l'altitude est inférieure ou égale à l'altitude du raster + un seuil (par défaut 1m) sont considérés comme des échos sol et sont exclus de l'analyse de végétation. Lors du suivi de rayon, l'information de non obstruction jusqu'à un écho non sol éventuellement situé après un écho qualifié comme sol (effet de relief) est donc préservée.

Pour la visualisation tous les voxels dont les centres sont sous la surface du MNT sont considérés comme des voxels sol.

Pour le calcul de l'énergie transmise au sol le codage des voxels sol est utilisé (cf plus bas)

Calcul de l'énergie transmise au sol

On utilise le suivi de rayon. On prolonge le rayon jusqu'au premier voxel sol rencontré et pas au-delà. On comptabilise alors pour chaque cellule du raster correspondant (éventuellement plusieurs voxels sol pour une cellule de raster du fait des irrégularités de terrain) le nombre de tirs pouvant potentiellement atteindre ce voxel et la fraction d'énergie ayant effectivement atteint ce voxel. L'énergie transmise est alors simplement le ratio des deux sommes.

Calcul de PAI

En l'état le calcul du PAI ne distingue pas le bois des feuilles, ne prend pas en compte le clumping, et suppose une distribution angulaire sphérique des éléments de végétation.

La formule générale appliquée est

$$PAD = \min\left(\frac{\log(transmittance)}{-0.5 * lMean}, PADmax\right)$$

Avec lMean, longueur moyenne du trajet optique dans le voxel (longueur totale du trajet optique divisé par le nombre total de tir entrant NON PONDERE (valeur entière))

PADmax, la valeur maximale admise de PAD (valeur par défaut 5 pour un m3) cette valeur est dépendante de la résolution (cf mode multirésolution).

Fusion de scan (TLS)

Lors de la fusion des données issues des différentes positions de scan les règles suivantes de fusion des champs sont appliquées

champ	méthode
$BV_{Entering} = \sum_i^n BF_{Ent_i} * S_i * l_i$	somme
$BV_{Intercepted} = \sum_i^n BF_{Ent_i} * S_i * l_i - \sum_i^n BF_{Out_i} * S_i * l_i$	somme
nbSampling	somme
nbEchos	somme
LgTotal	somme
AngleMean (angle= arcos(z_u))	Moyenne pondérée (poids=nbre d'occurrences pour un voxel donné pour un scan donné / nbre total d'occurrences pour tous les scans pour ce voxel) ; Occurrences=nbSampling
LMean; PAD ; transmittance => à recalculer après fusion	Transmittance=1- BVIntercepted / BVEntering PAD=log(transmittance)/(-0.5*

	LMean)
Autres (i,j,k, hag, x,y,z,...)	redondants

Mode multirésolution (ALS)

Dans ce mode les données sont d'abord analysées à différentes résolutions emboîtées (mailles devant être ajustées et recouvrir le même espace global). A chaque résolution un PAD est utilisé. Par défaut on propose le 99% percentile du PAD calculé sur TLS (sur Paracou P15). Si un voxel à la résolution cible n'a pas été échantillonné on interroge le voxel englobant de taille immédiatement supérieure pour lui attribuer la valeur de PAD de ce dernier. Si aucun voxel englobant n'est informé on utilise la moyenne de PAD de la couche de végétation définie par rapport au haut de canopée.