



monarbre.be

Paul Gourgue - Arboriste conseil

Expert auprès de la Direction des
Monuments et Sites
pour les soins et la sécurité
des arbres d'ornement

Expert auprès du consortium
de validation des compétences de la
Fédération Wallonie-Bruxelles

Membre de :
ICOMOS
EAC-ISA-SAG Baumstatik
Arboresco-BAAs

ÉTUDE PHYTOSANITAIRE



Chêne pédonculé

Hippodrome de Boisfort

1180 Bruxelles

Belgique



Introduction

L'expert soussigné fut chargé par BRUXELLES DEVELOPPEMENT URBAIN (service public régional de Bruxelles) de réaliser une expertise phytosanitaire et une évaluation de la stabilité d'un arbre *Quercus robur* (chêne pédonculé) inscrit sur la liste de sauvegarde sous le numéro 2311-0004/6711.

Etaient présents lors de la collecte des informations sur place :
Mr Bruno Campanella, Bruxelles Développement Urbain
Mr Jean-Paul Merland, arboriste
Mr Quentin Schils, arboriste

Situation

L'arbre est isolé, implanté dans un espace semi-public, invisible depuis la voirie. Une partie de la zone d'influence de l'arbre est occupée par un green.

Un massif boisé protège le sujet des vents dominants (SO-NE).

Il est épinglé et identifié sur la vue zénithale ci-dessous (@BruGis – Ortho 2015).



(Présentation PowerPoint : dia n° 2)



Méthode

ANALYSE VISUELLE

Les analyses visuelles sont effectuées sur le terrain selon la méthode VTA (visual tree assesment), celle-ci prend en compte l'observation, depuis le sol, en fonction des caractéristiques connues de l'essence, de la vigueur, des formes de croissances ainsi que des défauts macroscopiquement visibles au niveau du houppier, du tronc, du collet et du sol (empattement et racines). Les stratégies de réponse de l'arbre observé aux « défauts » relevés sont également prises en compte. Les analyses visuelles permettent d'évaluer l'état de l'arbre au moment de l'observation.

Des mesures de hauteur, circonférence du tronc et rayon moyen sont également effectuées ; elles permettront une évaluation de la valeur d'agrément de l'arbre observé (circulaire n° 2660 du ministère de la Région Wallonne, mise en application le 01/01/2003 ou CCT relatif aux voiries en Région de Bruxelles Capitale, version 2011, pages 802 à 809) et pourront être utilisées si des investigations supplémentaires sont envisagées ou nécessaires.

Les instruments utilisés sont un mètre ruban, un dendromètre, un appareil photo numérique, des jumelles, un maillet, un couteau, une tige métallique de sondage ainsi qu'une sonde pédologique. Cette méthode permet de déterminer si un examen approfondi à l'aide d'outils spécifiques est nécessaire, lorsque l'analyse visuelle souligne des défauts importants nécessitant une quantification, d'autres méthodes d'investigation sont proposées.

Etat physiologique observé :

-  Pas de désordre significatif
-  Désordres liés à des problèmes passagers (défoliation momentanée et/ou partielle, stress hydrique ponctuel) ou contraintes ne provoquant pas de dépérissement ; arbre en tout ou en partie présentant une baisse de niveau des réserves.
-  Désordre significatif et/ou dépérissement d'un ou plusieurs organes ; arbre présentant une faible quantité de réserves.
-  Désordre grave affectant une grande partie de l'arbre ; dépérissement de l'ensemble des organes de l'arbre ; arbre présentant une très faible quantité de réserves.
-  Arbre moribond/mort en tout ou en partie.

Etat mécanique observé :

-  Pas de défaut mécanique ou très petit défaut n'affectant pas la résistance mécanique.
-  Défaut mécanique observé non significatif (ex : cavité symétrique, paroi résiduelle éloignée des seuils critiques).
-  Défaut mécanique observé nécessitant un **facteur déclenchant violent** pour provoquer un échec (cavité dont les parois résiduelles sont proches des seuils critiques).
-  Défaut mécanique observé nécessitant un facteur déclenchant pour provoquer un échec (ex : cavité dont les parois résiduelles sont légèrement inférieures aux seuils critiques).
-  L'arbre risque de s'effondrer sous son propre poids ou s'il est soumis à une faible contrainte (ex : cavité dont les parois résiduelles sont largement inférieures aux seuils critiques).

Les arbres étant des organismes vivants, les recommandations sont données, au moment de l'observation, pour des situations dites « normales ». La responsabilité de l'expert ne sera pas engagée pour les accidents faisant suite à des événements climatiques exceptionnels et/ou des travaux, effectués sur ou à proximité des arbres, pouvant affecter leur fonctionnement physiologique ou leur résistance mécanique.



TOMOGRAPHIE À ONDES SONORES (PICUS®)

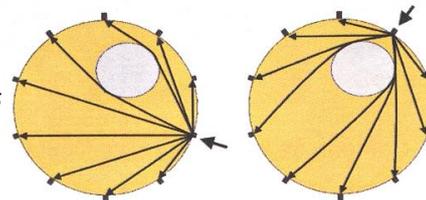
Le tomographe à ondes sonores PICUS® est un appareil de détection des foyers de dégradation du bois et des cavités dans les arbres sur pied.

La vitesse du son dans le bois dépendant du coefficient d'élasticité et de la densité du sujet étudié, l'appareil permet de déterminer précisément la plupart des dégâts comme les cavités, pourritures blanches ou cubiques qui affectent les propriétés élastiques et la densité du bois. Cette détermination s'effectue par comparaison des mesures individuelles des temps de passage des signaux sonores sur l'arbre étudié, après pondération des écarts types.

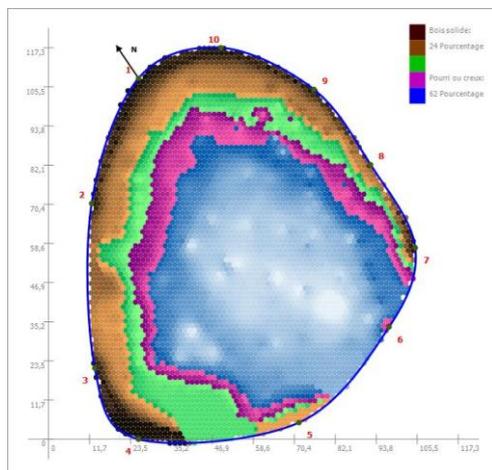


Le tomographe à ondes sonores PICUS® est constitué d'une série de capteurs placés avec soin sur le pourtour de l'arbre. Chaque capteur est relié à une pointe zinguée légèrement enfoncée dans l'écorce afin d'être en contact avec le dernier cerne de croissance en formation. Les capteurs enregistrent le temps de passage des ondes sonores induites par de petits coups de marteau. Chaque capteur enregistrant le temps de passage de chaque percussion, on obtient un réseau dense de mesures des vitesses du son sur l'ensemble de la section transversale

Principe de collecte de données du tomographe PICUS®



Exemple de cartographie :



Cas d'un *Gleditsia triacanthos* (Févier d'Amérique) avec carie ouverte infecté par *Ganoderma Sp*

Marron foncé, marron, beige – bois dont les caractéristiques mécaniques sont jugées suffisantes

Vert – bois en cours de dégradation mais encore mécaniquement fiable

Violet, bleu, blanc - bois dégradé dont les caractéristiques mécaniques sont jugées insuffisantes



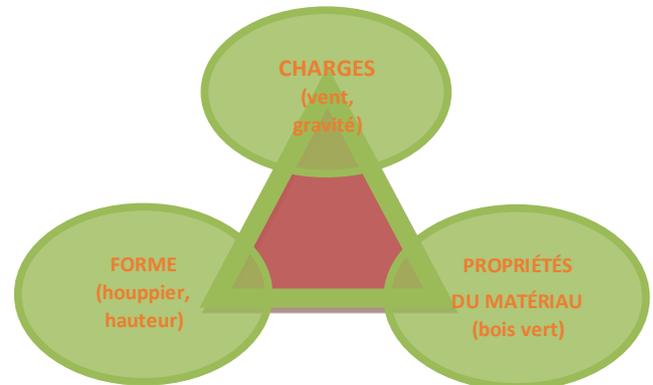
TEST DE STABILITÉ - TREEQINEETIC PICUS®

Pour l'arbre, comme pour toute structure soumise à des charges, cet équilibre dépend de trois facteurs qui s'inscrivent dans le triangle de la statique :

LES CHARGES

Deux types de charges sont à prendre en compte, celles qui sont dues à la gravité (le « poids propre » de l'arbre) et celles qui sont dues au vent.

La masse d'un arbre peut atteindre plusieurs dizaines de tonnes mais les charges dues à son poids propre (ou « poids mort ») interviennent de façon peu significative.



La résistance en pression du bois (de l'ordre de 2 kN/cm²) est en effet très largement supérieure à la pression exercée par le poids propre.

Les charges supplémentaires dues à la neige ou à la glace, qui ne sont pas négligeables dans nos régions, peuvent causer des dégâts importants.

Les charges les plus significatives pour les arbres sont celles dues aux vents, dont la poussée est à l'origine de contraintes qui peuvent dépasser le seuil de résistance du bois ou provoquer le déchaussement complet du socle racinaire.

Du point de vue mécanique, le vent peut être assimilé à une masse en mouvement (masse volumique de l'air = 1,2 kg/m³) dont la puissance d'impact variera en fonction de la vitesse au carré ($E = 1/2mv^2$).

Chaque site possède ses régimes de vents propres en fonction de sa situation géographique, sa situation topographique ou sa localisation en milieu protégé (ville, boisement) ou exposé (rase campagne).

LE MATÉRIAU BOIS

Les propriétés mécaniques du bois sont principalement assurées par des cellules allongées dans l'axe longitudinal (fibres pour les feuillus, trachéides pour les conifères) dont les parois épaisses renferment cellulose et lignines, principaux constituants des tissus ligneux.

Lorsqu'un tronc fléchit sous la poussée du vent, les fibres s'allongent du côté du vent sous l'effet d'une traction et se rétrécissent à l'opposé sous l'effet d'une compression. Ce sont les fibres situées sous l'écorce à la périphérie du tronc qui sont le plus sollicitées, les contraintes diminuant vers l'intérieur du tronc jusqu'à s'annuler au niveau du centre (fibre neutre).

Les contraintes dues au vent s'exercent principalement au niveau du bois vivant. Le matériau considéré est le bois « vert » dont les propriétés diffèrent de celle du bois « sec », en raison de sa forte humidité.

Le bois est un matériau plus résistant en traction qu'en compression. Son seuil de résistance varie pour les bois verts de 1,4 kN/cm² (marronnier) à 2,8 kN/cm² (chêne). Les propriétés des bois verts des essences les plus communes sont répertoriées dans la table de résistance des bois verts de Stuttgart.



LA FORME DE L'ARBRE

La forme de l'arbre conditionne largement la poussée du vent à l'image de la voile d'un bateau. Les paramètres les plus importants sont :

LA SURFACE DU HOUPPIER

Plus cette surface est importante, plus elle offre d'appui au vent et plus la charge reçue par l'arbre est importante.

LA HAUTEUR

La vitesse du vent augmente avec l'altitude selon un coefficient α variable.

La hauteur détermine également l'importance du moment (bras de levier) appliqué à l'arbre (M moment = F force du vent \times h hauteur).

Un calcul intégrant ces deux paramètres montre qu'à surfaces de houppier égales un arbre plus haut de 30% peut subir une poussée de vent deux fois plus forte.

L'AÉRODYNAMISME PROPRE DE L'ARBRE

Les arbres tendent à se replier sous l'effet du vent, ce qui diminue la surface de la « voile ». Cette capacité est exprimée par le coefficient de traînée C_x .

En plus de la forme générale de l'arbre, la dimension et la morphologie du tronc et des axes porteurs (charpentières, racines de support) sont d'une grande importance pour la résistance mécanique.

Dans le cas du cylindre (auquel le tronc est assimilé), le moment de résistance aux contraintes de flexion W varie en résistance des matériaux avec le diamètre de la section élevé à la puissance trois ($W = \pi/32 \times d^3$).

Du fait que les contraintes de flexion dues au vent s'exercent principalement vers l'extérieur du tronc, le rôle des parties intérieures est peu significatif, ce qui conduit à relativiser l'importance des cavités internes. La résistance en flexion d'un tube diminue par exemple de 25% seulement lorsque celui-ci est creux avec un rapport épaisseur de paroi/rayon de 1/3.

Les structures techniquement optimisées pour des économies de matière sont d'ailleurs des structures creuses, que ce soit celles que l'on observe dans les constructions (tubes, poutres métalliques...) ou dans la nature, bambous, os, plumes etc.

Ouvrage naturel, l'arbre est une structure complexe en évolution constante, qui se construit avec un matériau hétérogène susceptible de se dégrader, le bois.

Les notions de résistance des matériaux évoquées très succinctement ici sont donc à appliquer avec prudence mais paraissent néanmoins d'une grande importance pour le diagnostic de solidité de l'arbre.



LE TEST

Le test est basé sur l'évaluation des charges que peut subir un arbre et l'analyse de l'impact de ces charges sur sa structure.

Cette méthode permet d'évaluer la résistance en flexion du tronc et la capacité d'ancrage dans le sol du socle racinaire. Elle donne en outre la possibilité de détecter des défauts internes non décelés visuellement.

Le test de traction procède en deux étapes, une première étape de mesures sur l'arbre et une seconde étape de calculs consistant à évaluer les charges que produirait un vent violent (force 12 sur l'échelle Beaufort, 120 km/h).

Ce calcul intègre de nombreux paramètres dont la vitesse du vent, des données géométriques (hauteur précise mesurée avec un dendromètre, surface du houppier, diamètre du tronc), la limite de résistance du bois et son module de Young, la topographie du site, le coefficient de traînée...

Il aboutit au coefficient de **sécurité globale** de l'arbre.

Pour étudier **la résistance du tronc**, un élastomètre, instrument de haute précision également appelé « jauge de déformation » est fixé dans le bois.

Une traction est ensuite exercée à l'aide d'un treuil, un dynamomètre contrôlant en permanence les charges appliquées.

L'élastomètre mesure en microns (millièmes de mm) la déformation des fibres sous cette charge.

Ces valeurs permettent ensuite de calculer par extrapolation quelle serait la réaction de l'arbre si la charge d'un ouragan lui était appliquée.

Pour étudier **l'ancrage de l'arbre**, un inclinomètre fixé au niveau du collet mesure en centième de degrés l'inclinaison que prend le socle racinaire sous la traction.

Ces valeurs sont portées sur la courbe générale de basculement, courbe de référence établie par déracinement de plusieurs centaines d'arbres. La courbe générale de basculement donne la charge limite de basculement à partir d'angles d'inclinaison très faibles.

Les valeurs recueillies et les calculs donnent pour chaque arbre un coefficient de sécurité de rupture du tronc et un coefficient de sécurité d'ancrage du système racinaire. Ce coefficient est donné pour un vent de force 12.

Lorsqu'il est supérieur à 1,5 l'arbre est considéré comme très fiable, les valeurs entre 1,5 et 1 engageront le gestionnaire à analyser précisément l'ensemble des éléments constituant le risque afin de déterminer la possibilité de réduire celui-ci.

Les calculs sont tout d'abord effectués en considérant les conditions environnementales les plus défavorables pour l'arbre ; si les résultats obtenus sont défavorables, des modifications de données concernant les propriétés pourront être envisagées et justifiées.



Évolution du site

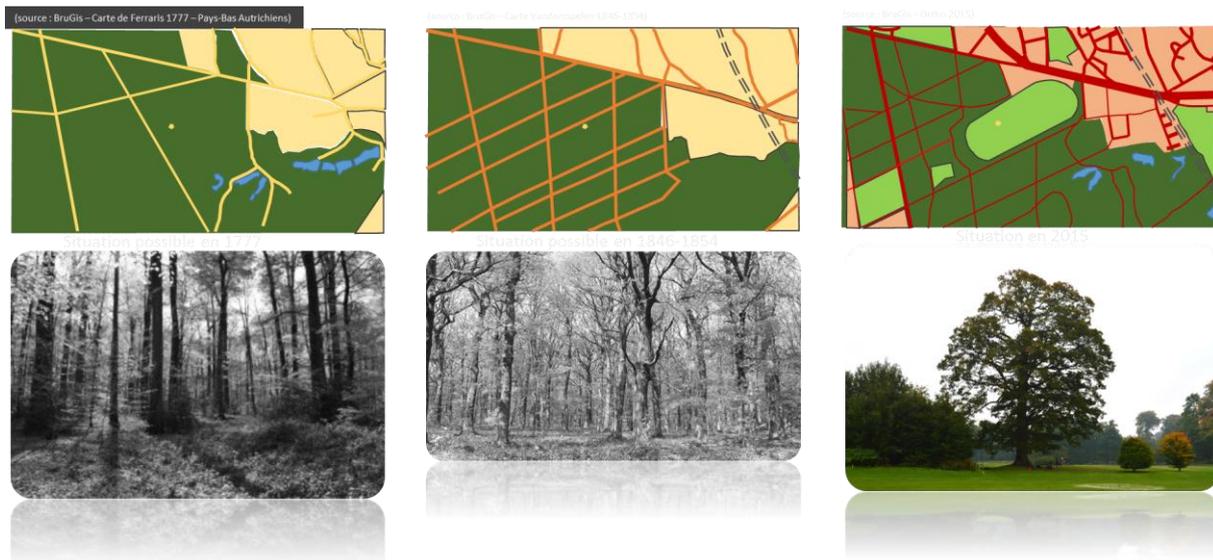
L'étude du site permettra d'apporter des éléments susceptibles de nous aider à comprendre la situation que nous pouvons observer aujourd'hui. Les outils mis à la disposition du public par la région Bruxelloise sur le site BruGis sont dans cette recherche d'une aide précieuse.

La carte du Comte de Ferraris, établie en 1777, fut composée à des fins militaires ; d'une précision exceptionnelle, elle reprend les Pays-Bas autrichiens et la principauté de Liège. Elle est un témoin d'un territoire métamorphosé par la révolution industrielle.

Les coordonnées géographiques du chêne se trouvent alors dans la forêt de Soignes, représentée comme un « bois avec sous-bois » ; on peut imaginer que cet arbre soit déjà présent à l'époque (*dias n° 3 et 6*).

L'observation de la carte de Philippe Vandermaelen, établie entre 1846 et 1854 par l'Etablissement géographique de Bruxelles, nous permet de constater que de nombreux chemins ont été créés dans la forêt encore très présente malgré une légère diminution de sa surface au Nord. On peut aussi remarquer la modification du tracé de certaines voiries ainsi que la ligne de chemin de fer à l'est. L'arbre se trouve alors à proximité d'un nouveau chemin forestier (*dias n° 4 et 6*).

Aujourd'hui, l'arbre est isolé, mis à part quelques jeunes sujets formant, à l'ouest, un bosquet encore dominé (*dias n° 5*).



Aucun document visuel n'a été trouvé entre la carte de Vandermaelen (1846-1854) et le premier orthophotoplan de 1930-1935 (*dias n° 7*) ; ce dernier nous indique que le site a subi une modification très importante. L'aménagement de l'hippodrome de Boisfort dès 1875 va considérablement modifier l'environnement de l'arbre, ce dernier passant d'une situation protégée en haute futaie à un statut d'arbre isolé.

Les différents orthophotoplans (1944 – 1953 – 1971 – 1966 – 2004 – 2009 et 2015) nous indiquent que le site subira encore quelques modifications, relativement importantes dans les mouvements de sol (à partir de 1987 – création du parcours de golf), et la disparition de grands arbres fragilisés (principalement des hêtres). On peut aussi voir les arbres de la « pépinière » commencer leur développement à partir de 2004 ; ce sont principalement des hêtres.

Les différents orthophotoplans sont présentés dans les annexes.



Observations (VTA : fiche technique présentée dans les annexes)

DIMENSIONS (dia n° 10) :

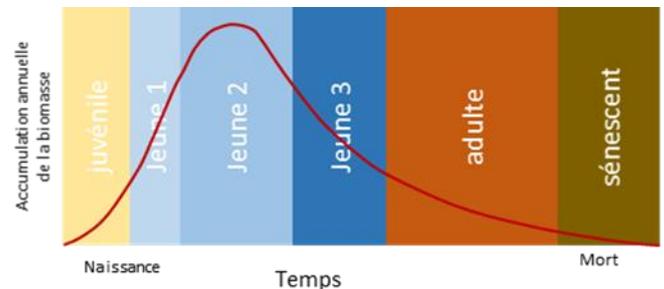
Hauteur (ca) : 30 mètres
 Circonférence à 0,5 mètre (ca) : 700 centimètres
 Circonférence à 1,5 mètre (ca) : 500 centimètres
 Ø de la couronne (ca) : 25 mètres
 Houppier (ca) : 1,5 mètre
 Premières branches « charpentières » (ca) : 6 mètres

ÉTAT PHYSIOLOGIQUE

Cet arbre présente un bon état physiologique général en fonction de ses dimensions et de son âge estimé. Les accroissements annuels sont pour la plupart supérieurs à 5 centimètres dans la partie supérieure du houppier et supérieurs à 10 centimètres dans la partie inférieure ; les recouvrements en cours sont actifs, non régressifs.

C'est un arbre adulte, en début de phase de sénescence (qui peut durer plusieurs siècles chez le chêne dans nos régions).

En fonction de l'accumulation annuelle de la biomasse (Selon Moore 2002)		
Juvenile	J	Phase d'établissement
Jeune 1	JE1	Début de la phase d'expansion rapide
Jeune 2	JE2	Milieu de la phase d'expansion rapide
Jeune 3	JE3	Fin de la phase d'expansion rapide
Adulte	Ad	Phase d'expansion lente
Adulte avancé / sénéscent	Sc	Arbre qui approche ou a atteint la phase de sénescence morphologique



ÉTAT MÉCANIQUE

SOL & RACINES (dia n° 10) :

Aucun signe macroscopiquement visible de la présence de champignon lignivore. Le gazon (green) régulièrement entretenu est un concurrent direct et défavorable au bon développement de l'arbre.

COLLET (dia n° 11) :

Aucun signe macroscopiquement visible de la présence de champignon lignivore.

Pas de coup, blessure, nécrose significatif observé ; accroissements de compensations témoins du renforcement du collet.



TRONC (*dias n° 12 et 13*) :

Plusieurs nécroses et cavités observées, pas de trace visible de champignon lignivore. Les « défauts » observés sont probablement consécutifs à des coups, chocs et / ou arrachements provoqués lors les travaux d'aménagement de l'hippodrome voici cent quarante ans.

La cavité la plus importante (*dia n° 13*) observée à partir de cinq mètres cinquante de haut est la conséquence de la perte d'une grande partie du houppier supérieur avant la mise en place du houppier secondaire apparu après le dégagement.

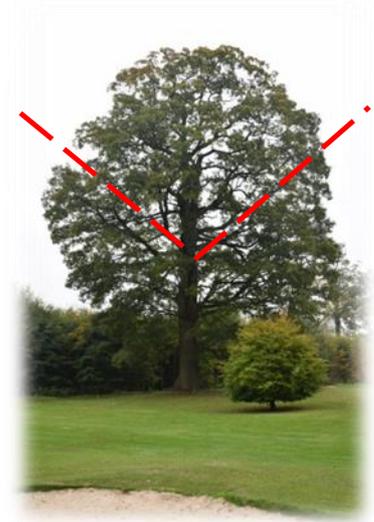
CHARPENTE (*dias n° 14, 15 et 16*) :

La charpente est présentée en deux partie car elle s'est développée à deux moment différents lors de la croissance de l'arbre.

La première partie (*dia n° 14*) est issue d'un développement normal en zone boisée pour des arbres en concurrence. Le houppier définitif se construisant par la division d'axes d'ordre 1, son origine est antérieure à 1875. C'est dans cette partie du houppier que s'est produite la rupture de juillet 2015 (*dia n° 15*) ; cette rupture, qui est survenue lors d'un évènement climatique violent, s'est produite sur un axe d'un diamètre approximatif de quarante centimètres qui présentait un affaiblissement structurel provoqué par des torsions antérieures ; des fissures et du mycélium ont été observés. Cette faiblesse structurelle ne pouvait être aperçue depuis le sol. La branche dans sa chute a provoqué quelques casses secondaires.

La seconde partie est issue de rejets qui se sont développés après la mise en lumière (dégagement) de 1875. Des nécroses sont visible sur la partie supérieure de deux branches à l'insertion de celles-ci sur le tronc (*dia n° 16*).

Ces deux parties développées à des périodes différentes forment aujourd'hui la silhouette générale de l'arbre.





Analyses complémentaires

TOMOGRAPHIE A ONDES SONORES (fiche technique présentée dans les annexes)

Des sondages tomographiques sont effectués sur le tronc à quatre niveaux différents ; à +/- 50, 90, 140 et 190 centimètres du sol (N).

La tomographie souligne la présence d'une dégradation interne du tronc, principalement au niveau du collet ; cette cavité, compensée par la production des contreforts racinaires est limitée à la partie inférieure du tronc et n'a pas encore atteint les limites des seuils de rupture définis par Prof. Dr. Cl. Mattheck*(*dia n° 17*).

(*) Professeur Claus Mattheck,

Centre de Recherche Nucléaire de Karlsruhe en Allemagne.

La recherche qu'il mène avec son équipe depuis de nombreuses années, a permis d'établir la méthode VTA pour le diagnostic de l'état mécanique des arbres et de créer des logiciels utilisés pour optimiser la forme de certaines pièces mécaniques. (Voitures et broches chirurgicales sont maintenant conçues en tenant compte de lois physiques qui régissent les arbres !).

TEST DE TRACTION

Deux prises de mesure sont effectuées, la traction est réalisée vers l'ouest.

Le point d'ancrage est le collet d'un hêtre d'un diamètre approximatif de 80 centimètres.

La direction de la traction appliquée est représentée par la flèche rouge (*dia n° 18*).



ANALYSE DE LA CHARGE DES VENTS (fiche technique présentée dans les annexes)

Les propriétés du site sont définies en fonction de l'environnement général de l'arbre pour le facteur de voisinage et de l'environnement proche pour le facteur d'exposition.

Le facteur de voisinage choisi pour le mouvement d'air proche du sol est 1,1.

Le facteur d'exposition choisi est 1.

La sécurité globale calculée en fonction des paramètres de l'arbre et du site étudié est de **7,2** en tronc plein (*dia n° 19*).

La paroi résiduelle requise (coque fermée) pour une sécurité globale de 100% est de 4 centimètres.



SECURITE D'ANCRAGE *(fiche technique présentée dans les annexes)*

3.07 (E) et **2.4** (S) première prise de mesures
2.94 (O) et **2.42** (N) deuxième prise de mesures

Les résultats des mesures d'ancrage indiquent une diminution de la sécurité d'ancrage par rapport à la sécurité globale calculée. Cependant, ces valeurs restent au-delà des seuils de sécurité définis par la méthode (*dia n° 20*).

SECURITE DE RUPTURE *(fiche technique présentée dans les annexes)*

4.39 (E - 90 cm) et **5.39** (E – 210 cm) première prise de mesures
4.75 (O - 120 cm) et **6.67** (O – 40 cm) deuxième prise de mesures

Les résultats des mesures indiquent une légère diminution de la sécurité de rupture par rapport à la sécurité globale calculée, malgré la cavité interne détectée par Picus® Sonic Tomograph (*dia n° 21*).

Conclusion

Les signes de faiblesse que l'on peut observer sur ce sujet sont liés à son âge, ses dimensions et son mode de croissance ; la rupture est survenue lors d'un évènement climatique exceptionnel sur une branche déjà affaiblie.

La capacité de charge admissible (Wessolly & Erb 1998), rapportée aux « défauts » principaux observés, est encore supérieure aux seuils de sécurité (*dia n° 20*).

Les analyses et observations effectuées permettent d'envisager la préservation du sujet moyennant quelques précautions.

Évolution probable

Ce chêne n'a pas encore atteint le stade de repli que l'on peut observer sur les très vieux arbres, la perte de la branche sommitale est, rappelons-le, d'origine accidentelle. Il est normal qu'à moyen ou long terme, il entame cette stratégie qui est visible sur les différents vieux chênes présentés dans le PowerPoint (*dias n° 24 à 26*).

Cette stratégie de repli est caractérisée par la diminution de la croissance annuelle, ensuite par la mort de rameaux situés en périphérie du houppier (les contours deviennent irréguliers) et ensuite par la diminution de la hauteur consécutive à l'affaiblissement et à l'abandon des branches du houppier supérieur (*dia n° 23*).



Préconisations et métré

Dans l'hypothèse où le maintien de ce superbe sujet est privilégié, certaines recommandations devront être respectées afin de le maintenir dans des conditions de sécurité et de fonctionnement acceptables (*dia n° 28*).

1. Une zone de protection du système racinaire doit être mise en place ; celle-ci devrait couvrir **au minimum** un diamètre de 1.5 fois la hauteur de l'arbre. Toute activité impliquant une modification de la structure du sol dans cette zone sera évitée.
Une barrière physique sera placée tout autour de la zone de protection de l'arbre, celle-ci aura un périmètre de minimum 141 mètres formant un cercle dont le centre est le tronc du chêne.
2. La concurrence avec les jeunes arbres croissant dans la « pépinière » sera supprimée. Les arbres haute-tige dans la zone de protection et au-delà si possible seront abattus.

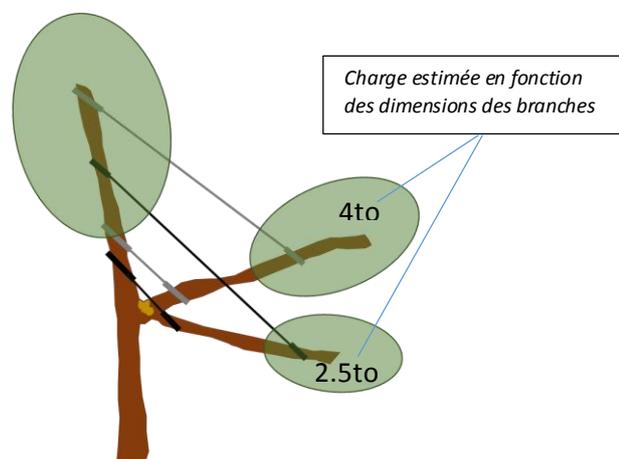
3. Une coupe nette à proximité des plaies d'arrachement, en sélectionnant des tire-sèves vigoureux d'un diamètre suffisant, sera exécutée par un arboriste confirmé ayant déjà l'expérience de travaux sur des sujets comparables. Un allègement de la branche 2 sera effectué ; l'évolution des recouvrements sera contrôlée lors des inspections annuelles.



Cette intervention est effectuée dans le but de favoriser la reconstruction de la partie du houppier qui s'est rompue.

4. Un système de soutien des branches dont l'insertion est nécrosée sera installé par un arboriste confirmé ayant déjà l'expérience de travaux sur des sujets comparables (haubans statiques).

Des haubans de type Cobra© **4to** et **8to** seront placés en respectant le schéma ci-dessous, un angle approximatif de 45° sera respecté ; les haubans seront tendus au maximum. Les points d'ancrage seront choisis en fonction de leur capacité à résister à la charge qu'ils auront à maintenir.



5. Une inspection annuelle de l'arbre, y compris une visite de la couronne, sera prévue.
6. Pour autant que la zone de protection soit installée, les bois morts ne devront pas être taillés *il faudra éviter tant que faire se peut toute ablation de bois vivant afin de préserver un maximum de masse foliaire permettant la transformation de l'énergie lumineuse.*



Si toutefois une aggravation de l'aspect du houppier (apparition subite de bois mort en grande quantité) pouvant être la conséquence d'une décomposition rapide du système racinaire, ou une modification importante de l'environnement proche de l'arbre étaient observées entre temps, une analyse approfondie devra être effectuée plus tôt.

En vous remerciant pour votre confiance,

Fait à Noville les Bois le mercredi 26 janvier 2016.

Paul Gourgue

Annexes

- 1- PowerPoint, 27 pages
- 2- BruGis Orthophotoplans, 8 pages
- 3- VTA et valeur d'agrément, 2 pages
- 4- Picus Sonic Tomograph, 1 page
- 5- Analyse de la charge des vents, 1 page
- 6- Sécurité d'ancrage, 2 pages
- 7- Sécurité de rupture, 2 pages



Bibliographie

Sont, entre autres, consultés pour l'établissement de nos rapports :

- La forêt – Ed du Perron - Anne Bary-Lenger, René Evrard, Pierre Gathy*
Guide Delachaux des arbres d'Europe – Ed Delachaux et Niestlé – Owen Johnson, David More
Arbres de France et d'Europe occidentale – Arthaud – Alan Mitchell, John Wilkinson
Les arbres feuillus – Ministère de la région Wallonne – Jean-Claude Baudouin
Dynamique de dégradation des arbres par les champignons lignivores – Hainaut Développement, Cellule technique
Les plantations d'alignement – IDF – Corinne Bourgerie, Dominique Castaner
L'élagage, la taille des arbres d'ornement – IDF – Emmanuel Michau
La taille des arbres d'ornement – IDF – Christophe Drénou
Guide pratique de défense des cultures – ACTA
Des soins pour les très vieux arbres – Ulmer – R. Bourdu
Diagnostic visuel et statique des arbres – Georges Lesnino, Lothar Wessoly
Diagnostic de tenue mécanique, notion de dangerosité – Pierre Aversenq
A New Tree Biology and Dictionary – Shigo and trees Associates llc – Alex Shigo
Modern Arboriculture – Shigo and trees Associates llc – Alex Shigo
Tree Anatomy – Shigo and trees Associates llc – Alex Shigo
Field guide for VTA – C. Mattheck
Tree mechanics – C. Mattheck
The face of failure in nature and engineering – C. Mattheck
Fungal Strategies of Wood Decay in Trees – F.W.M.R. – Schwarze, Engels, Mattheck
Diagnosis and Prognosis of the Development of Wood Decay in Urban Trees – Schwarze
Diseases of trees and shrubs – Cornell University press – Sinclair, Lyon, Johnson
La logique verte, un plan de gestion des arbres d'alignement – AED Direction des voiries - MRBC
Charte de l'arbre du grand Lyon – Communauté urbaine de Lyon
Guide de gestion contractuelle de l'Arbre des Hauts de Seine – Conseil général des Hauts de Seine
L'arbre un être vivant, comprendre et accompagner le développement des arbres d'ornement – Weyrich – SPW, arboresco
Up by roots – Healthy soils and trees in the built environment – ISA 2008 – J. Urban
L'Architecture des arbres des régions tempérées – Ed. MultiMondes – Jeanne Millet