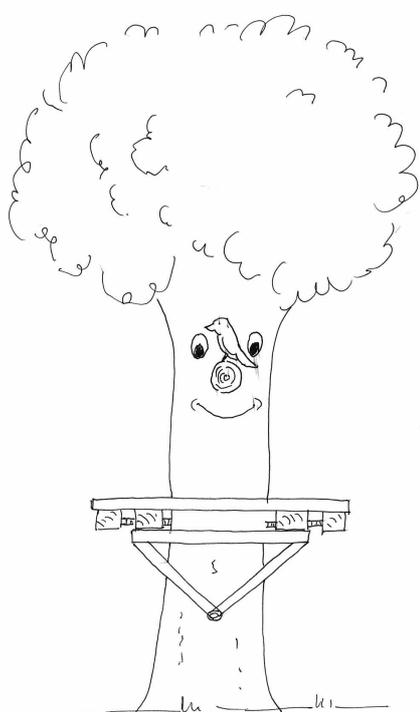


PARCOURS ACROBATIQUES EN HAUTEUR

METHODOLOGIE DE LA FIXATION DES SUPPORTS PAR PERÇAGE



Perçage ?



OR NOT Perçage ?

S O M M A I R E

A .	Introduction	3
B .	Les preconisations generales pour les parcours acrobatiques	3
B . 1 .	Qui fait quoi, les responsabilités de chacun	3
B . 1 . 1 .	L'ONF	3
B . 1 . 2 .	L'exploitant	3
B . 1 . 3 .	Le bureau de contrôle	3
B . 2 .	Problématiques générales	4
B . 3 .	Prescriptions pour les choix	4
B . 3 . 1 .	Le choix du site d'implantation	4
B . 3 . 2 .	Le choix des arbres	4
B . 4 .	Prescriptions pour les cablages	6
B . 5 .	Prescriptions pour la protection de l'environnement des arbres	7
C .	Le systeme de fixation actuel DES PLATES-FORMES	8
C . 1 .	Description	8
C . 2 .	Les différentes problématiques liés a ce mode de fixation	10
C . 2 . 1 .	Les ruptures de tronc	10
C . 2 . 2 .	Les fragilités d'ancrage racinaire	12
C . 3 .	Conclusion	13
D .	La solution proposée : la fixation par perçage	13
D . 1 .	Description	13
D . 2 .	Avantages de cette méthode	14
D . 3 .	perçage et résistance mécanique	15
D . 4 .	Méthodologie	17
D . 4 . 1 .	Qui fait quoi : spécificités du perçage	17
D . 4 . 2 .	Le choix du site et des arbres supports	17
D . 4 . 3 .	La détermination des hauteurs de perçage	17
D . 4 . 4 .	La détermination des axes de perçage	17
D . 4 . 5 .	La période la plus favorable pour la mise en place	18
D . 4 . 6 .	Le choix du matériel de perçage	18
D . 4 . 7 .	Le choix du matériel à implanter dans l'arbre	20
D . 4 . 8 .	Mise en œuvre pratique du perçage	20
D . 5 .	Conclusion	24
D . 6 .	Comparatif des différentes méthodes de fixation	24
D . 7 .	Conclusion	25

A . INTRODUCTION

Depuis la création des premiers parcours acrobatiques en hauteur, il y a aujourd'hui plus de 10 ans, nous ne pouvons faire qu'un constat: les arbres supports d'atelier subissent des dégradations très importantes et notamment des ruptures.

Ces problèmes sont principalement induits par les modes de fixations des plates-formes par bridage et également par les câbles utilisés dans ces activités, dans une moindre mesure.

Une pratique sportive mettant en avant son lien avec le milieu naturel, et en particulier l'Arbre, se doit de trouver d'autres solutions d'implantation plus respectueuses des arbres.

D'autant plus que ces pratiques tendent à se développer, et à évoluer vers des utilisations plus larges des arbres (cabane, etc.). Il devient donc de plus en plus urgent de trouver une solution, moins perturbante pour la fixation d'infrastructures dans les arbres.

B . LES PRECONISATIONS GENERALES POUR LES PARCOURS ACROBATIQUES

B . 1 . QUI FAIT QUOI, LES RESPONSABILITES DE CHACUN

Les parcours acrobatiques sont soumis à une norme AFNOR :

XP S 52-902-1 pour la construction et XP S 52-902-2 pour l'exploitation.

B . 1 . 1 . L'ONF

Lorsque l'ONF intervient pour la mise en œuvre d'un parcours acrobatique, seul l'expert arbre conseil est habilité à :

- Valider la zone d'implantation.
- Choisir ou valider les arbres supports avec l'exploitant.
- Proposer des méthodes de fixation non invasives sur les arbres.
- Proposer les mesures de protection des alentours des arbres afin d'assurer la pérennité du site.
- Une annexe de la norme XP S 52-902-1 propose quelques éléments pour le diagnostic des arbres.

B . 1 . 2 . L'exploitant

L'exploitant assure l'entretien et le contrôle du site. Les préconisations ainsi que les obligations sont toutes précisées dans la norme XP S 52-902-2

B . 1 . 3 . Le bureau de contrôle

Ces contrôles sont intégralement détaillés dans les normes

B . 2 . PROBLEMATIQUES GENERALES

La nouvelle méthodologie recherchée pour mettre en œuvre les parcours en hauteur vise à :

- Offrir une pratique la plus respectueuse de l'environnement possible.
- Assurer une pratique en toute sécurité.
- Permettre une gestion « facile » et à moindre coût
- Assurer la pérennité du site et une durée d'exploitation optimale au vu des investissements.

B . 3 . PRESCRIPTIONS POUR LES CHOIX

B . 3 . 1 . Le choix du site d'implantation

La condition préalable à l'installation raisonnée d'un parc est sa bonne implantation. A savoir :

- Eviter les plantations implantés sur des sols instables ou à fort risque d'érosion.
- Eviter également les sols engorgés qui réduisent la qualité des ancrages racinaires.
- Les arbres ne doivent pas se situer sur une zone où la foudre frappe régulièrement.
- Le choix du site doit tenir compte de l'avenir des parcelles riveraines. Si des coupes de régénération sont prévues, le site ne pourra pas être retenu.
- Un changement brutal de l'environnement immédiat des arbres mettrait en péril le site du fait de la nouvelle exposition aux vents. Par exemple, ne pas installer un parcours immédiatement après une éclaircie forte sur le peuplement en question, les arbres devront d'abord réagir au changement d'environnement direct qu'ils subissent, attendre 3 à 5 ans en fonction de la capacité de réaction des arbres qui est souvent lié à leur âge.

B . 3 . 2 . Le choix des arbres

Après le choix du site, le choix des arbres support doit lui-même être réfléchi, pour garantir une pratique sécurisée, une gestion à moindre frais, respectueuse de l'environnement et des arbres en particulier.

On veillera donc aux points suivants :

- Quand l'ONF intervient pour ce choix, cette opération est à réaliser par un expert AC®. Les futurs arbres supports peuvent être prédéterminés par le client mais doivent être validés par l'expert.
- Tout arbre présentant une suspicion de cavité interne est à écarter afin d'éviter un contrôle annuel par tomographie, et seulement par ce type d'appareil. Le résistographe est à proscrire.
- Les arbres choisis ne sont pas en situation de contrainte particulière : gîte par exemple.
- Les arbres choisis ne présentent pas de défaut mécanique majeur à tous les niveaux :
 - ✓ Tronc : par exemple, des fissurations du tronc provoqué par la foudre ou les gélivures.
 - ✓ Ancrage racinaire : suspicion de fragilité. Par exemple, arbre à très gros empâtements ou sans empâtement.
- Aucune présence d'un champignon lignivore, et également aucune suspicion de présence.
- Les arbres ne présentent pas de problème physiologique : par exemple, un dépérissement sommital.
- Ecarter les essences de bois tendre comme le Peuplier, le Tremble ou encore les Saules, ainsi que les essences à faible capacité à cloisonner à savoir :
 - ◆ Le Marronnier.
 - ◆ Le Frêne
 - ◆ Le Noyer
 - ◆ Le Pommier
 - ◆ Le Robinier
 - ◆ Le Douglas

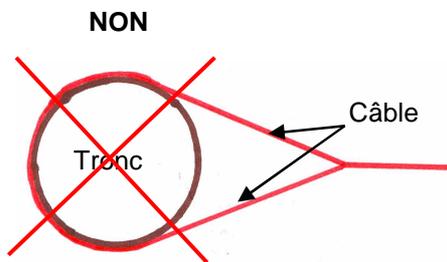
Les essences suivantes présentent une capacité à cloisonner de type moyenne et sont à éviter dans une moindre mesure :

- ◆ Les Erables
 - ◆ Le Merisier, Cerisier
 - ◆ Le Platane
 - ◆ Les Chênes
 - ◆ L'Orme
 - ◆ Le Mélèze
 - ◆ De nombreux Pins
- L'Epicéa du fait de sa faible résistance mécanique en compression ne peut pas être retenu pour cette méthode, sachant de plus qu'il présente une capacité moyenne à cloisonner.

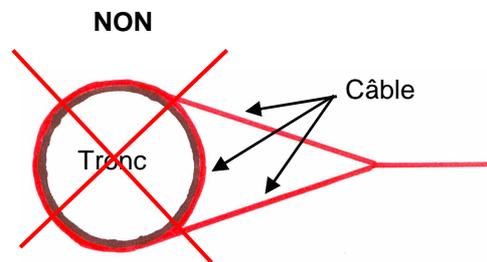
B . 4 . PRESCRIPTIONS POUR LES CABLAGES

La pose des câbles n'est pas sans poser des problèmes à l'arbre support, il est donc nécessaire de procéder soit par perçage, soit par la pose de protections spécifiques. Il faut alors respecter les prescriptions suivantes :

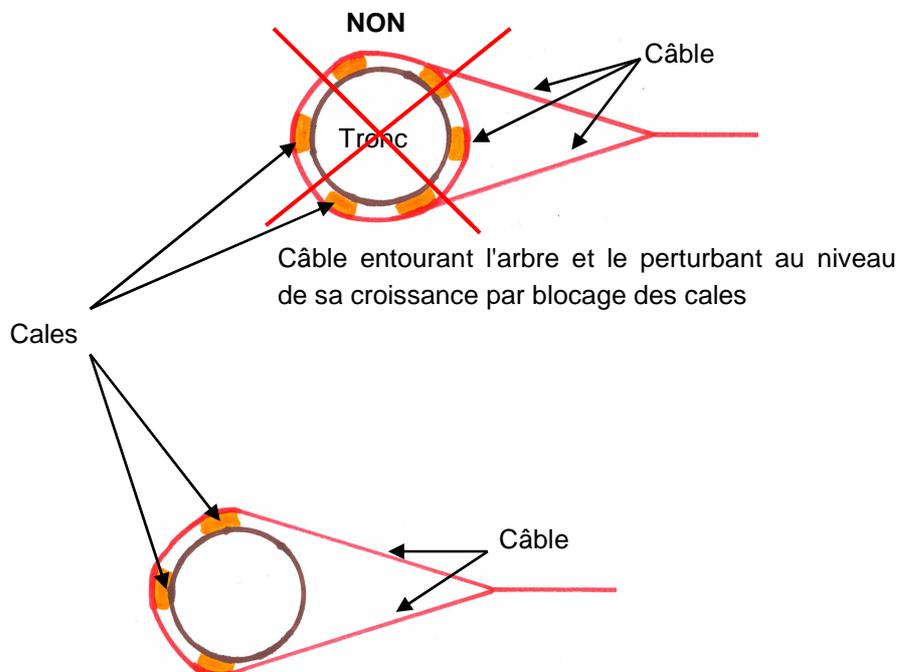
- Les câblages ne doivent en aucun cas être en contact direct avec l'arbre.
- Il est possible d'intercaler entre l'arbre et le câble une cale, qui doit être épaisse, d'une faible largeur mais d'une assez grande longueur afin de répartir la charge subie +/- 50cm.
- Les cales doivent bloquer le câble, et être fixées à l'arbre à l'aide de clous inox à tête homme. Ceci afin de permettre à l'arbre de continuer sa croissance, d'avaloir le clou qui maintiendra toujours la cale.
- Les câbles ne doivent pas faire de tour mort sur le tronc, mais être installés en forme de goutte d'eau afin de limiter l'effet d'étranglement. Si le câble devient étrangleur par la suite, il faudra procéder alors à un remplacement par un câble plus long.



Câble en contact direct avec le tronc de l'arbre



Câble entourant entièrement le tronc de l'arbre comme un garrot



Oui si le perçage n'est pas recherché

Câble sans contact avec le tronc de l'arbre et ne perturbant qu'au minimum sa croissance

- **Ne jamais mettre un câble allant d'un arbre au sol**, cas des arbres sur angle fermé, préférer le positionner sur un arbre voisin, afin que lors de coups de vent, les arbres aient ensemble une unité de mouvement et qu'il n'y ait pas de blocage brutal qui serait alors responsable de ruptures.
- Pour les résineux, veiller à ce que les câbles laissent suffisamment de mouvement aux arbres, afin de limiter le risque de rupture au niveau des perçages et d'autant plus si les câbles sont implantés à grande hauteur. En effet, lors de vents violents, le tronc des résineux peut avoir une forte amplitude de mouvement. Cette amplitude associée à un blocage du tronc au niveau des perçages peut entraîner une rupture.
L'amplitude de mouvement du tronc lors de vents forts est moindre sur les feuillus.

B . 5 . P R E S C R I P T I O N S P O U R L A P R O T E C T I O N D E L ' E N V I R O N N E M E N T D E S A R B R E S

Il ne faut en aucun cas perdre de vue le fait que d'implanter une installation dans les arbres va modifier l'environnement direct de ceux-ci. En conséquence, il est important de limiter l'impact subi au maximum à savoir :

- Faire en sorte de limiter le plus possible les tassements qui sont la principale cause de dépérissement des arbres sur ce type de pratique. Les piétinements provoquent, outre un tassement du sol, la rupture en grande quantité des racines absorbantes et à terme sur certains sols la création de nappes d'eau de surface. Il faut donc canaliser la circulation des personnes (accompagnateurs des pratiquants ou moniteurs) et engins au maximum en réalisant des linéaires étroits et, soit recouverts de caillebotis, soit d'une épaisseur d'au moins 10 cm de mulch. Les engins de chantiers ne doivent en aucun cas pénétrer dans la zone équivalente à la projection au sol du houppier. L'idéal étant la suppression totale de tout engin lourd sur un tel site.
- Eviter de modifier l'environnement proche des arbres supports d'atelier et des autres : notamment par enlèvement massif d'arbres voisins, et en particulier si ceux-ci se trouvent du côté des vents dominants. En effet, en peuplement forestier, les arbres « se protègent entre eux » : il a été mis en évidence que les arbres de milieu de massif ne perçoivent qu'environ 30% des perturbations liées aux vents que subissent les arbres de lisière.
- **Ne surtout pas proposer de changer les zones de contact des brides si celles-ci ont déjà provoqué des altérations.** En effet, le fait de déplacer les brides d'un quart de tour par exemple, ne fera que reproduire les mêmes effets sur une zone où la circulation des flux de sève est encore correcte. Il est préférable de proposer une alternative décrite plus loin.

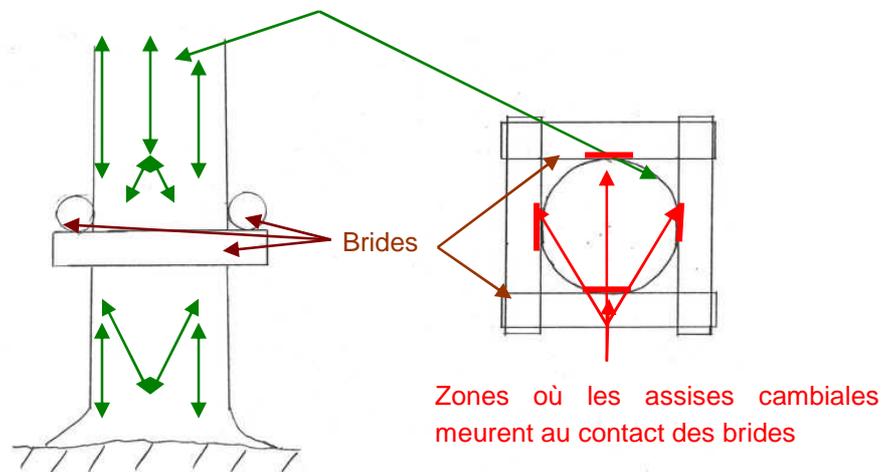
C . LE SYSTEME DE FIXATION ACTUEL DES PLATES-FORMES

C . 1 . DESCRIPTION

Le système actuel est basé sur l'idée qu'il n'y a pas de perturbation pour l'arbre car le support ne fait que s'appuyer sur le tronc. Cette idée est erronée : nous en avons le résultat aujourd'hui.
Les schémas ci-dessous montrent l'évolution de l'arbre au niveau des brides des plates-formes qui sont seules représentées.

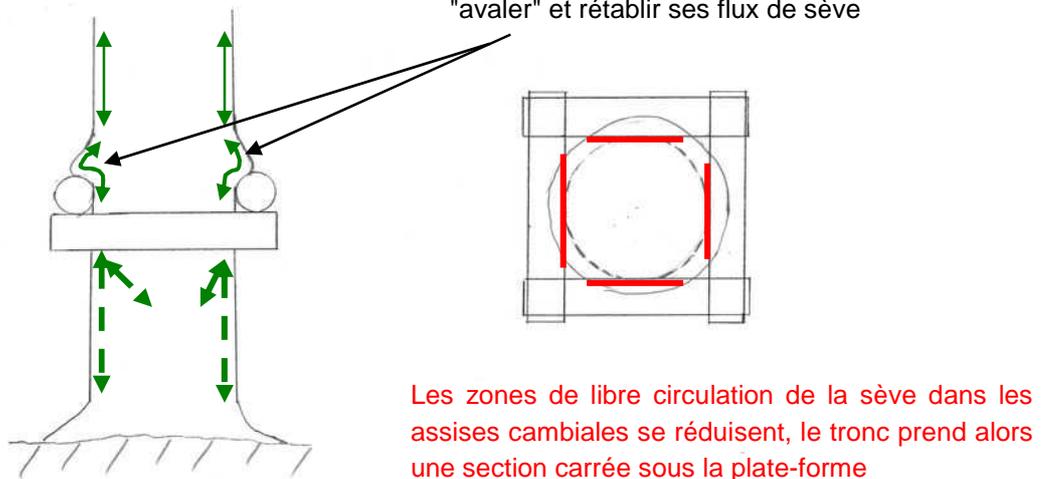
1^{er} Stade

Circuit des flux de sève au niveau des assises cambiales



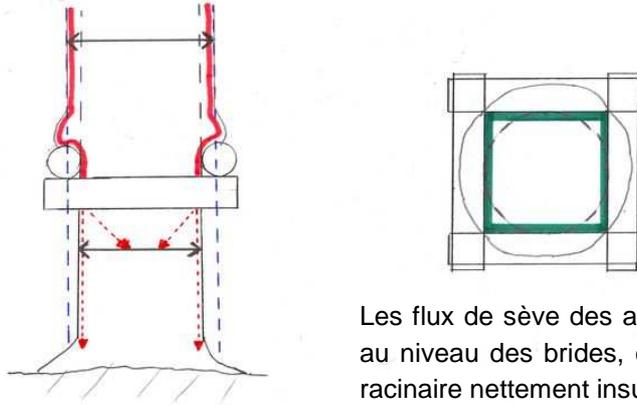
2^{ème} stade

L'arbre tente de contourner les brides pour les "avaler" et rétablir ses flux de sève



3^{ème} stade

L'arbre se bloque dans les brides, le tronc sous plate-forme est de section carrée et le diamètre du tronc au-dessus de la plate-forme est supérieur au diamètre sous plate-forme

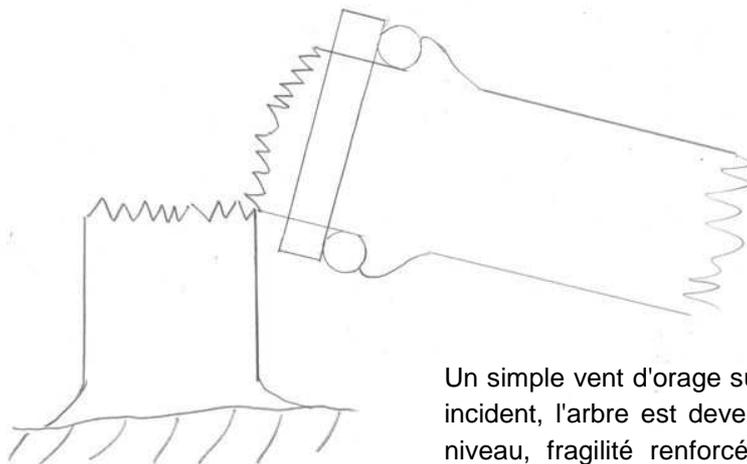


Les flux de sève des assises cambiales sont très réduits au niveau des brides, d'où une alimentation du système racinaire nettement insuffisante.

De plus, ces zones blessées sont rapidement investies par le lignivore *stereum sanguinoleum* responsable d'une pourriture rouge par "traînées", notamment sur résineux.

4^{ème} stade

La rupture sous plate-forme, la zone bridée présente une rigidité localisée qui induit un point de rupture



Un simple vent d'orage suffit à provoquer cet incident, l'arbre est devenu trop fragile à ce niveau, fragilité renforcée si investi par le lignivore de blessure *stereum sanguinoleum*

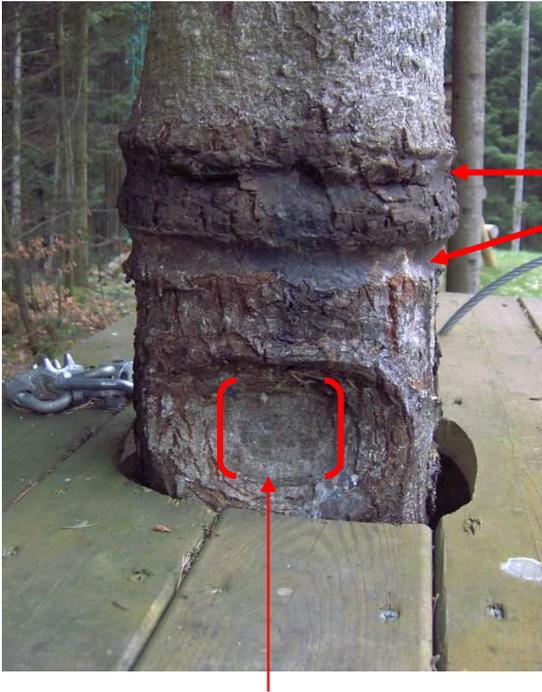
C . 2 . LES DIFFERENTES PROBLEMATIQUES LIEES A CE MODE DE FIXATION

C . 2 . 1 . Les ruptures de tronc

Lorsque l'arbre est « bridé », les mécanismes suivants se mettent en œuvre :

- *Mort de l'assise cambiale* : les brides compriment trop le tronc et empêchent la circulation de sève, entraînant ainsi la mort de l'assise cambiale. Cela correspondant à une blessure qui, chez les résineux peut être rapidement investie par le lignivore *stereum sanguinoleum*, responsable d'une pourriture rouge de type dite en "traînée", concourant à fragiliser cette partie du tronc.
- *Augmentation de l'activité sur les zones non compressées* : pour compenser la mort de certaines parties de son assise cambiale, l'arbre augmente son activité sur les autres zones. Ces zones se trouvent alors vite limitées également par les brides : effet de garrot.
- *Mise en place de bois visant à « avaler » les brides*. Pour tenter de rétablir la circulation normale des flux de sève, l'arbre développe du bois pour « avaler » les brides. Malheureusement la taille des brides est trop importante pour que l'arbre y parvienne.
Il reste alors une importante excroissance à ce niveau. Mécaniquement, la flexibilité de l'arbre est amoindrie et l'arbre peut rompre à cet endroit. Ce phénomène étant accru en présence de *stereum sanguinoleum*.
- *Création d'une discontinuité dans le diamètre du tronc au niveau des brides*. Les assises cambiales étant nettement moins alimentées en partie inférieure, elles ne peuvent pas produire autant de bois que sur les parties supérieures. Le diamètre du tronc au-dessus des plates-formes devient nettement supérieur au diamètre sous ces mêmes plates-formes.
Ainsi, une réduction de diamètre de moitié augmente les contraintes subies par l'arbre d'un facteur 8. Ceci est d'autant plus défavorable que le développement de l'arbre suit son évolution normale de croissance avec une base, réduite en diamètre qui ne suit pas la croissance. Au fil des années ce « déphasage mécanique » augmentera rendant la situation de plus en plus défavorable. Même sans infection par un champignon lignivore, la situation évoluera vers une rupture par faiblesse structurelle.
- *Les conséquences vis-à-vis du système racinaire*. L'arbre n'arrivant plus à alimenter le système racinaire correctement, cela produit une perte des mycorhizes et la mort de plusieurs mâts racinaires remettant, non seulement en cause la stabilité de l'arbre, mais provoquant également des dessèchements sommitaux par manque d'alimentation en eau et nutriments du système foliaire. Le risque de basculement ou de mort de l'arbre semble être la résultante finale.

Exemple : arbre en croissance avec installation depuis moins de 5 ans.



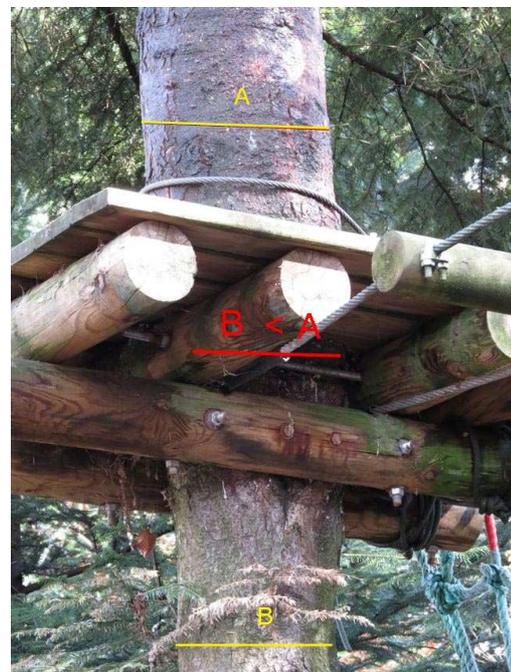
Altérations liées à la présence des câbles
en contact direct avec le tronc de cet arbre



Partie en contact direct avec les brides,
les assises cambiales sont mortes
définitivement. Seul des bourrelets de
cicatrisation pourraient recouvrir cette
zone

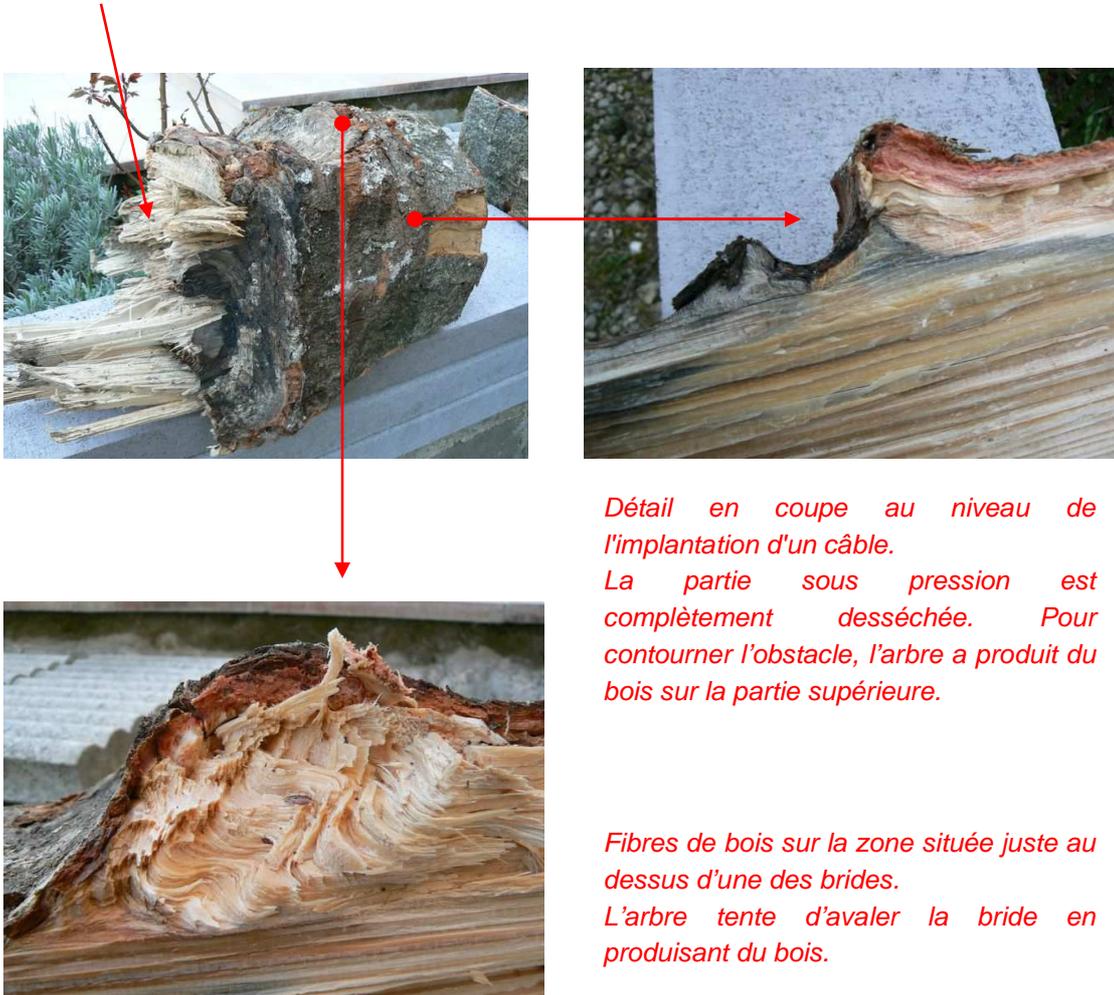
Autre exemple : installation depuis une dizaine
d'années.

Les brides font l'effet d'un garrot sur l'arbre.
Elles bloquent de manière importante les flux de
sève. L'écart entre le diamètre au niveau A et le
diamètre au niveau B est de 14 %. Cela crée une
fragilité mécanique : le risque de rupture du tronc
juste sous la plate-forme est devenu important.



Exemple d'une rupture : lors d'un orage, un coup de vent de force moyenne a causé la rupture de la zone fragilisée.

Zone inférieure à la plate forme : zone de rupture



Détail en coupe au niveau de l'implantation d'un câble.

La partie sous pression est complètement desséchée. Pour contourner l'obstacle, l'arbre a produit du bois sur la partie supérieure.

Fibres de bois sur la zone située juste au dessus d'une des brides.

L'arbre tente d'avalir la bride en produisant du bois.

C . 2 . 2 .

Les fragilités d'ancrage racinaire

Le flux de sève étant réduit, l'alimentation du système racinaire est moindre.

De fait, l'activité racinaire est réduite et les conséquences sont visibles sur les parties aériennes de l'arbre : dépérissements en partie sommitale qui s'accroissent dans le temps.

Progressivement, l'arbre perd une grande partie de son système racinaire et de ses mycorhizes, on peut alors redouter une perte des ancrages et donc un basculement.

Cette problématique peut être encore aggravée sur des sols peu favorables et/ou en l'absence de précautions vis-à-vis de l'environnement proche des arbres, notamment de mesures de prévention du piétinement des pratiquants.

C . 3 . CONCLUSION

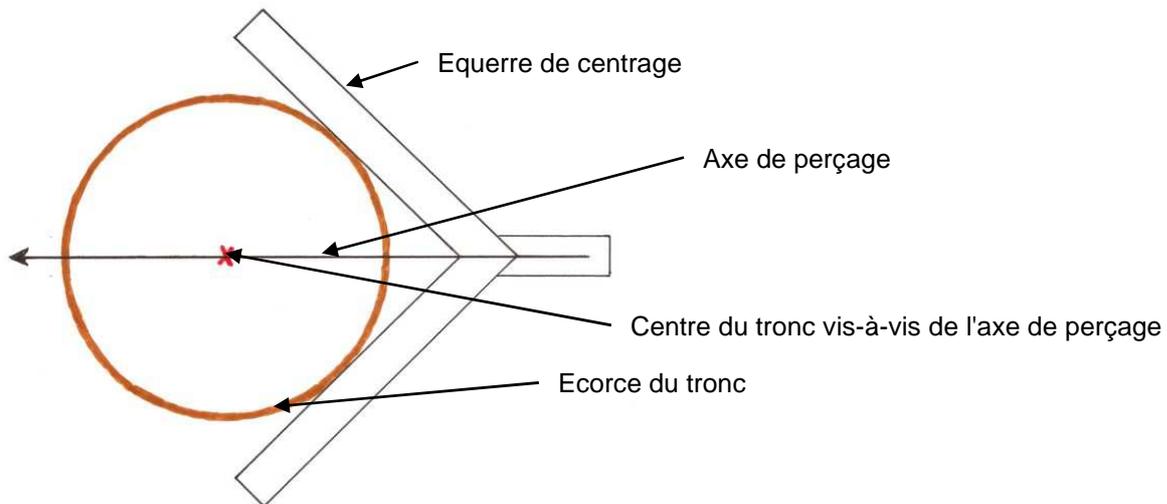
Avec ce type de fixation souvent associé à un manque de protection au niveau des sols, les arbres présentent rapidement une perte de vigueur et de forts dépérissements. Devenus nettement moins réactifs vis-à-vis des agresseurs (lignivores et insectes xylophages) ils sont fragilisés sanitaire et mécaniquement. L'exploitation de la totalité des arbres supports de ces sites excède bien péniblement la dizaine d'années.

Il a donc été nécessaire de réfléchir à un autre mode de fixation moins traumatisant pour les arbres et donc permettant un maintien plus long des arbres supports.

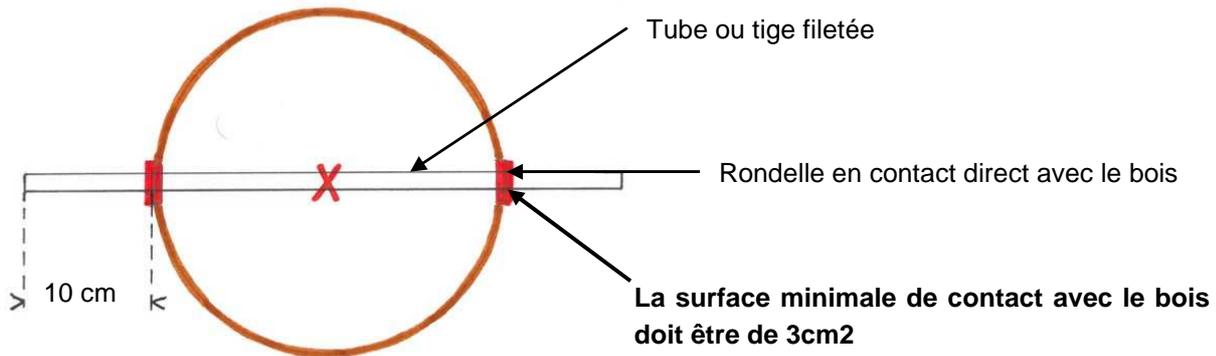
D . LA SOLUTION PROPOSEE : LA FIXATION PAR PERÇAGE

D . 1 . DESCRIPTION

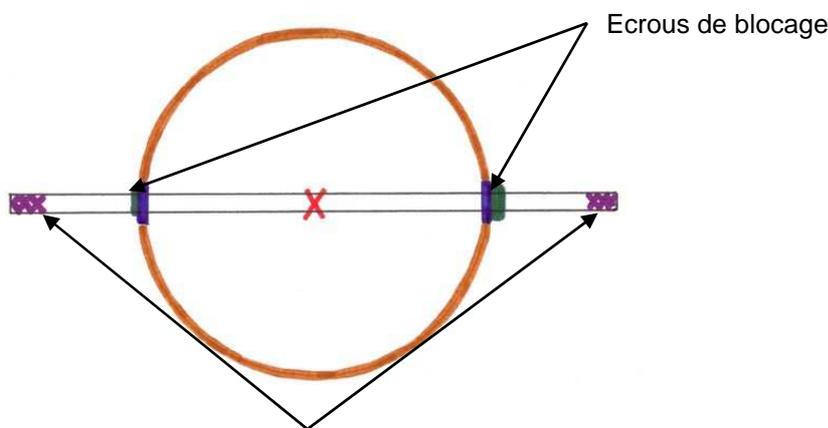
- *Phase 1:* positionnement l'axe de perçage pour atteindre le centre de l'arbre. Le perçage doit être réalisé à l'horizontale.



- *Phase 2:* Pose du tube ou de la tige filetée en laissant une longueur d'environ 10 cm de chaque côté du tronc afin de permettre à celui-ci de continuer sa croissance en diamètre normalement. Positionnement également de cales (rondelles ...) directement en contact avec le bois : il est donc nécessaire d'enlever l'écorce à ce niveau.



- Phase 3: Fixation d'écrous ou autre empêchant tout mouvement horizontal du tube ou de la tige filetée



Zones réservées pour la fixation des plates-formes ou des câbles

D . 2 . AVANTAGES DE CETTE METHODE

La solution du perçage, permet de conserver en bon état les arbres supports très longtemps. En effet, elle présente les avantages suivants :

- Les flux de sève ne sont que très peu perturbés (uniquement au niveau des zones de perçages et donc sur des surfaces très faibles).
- Il n'y a plus de zones d'excroissances sur le tronc et donc moins de fragilité mécanique du tronc.
- Les arbres ne perdent pas leur vigueur et sont donc très réactifs face aux nouvelles contraintes reçues.
- Les systèmes racinaires ne sont pas affectés sur le long terme par cette technique.



Vue d'un perçage après une saison de végétation, la mort des assises cambiales forme un losange vertical plus allongé sous le tube, et on peut voir la présence d'un fort bourrelet cicatriciel qui s'installe. La zone de contact avec le tube est entièrement obstruée par les polyphénols que l'arbre a produit pour fermer l'espace entre la tige en métal et le bois.



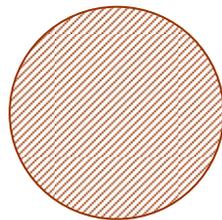
Le même perçage après une deuxième saison de végétation, le bourrelet cicatriciel a recouvert l'ensemble de la blessure et avale le tube.

D . 3 . PERÇAGE ET RESISTANCE MECANIQUE

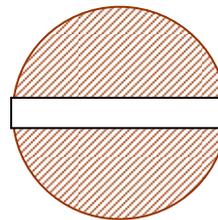
Le perçage de l'arbre augmente les contraintes de compression (les plus défavorables) et de tension.
La surface de la section au niveau des fixations représente une grandeur de première importance (puissance 3) dans tous les calculs de résistance et de contrainte.
A diamètre égal d'un arbre non percé, le perçage diminue la surface de section « utile ».

Vue en coupe d'un tronc

Surface de section utile hachurée



Arbre non percé



Arbre percé

Dans le calcul de l'effort maximal admissible par l'arbre (annexe C norme XP S 52-902-1) il faut donc tenir compte de l'augmentation des contraintes subies.

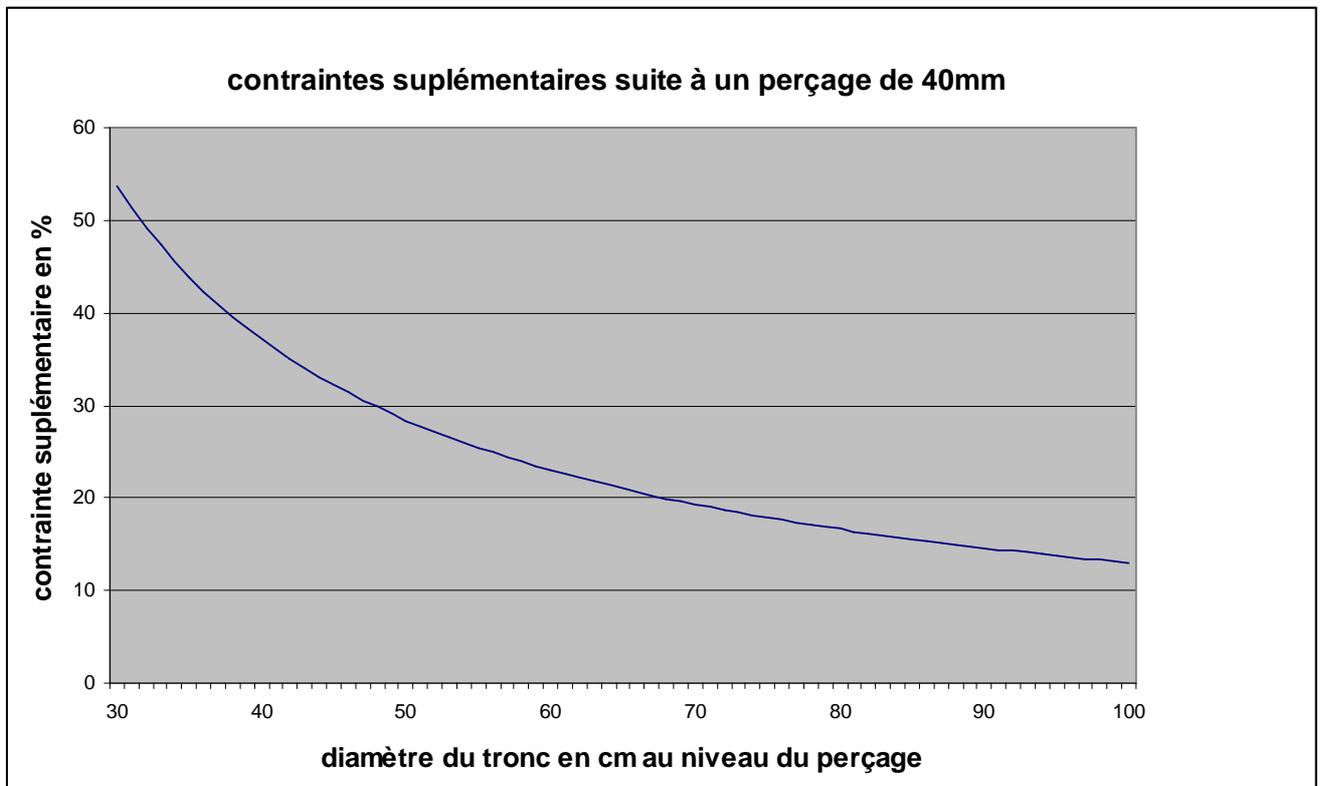
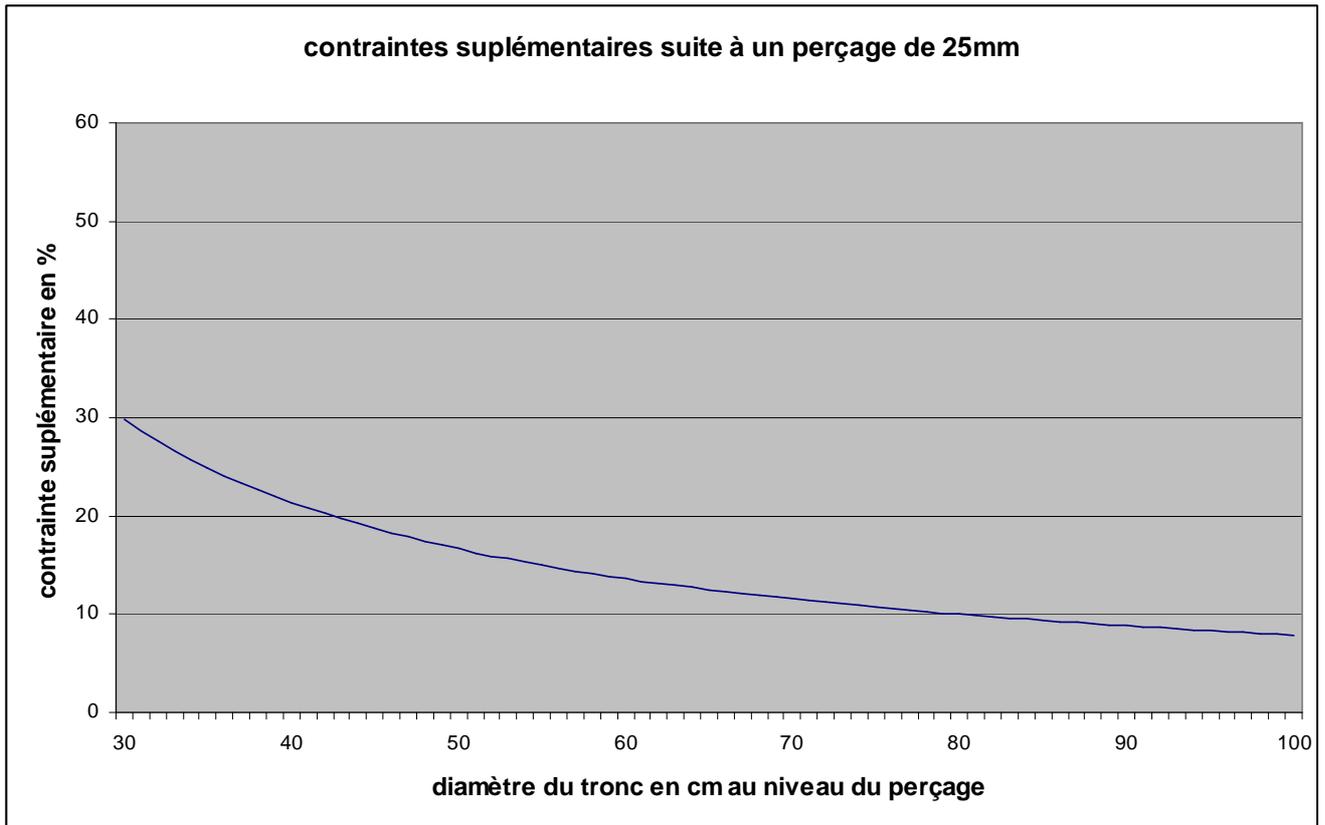
Ce point va être amendé par une campagne de mesure sur des perçages par le biais des tests de traction pour confirmer où infirmer les calculs théoriques.

A titre d'exemple l'augmentation des contraintes subies au niveau de la section du tronc percée (la hauteur de perçage n'est pas intégrée dans cette simulation) :

Pourcentage d'augmentation des contraintes subies par l'arbre du fait du perçage

Diamètre de perçage	Diamètre du tronc au niveau du perçage (cm)							
	30	40	50	60	70	80	90	100
25 mm	30%	21%	17%	14%	12%	10%	9%	8%
40 mm	54%	37%	28%	23%	19%	17%	15%	13%

Graphiques des incidences des perçages sur les contraintes supplémentaires subies par les troncs



D . 4 . METHODOLOGIE

Pour profiter des avantages de cette solution, la mise en œuvre doit respecter **des règles strictes**. Ces règles sont présentées ci-après.

D . 4 . 1 . Qui fait quoi : spécificités du perçage

Lorsque l'ONF intervient pour la mise en œuvre d'un parcours acrobatique, seul les experts Arbre conseil® formés à l'assistance technique pour perçage seront « habilités » à :

- Valider la zone d'implantation.
- Choisir ou valider les arbres supports avec l'exploitant.
- Définir les choix techniques pour la mise en œuvre du perçage :
 - ✓ Hauteur de perçage.
 - ✓ Détermination des axes de perçage.
 - ✓ Préconisation du matériel de perçage.

L'ONF ne disposant pas d'agrément de monteur de parcours, les entrepreneurs ne pourront pas procéder aux installations. Il est cependant possible d'imaginer que nos grimpeurs élagueurs interviennent en qualité de sous-traitants au profit d'installateurs.

L'expert sénior, Michel Drouard est actuellement le référent pour valider les cahiers de charges des perçages et assister les experts formés.

D . 4 . 2 . Le choix du site et des arbres supports

Cf. paragraphe B .

D . 4 . 3 . La détermination des hauteurs de perçage

En fonction du poids de la plate forme et de sa charge maximale, on détermine un diamètre minimal à partir duquel le support peut être fixé dans l'arbre.

La plate forme ne pourra donc être fixée qu'à partir de la hauteur où le tronc fait au moins ce diamètre.

Par exemple, si les plates-formes ne sont prévues que pour deux personnes au maximum, on peut accepter le perçage sur un diamètre de 35 à 40 centimètres au minimum.

Pour une implantation d'un parcours recevant des plates-formes pour 10 personnes ou plus par exemple, on ne peut pas descendre au-dessous de 50 centimètres de diamètre.

D . 4 . 4 . La détermination des axes de perçage

Les axes de perçage doivent prendre en compte les sens des contraintes exercées sur l'arbre.

La prise en compte de ces contraintes vise à éviter que l'arbre ne s'ouvre en deux au niveau des zones percées, sous l'effet des dites contraintes.

Ces contraintes sont de deux ordres:

- La contrainte climatique : sens des vents dominants sur le site, la plupart du temps.
- La contrainte des tractions liées aux implantations du parcours : Dans quels sens l'arbre va-t-il être tiré ?

Les règles à respecter sont les suivantes :

- **Préalable indispensable : repérer les axes de contraintes.**
- **Règle ESSENTIEL : ne pas percer plusieurs fois l'arbre sur un même axe.**
Si toutefois cette règle ne peut être respectée, laisser une hauteur suffisante entre les deux perçages : au moins deux mètres.
- Ne pas percer dans la zone dite de "fil neutre".
Cette zone est la zone de friction entre les fibres sous tension et les fibres en compression. Cette zone est particulièrement sensible. Les éléments ne tiennent entre eux que par « collage ». Dans tout scénario de rupture le « décollement » des zones de traction et de compression est le facteur déterminant l'ampleur de la rupture.
La chose qui se produit le plus souvent est une fissuration longitudinale de l'arbre sur une très grande longueur, fragilisant de ce fait fortement l'arbre touché, cette fissuration verticale peut être d'une très grande ampleur pouvant amener à l'abattage. Concrètement cela signifie que les axes de perçages ne doivent pas être implantés à 90° des divers axes de contraintes. Si toutefois cette règle ne peut pas être respectée, limiter les perçages dans ces zones de fragilité à un seul par arbre et positionner dans cet axe le perçage qui subira la plus faible contrainte.
Un perçage dans l'axe de la fibre neutre est un point de rupture programmé, voire de fissuration.

En fait, il s'avère que les arbres qui sont bridés dans leurs mouvements sont à même d'entrer en "résonance" lors de la mise sous contrainte, alors qu'en temps normal, un arbre n'entre jamais en "résonance".

De ce fait les arbres sont soumis à des « mouvements forcés » contraignant les fibres du tronc. Dans les cas les plus défavorables, les charges induites par le vent ne sont plus directement transmises au sol à travers le collet mais sont libérées au niveau des points d'attaches qui absorbent l'ensemble de l'énergie. Dans ces situations les ruptures au niveau des points d'attache sont probables. Des recherches sont en cours pour déterminer l'ampleur de ce phénomène face auquel aucune mesure de sauvegarde n'a été mise au point

D . 4 . 5 . La période la plus favorable pour la mise en place

Il est important que l'arbre puisse rapidement s'approprier le matériel implanté et également bloquer toute entrée d'air par l'émission des polyphénols entre autre.

Pour se faire, il est préférable d'effectuer les perçages durant la période de végétation de l'arbre, voire dès la fin de l'hiver, mais il faut éviter de les effectuer fin d'automne et en hiver, et encore moins, durant les périodes de gel.

D . 4 . 6 . Le choix du matériel de perçage

Cette opération est réalisée par l'installateur sur recommandation de l'expert.

Le perçage doit être réalisé en un seul passage, il est donc nécessaire de posséder une perceuse suffisamment puissante. La mèche ne doit pas dévier lors du percement. Le recours à des perceuses de charpentiers (exemple marque Mafell, Protool) est incontournable. Ces perceuses disposent d'un couple élevé à bas régime permettant de percer sans efforts, ce qui garantit un perçage droit et bien orienté, sans déviation de la mèche.

Une attention particulière est à porter à la liaison mèche - perceuse. Le travail est réalisé en hauteur dans un environnement difficile. L'ensemble machine mèche doit rester maniable et précis. De ce fait il est proposé de recourir à une fixation par cône Morse de taille 2 ou 3 (CM2 ou CM3)

La perceuse : elle doit avoir un couple important à bas régime notamment et avec plusieurs vitesses de rotations et munie d'un cône Morse de type CM 2 ou 3 sur lequel la mèche vient se loger.

Ci-dessous un exemple de machine adaptée au perçage sur les bois frais.

Perceuse DRP 32 DRP 32-4

Livraison standard

- Poignée supplémentaire
- Cale d'extraction
- en carton



La perceuse puissante à 4 vitesses

- Un couple optimal à tous les niveaux grâce à un réducteur à 4 vitesses
- Réserves de puissance importantes pour le perçage dans l'acier, l'aluminium, les matières plastiques, le bois dur et le bois tendre
- Sécurité supplémentaire grâce à un accouplement à glissement
- Maniabilité et sécurité optimales grâce à des poignées de grande taille et un interrupteur sans dispositif d'arrêt
- Grande stabilité et longue durée de vie grâce à un réducteur robuste dans un carter métallique
- Logement d'outil précis et sûr avec cône Morse MK 3



Commutation de vitesse mécanique

Notices d'utilisation

 [Manuel d'utilisation](#)

Caractéristiques techniques

Puissance absorbée nominale	1700 W
Vitesse max. (à vide)	0-740 min ⁻¹
Vitesse de rotation (ralenti) 1ère vitesse / 2ème vitesse	210/330 min ⁻¹
Vitesse de rotation (ralenti) 3ème vitesse / 4ème vitesse	470/740 min ⁻¹
Couple max.	204 Nm
Diamètre de perçage acier - foret hélicoïdal / foret carotteur	32/80 mm
Diamètre de perçage bois - alésoir-fraiseur / disques à couteaux	130/190 mm
Porte-broche	MK 3
Diamètre du collet de broche	65 mm
Poids	6,9 kg

[Afficher moins de caractéristiques techniques](#)

Accessoires système Perceuse DRP 32



Mandrin de perçage à couronne dentée

[Afficher](#)



Mandrin conique

[Afficher](#)



Jeu de mèches à simple spirale

[Afficher](#)



Mèche à simple spirale

[Afficher](#)

La mèche : doit être adaptée au perçage des bois frais et ne doit pas dévier lors du perçage.

Un fabricant a conçu un modèle de mèche qui permet de percer dans le bois sans déviation avec une attaque de perçage sur un angle très fermé. Cette mèche a été réalisée pour des percements de charpentes de type lamellé-collé sur des longueurs approchant le mètre. Ces mèches sont creuses avec des orifices pour le passage de l'air comprimé jusque dans la tête de perçage. L'objectif de l'utilisation de l'air comprimé est l'éjection des copeaux le long du corps de mèche pour éviter le bourrage lors du perçage. Le raccordement mèche air comprimé est réalisé à l'aide de raccords spéciaux, courant en industrie.

Le guidage de la machine, et donc le respect de l'axe de perçage défini, peut être réalisé à l'aide d'une équerre de centrage modifiée en conséquence.

Ci-dessous vues de la tête de mèche de profil et de face.



Pour information, coordonnées du fabricant :

BOULLY MACHINES - 935 route de Louhans - 71470 MONTPONT EN BRESSE

Tel: 03 85 72 92 29

D . 4 . 7 . Le choix du matériel à implanter dans l'arbre

Le matériel à implanter doit exclusivement être constitué d'inox de bonne qualité.

Si l'implantation est un tube dans lequel est positionné un autre tube ou tige fileté, il faut être conscient qu'il y a incompatibilité entre l'acier et l'inox et que celle-ci entraîne une corrosion intensive.

D . 4 . 8 . Mise en œuvre pratique du perçage

Voir photographies d'un exemple pratique en annexe.

L'opération est réalisée par l'installateur. Elle doit obéir aux règles suivantes :

- Le perçage doit tout d'abord être réalisé à l'horizontale.
- Il doit être positionné sur le centre de l'arbre. Pour cela, il faut utiliser une équerre de centrage.



- L'outil de perçage doit être désinfecté avec un produit de type "fongisil" à chaque perçage.



- Le perçage doit se réaliser en un seul et unique passage.



Après le passage de la mèche, les cellules du bois en périphérie du trou s'écrasent pour certaines et s'allongent pour les autres. Ce phénomène est dû à la libération brutale des forces de précontraintes issues du mûrissement du bois. Au fur et à mesure du vieillissement la transformation de la cellulose en lignine crée des vides au niveau cellulaire. Ce vide provoque ces tensions dites tensions de précontrainte. De ce fait l'ouverture s'ovalise dans les deux sens. Dans le sens vertical sur la partie correspondant à l'aubier, le bois est sous tension à ce niveau et dans le sens horizontal au niveau du bois de cœur qui est en compression.

Pour cette raison, le diamètre de perçage doit être d'un millimètre supérieur au diamètre de l'objet implanté. Il ne doit cependant pas être trop grand non plus si le jeu est trop important, il sera difficile pour l'arbre de bloquer l'objet positionné.

- La taille de la blessure doit avoir une surface de 3 cm² au moins.



En effet, si la surface de la blessure est trop faible, l'arbre perçoit mal l'agression et ne met pas efficacement ses protections en œuvre.

Si toutefois, l'implantation ne nécessite pas une surface de 3 cm², il faudra alors planter une rondelle ou autre pour atteindre cette surface, et décoller l'écorce sur la partie correspondante afin que l'inoculum soit en contact direct avec le bois. Pour que l'arbre perçoive correctement la blessure, il suffit de simplement mettre le bois à vif.

- Tout matériel en contact avec le tronc doit également être désinfecté avec le même produit que l'outil de perçage. Il doit être implanté rapidement après le perçage, l'ovalisation pouvant poser des problèmes. L'alcool seul comme désinfectant ne suffit pas. Les spores des champignons ne sont pas détruites par l'alcool. Il faut compléter avec un fongicide.



- Lorsqu'un tube est implanté, il doit être bloqué.
Il ne faut en aucun cas qu'il puisse bouger horizontalement. Ceci est une condition importante afin d'empêcher tout ripage du tube dans l'arbre qui aurait pour conséquence de mettre en contact la plate-forme ou tout autre installation avec le tronc de l'arbre et donc de le blesser de façon durable.



- Les fixations des plates-formes ou autre doivent être fixées sur le tube à une distance d'environ 10 cm de part et d'autre du tronc.
Cette distance permet de laisser les installations implantées pendant 10 ans sans intervention nécessitée par la croissance de l'arbre. Si le tronc en grossissant s'approche des fixations, il faut manchonner le tube ou la tige filetée pour les rallonger.
- Pour des raisons évidentes, les câbles ne doivent, en aucun cas, entrer en contact avec les troncs des arbres.
- Pour implanter un tire-fond, un avant-trou d'un diamètre inférieur de 2 à 3 mm et sur la profondeur prévue du tire-fond doit systématiquement être réalisé, pour éviter tout risque de fissuration longitudinale du tronc.

D . 5 . CONCLUSION

Si les préconisations générales et celles propres au perçage sont bien respectées, la durée de vie des arbres supports sera prolongée.

L'exploitant du parc y sera gagnant également en terme de gestion (coûts liés aux changements fréquents d'arbres supports en diminution, pérennité allongée de son parc). Les impacts sur les arbres sont minimisés et l'activité peut se prévaloir d'un meilleur respect de l'environnement.

D . 6 . COMPARATIF DES DIFFERENTES METHODES DE FIXATION

La question qui se pose de manière systématique de la part des installateurs, est de connaître le surcoût de mise en place des perçages vis-à-vis des implantations classiques par brides et cales.

En fait il faut également prendre en compte le fait que le perçage ne pose pas les mêmes problèmes de blocage des flux de sève, limite les zones de rigidité locale du tronc, donc favorise une utilisation plus grande dans le temps et permet de ce fait au gestionnaire de ces installations un amortissement sur une plus grande durée.

Le tableau ci-après effectue un comparatif des méthodes d'implantation que l'on rencontre à ce jour.

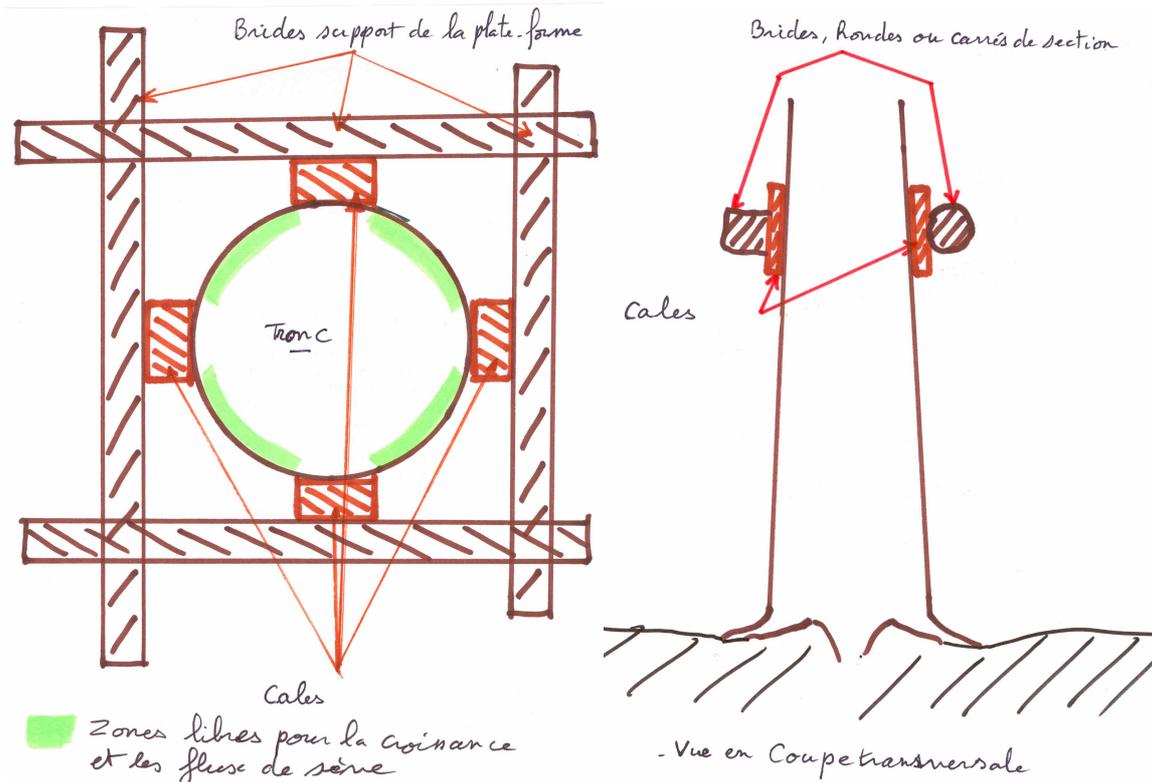
Problématiques	Cales	Brides	Suspensions	Perçage
Capacité de charge	Moyen	Moyen	Faible	Important, fonction du diamètre percé
Comportement des arbres	Dépérissements rapides au niveau des cales	Forts dépérissements sur les contacts avec les brides	Blessures de frottements	Blessures limitées à la section percée
Risques de rupture	Assez forts sur résineux, moindre sur feuillus	Forts sur résineux, moyen sur feuillus	Important au niveau des charpentières	Faible
Durée de vie des supports	10 -15 ans	10 ans	A réserver sur structures légères et démontables	Au-delà de 15 ans*
Difficultés de mise en place	Simple	simple	simple	Complexe
Temps passé à l'implantation		6 à 7 plates-formes/jour		4-5 plates-formes/jour sur résineux 2/jour sur feuillus
Modifications d'implantation	Simple	Simple, mais à proscrire	Simple	Complexe

* L'avantage de cette méthode est liée au fait que l'augmentation de la durée d'utilisation des supports, permet d'étaler sur une plus longue durée le temps d'amortissement des installations.

Une autre question concerne la possibilité d'une alternative entre ces deux méthodes radicalement opposées. En effet, lorsque la méthode retenue par l'installateur est la pose de brides, il serait dans ce cas fortement souhaitable de lui proposer la variante qui consiste à poser entre la bride et le tronc de l'arbre une cale placée verticalement et fixée sur l'arbre à l'aide de **clous sans tête**.

Cette solution visant à limiter les zones de dégradations des assises cambiales mais également de laisser un maximum de zones de libre circulation de la sève permettant ainsi à l'arbre d'alimenter son système racinaire du mieux possible.

Les schémas ci-dessous montre le principe à préconiser sur tous les parcours existants à brides déjà en place et pour lesquels les problèmes liés aux brides n'ont encore pas atteint la dégradation maximale.



Ce système ne résout pas le problème de dégradation des zones de contact, mais en limite leur importance.

Si après quelques années, les parties en vert sur le schéma se retrouvent en contact avec les brides, il faudra alors positionner de nouvelles cales plus épaisses aux mêmes endroits.

D . 7 . CONCLUSION

D'une manière générale, le fait de s'accrocher sur un arbre quel qu'il soit, va imposer des contraintes plus ou moins importantes et perturbantes. La technique du perçage est d'en limiter l'impact au maximum afin de pouvoir le conserver le plus longtemps possible. Cela étant, les précautions à prendre ne doivent pas être négligées sous peine de provoquer des dégâts irréversibles.

NB: Ce document n'est en rien définitif, des compléments d'informations viendront l'enrichir par la suite.