



COMPAGNIE  
NATIONALE  
DES EXPERTS  
JUDICIAIRES  
DE LA CHIMIE

# CHIMIE & COMPAGNIES

N°6 Janvier 2019

Recueil technico-juridique des experts chimistes au service des analyses expertales multisectorielles

## ÉDITO

« L'Europe échoue à contrôler les substances chimiques les plus utilisées » titre choc du Monde mi- octobre 2018 (depuis le titre a été modifié en « Un tiers des substances chimiques les plus utilisées en Europe non conformes à la réglementation »).

Cet article a, bien entendu, suscité mille et un commentaires indignés de citoyens pour qui la chimie est avant tout un risque et qui ignorent le contenu de la réglementation REACH dont il est question.

REACH a mis en place l'obligation de tests systématiques de tous les produits chimiques en circulation. Cette entreprise gigantesque (90.627 enregistrements par 14.135 entreprises à ce jour) permet de connaître les propriétés de 21.601 substances. Il est loin le temps où, responsable de sécurité en usine chargé, entre autres, de déterminer les protections des opérateurs, il me fallait évaluer moi-même les propriétés de beaucoup de produits achetés, car les fiches de données de sécurité indiquaient souvent uniquement les valeurs par défaut générées par les logiciels.

Évidemment, un tel flot d'informations révèle aussi les lacunes du système, les produits qui ne suivent pas les règles, les informations manquantes.

Mais, avant REACH, on ne savait pas. Était-ce mieux ? Loin de l'alarmisme du titre et des commentaires, la démarche de l'ECHA me paraît très positive : faire évaluer un règlement par un organisme indépendant 10 ans après sa mise en place est un gage de sérieux et de responsabilité et cela contribue à faire évoluer la réglementation pour une meilleure protection de tous.

Jean Pedelaborde

## SOMMAIRE

### LES NEWS

- P2.** Agenda Focus
- P3.** Paroles de présidente - Sonia Arrouas
- P4.** L'actualité de notre compagnie
- P5.** 2 Membres du CNEJC - Sarah Giami & Violaine de Villemereuil

### JUSTICE & ORGANISATION

- P6.** L'encadrement juridique des données de bien-être - Henri Leben
- P8.** 40 années d'application de la loi Spinetta - Robert Giraud

### SCIENCES & TECHNIQUES

- P14.** Fiches techniques d'analyse - La spectroscopie infrarouge
- P15.** Les mystères de l'eau - Simon choumer
- P19.** La métallurgie de la pétanque - Alexandre Fleurentin

L'Équipe de rédaction profite de ce 6<sup>ème</sup> numéro de Chimie&Compagnies pour vous souhaiter une excellente année 2019 à vous chères lectrices et chers lecteurs.

En espérant que nos articles continueront encore longtemps à éveiller votre curiosité.

### COMITÉ DE RÉDACTION

Alexandre Fleurentin, alexandre.fleurentin@metallocorner.fr

Stephane Pirnay, expertoxca@gmail.com

Jean Pédelaborde, jean.pedelaborde@gmail.com

Simon Choumer, schoumer@9online.fr

Toutes les informations compilées dans ce recueil sont fournies à titre informatif et n'engagent en aucun cas pénalement et civilement la Compagnie Nationale des Experts Judiciaire de la Chimie ainsi que les membres du comité de rédaction.

# AGENDA 2019

Quelques dates sélectionnées par la Compagnie Nationale des Experts Judiciaires de la Chimie concernant l'expertise judiciaire, la réglementation et les normes en lien avec la chimie.

## JANVIER

- 15 janvier : La CNIDECA organise un colloque sur la thématique des « Incendies ».

## FÉVRIER

- 7 février : Matinale de la CNCEJ « Le rapport de l'expert ».

## MARS

- 15 mars : Colloque CNB CNCEJ à la Maison de la Chimie : « La consultation, préalable à l'expertise? ».
- 20 mars : 50 ans de l'Association Technique du Traitement Thermique et du Traitement de surface (A3TS), au Musée des Arts et Métiers à Paris.

Problématique de durabilité des matériaux : fatigue et corrosion.

## AVRIL

- du 8 au 12 avril : Célébrations du centenaire de Mines Nancy et des dix ans de l'Institut Jean Lamour. Thématique : La Métallurgie, quel avenir ? - organisme SF2M.

## JUIN

- 3 juin : Assemblée générale de la CNCEJ.
- du 5 au 7 juin : International Congress on Welding and additive manufacturing, Metz.
- du 10 au 14 juin : 14ème congrès mondial sur le titane, Nantes.

## FOCUS SUR... COLLOQUE DU 19 OCTOBRE 2018 À ANTIBES-JUAN-LES-PINS.

**Insécurité de l'expert de justice : " L'expert est celui qui sait, dans l'incertitude "**

Le colloque annuel du CNCEJ s'est déroulé cette année, le 19 Octobre 2018, au Palais des Congrès d'Antibes-Juan-les-Pins sous la présidence de Robert Giraud, sur le thème de l'insécurité de l'expert. Après les allocutions de personnalités et en particulier celle de Jean Léonetti député-maire d'Antibes, ce thème a été développé en trois étapes sous forme de tables rondes.

1 - L'insécurité de l'expert avant sa désignation :

Le sujet est développé sur le statut juridique et l'image que se font les parties de l'expert. L'organisation en métier n'est pas souhaitable. L'expert n'a pas de statut clair et est assujéti à de nombreuses contraintes fiscales (URSSAF, RSI, ISR, CIPAV...). Le nombre d'expertises est en continuelle diminution (moins 15 % de 2012 à 2017) mais... les frais et honoraires augmentent !

La responsabilité de l'expert est effective pendant 5 ans glissants et non pas à compter de la fin de la mission comme pour les avocats.

2 - L'insécurité de l'expert en cours d'expertise :

Principalement par les pressions et intimidations dans le but de déstabiliser l'expert et le pousser à la faute. Parmi les autres causes d'insécurité il faut noter :

- Le mauvais choix du sapiteur.
- Les contestations de provisions complémentaires.
- Les demandes réitérées de communication de pièces.
- Les délais trop courts et les prorogations.
- Le respect constant du contradictoire.
- Les demandes par une ou plusieurs parties de remplacement de l'expert jugé incompetent ou partial.

3 - L'insécurité de l'expert après le dépôt du rapport :

La principale source d'insécurité est la contestation des honoraires par les parties ou par le juge taxateur. Les cas de demandes d'annulation du rapport sur le fond ou la forme sont fréquents mais sont rejetés à 98 % par les magistrats. La dématérialisation des rapports n'est pas obligatoire. Celle-ci est préconisée par le CNCEJ à travers Opalex.

Simon CHOUWER

# PAROLES DE PRÉSIDENTE

Sonia Arrouas - Présidente du Tribunal de Commerce d'Evry

Être présidente d'un tribunal de commerce, responsabilité face à tous...

## Partie 1

Juge depuis 1996, ayant été juge des injonctions de payer, de la surveillance du registre de commerce, puis président de chambre, présidente de référé, juge commissaire pendant plus de 20 ans, j'ai eu l'honneur de devenir Présidente du Tribunal de Commerce d'Evry en succédant à F.Steenbeke, devenant la seconde femme à occuper cette fonction dans le département et la première femme du millénaire.

En dehors d'être une fonction prestigieuse, c'est une fonction où l'écoute des autres est fondamentale, les rencontres sont importantes et les décisions prises lourdes de sens. On se retrouve face à des entrepreneurs mis à l'épreuve et fragilisés, qui ont parfois honte de venir devant le tribunal.

Ils se sentent jugés sur leurs résultats et souvent ont du mal à se remettre en cause. Parfois la situation précaire est de leur seule responsabilité et parfois la défaillance est du fait d'un client défaillant ou d'un fournisseur qui n'a pas respecté ses engagements.

Le tribunal est là pour sanctionner mais aussi souvent pour aider. Le problème aujourd'hui c'est que 80% des redressements se terminent en liquidation. Cela entraîne souvent un drame psychologique et familial. Pour les dirigeants d'entreprises de petite taille, la liquidation est vécue comme une déchéance, c'est leur création qui part en fumée au travers de la procédure.

Les suicides font malheureusement partis du paysage, et les juges de la procédure collective sont souvent aussi des chefs d'entreprises, ils en souffrent dès qu'ils en sont témoin.



Parmi tous ces dirigeants, bien peu de femmes, c'est le bon côté des choses. Mais bien peu de femmes aussi dans tout le monde économique. En 2018, en France sur 134 présidents de tribunaux de commerce, seulement 12 femmes sont à la tête d'une juridiction. Pour mémoire, en 2008, il existait 191 tribunaux de commerce mais en janvier 2009, 55 de ces tribunaux ont été supprimés, et 6 autres créés (Annecy, Bernay, Guéret, Mende, Thonon-les-Bains, ainsi que le tribunal mixte de Saint-Pierre de La Réunion, où juges consulaires et magistrats professionnels siègent ensemble) ramenant le nombre de tribunaux de commerce à 134 à ce jour.]. La CGJCF, Conférence Générale des Juges Consulaires de France, explique ce fait en indiquant que « la présidence d'un tribunal de commerce est chronophage » et que « cette fonction bénévole vient s'ajouter à une vie de chef d'entreprise lourde et une vie de famille accaparante d'où la présence majoritaire d'hommes ». Cet état de fait est réel,

mais à nuancer largement car il faut reconnaître que souvent la femme sait parfaitement s'organiser et répartir les tâches dans sa journée. Au Tribunal de Commerce d'Evry, nous sommes 8 femmes sur 50 juges mais le recrutement du millésime 2019 est bon puisque sur 11 nouveaux juges, il y aura 3 nouvelles femmes. Ce qui passera le pourcentage à 22%, un des plus haut de France.

La femme a conscience aujourd'hui qu'elle a un rôle majeur à jouer dans la vie économique. Les femmes se marient et font des enfants de plus en plus tard pour pouvoir mettre le pied dans le monde des affaires et trouver leur épanouissement dans un travail. Elles ont compris qu'elles apportaient une vision différente, une sensibilité, qu'elles sont un moteur et un facteur de croissance tant dans une entreprise que dans une association. Malgré la disproportion qui existe encore de nos jours, les femmes s'intègrent et se font de plus en plus présentes et indispensables.

Le candidat Macron avait déclaré son intention de faire de l'égalité professionnelle hommes-femmes une grande cause nationale du quinquennat et qu'il supprimerait les inégalités salariales entre hommes et femmes... Il serait temps. À l'échelle mondiale il a été démontré que si 70 % des femmes souhaitent travailler, elles ne sont que 49 % à être actives. D'ailleurs, il est à noter que McKinsey, dans son rapport, a pris en compte 3 indicateurs qui permettent de tendre vers l'égalité salariale : le taux de femmes qui travaillent, le nombre d'heures travaillées et faire en sorte qu'elles travaillent dans des secteurs à plus forte valeur ajoutée. Selon l'étude du cabinet, l'impulsion du changement doit venir des entreprises, qui peuvent en faire une priorité. Il devrait en être de même dans tous les Tribunaux de commerce. Dans tous les cas, selon le Forum économique mondial, il faudrait attendre 2187 pour atteindre une égalité salariale entre les femmes et les hommes !

Un Tribunal de commerce c'est une juridiction de premier degré compo-

sée de juges élus et de greffiers. Les juges sont des commerçants élus par leurs pairs pour deux ans en premier mandat puis 3 fois pour 4 ans ensuite. Le tribunal de commerce est chargé de régler les litiges entre commerçants et de gérer les procédures collectives. Il est parfois appelé « juridiction consulaire » pour des raisons historiques. Outre ces missions juridictionnelles, il assure également celle de publicité légale ainsi que celle de contrôle juridique du greffe du tribunal de commerce et des juridictions à compétence commerciale, qui incluent en particulier la tenue du registre du commerce et des sociétés. Les Tribunaux de Commerce sont régis par le livre 7 du code de commerce. Ils sont présents dans toute la France métropolitaine en dehors de l'Alsace et de la Moselle où, en vertu du droit local, les litiges de la compétence des tribunaux de commerce sont portés devant le Tribunal de Grande Instance dont la chambre commerciale, présidée par un magistrat, comprend deux assesseurs élus.

Le Tribunal de commerce est une

juridiction d'exception, c'est-à-dire que sa compétence ne relève pas du droit commun. Il est compétent pour statuer sur tout ce qui concerne les actes de commerce, sur les contestations entre commerçants et les établissements de crédits.

Ce sont les Tribunaux de commerce qui gèrent également les procédures collectives que sont la cessation de paiements, le redressement judiciaire et la liquidation judiciaire. En l'absence de Tribunal de Commerce dans une juridiction, c'est le Tribunal de Grande Instance qui est compétent pour les affaires dont le montant dépasse 10 000 euros et le Tribunal d'instance qui est compétent pour les litiges inférieurs à ce montant. Les juges consulaires sont élus, à la différence des magistrats professionnels et leur justice est souvent très rapide et peu coûteuse pour le justiciable.

Certains tribunaux rendent chaque année un nombre impressionnant de décisions, et les taux d'appel ou bien de réforme des jugements de premier degré restent particulièrement bas.

## L'ACTUALITÉ DE NOTRE COMPAGNIE

C'est par un vibrant hommage rendu à notre président, Jean Pedelaborde, que nous débiterons cette rubrique. Jean a passé le témoin lors du CA du 21 septembre dernier, après s'être investi tout au long de son mandat dans l'intérêt de la Compagnie, de ses membres, en appliquant et respectant toute la déontologie et l'éthique de l'expert de justice. Merci à toi !

Notre AGO s'est tenue comme prévue le lundi 11 juin. C'est avec plaisir que nous accueillons au sein de notre CA Sarah Giami et Violaine de Villemereuil. Bienvenue dans l'équipe ! Cette Assemblée a permis d'échanger sur différents thèmes propres aux experts de justice et de suivre des conférences d'excellente qualité, tant sur le plan technique que judiciaire (programme précisé dans le numéro 5). C'est donc un nouveau bureau qui a été élu lors du dernier CA, dont voici la composition : Stéphane Pirnay (Président), Simon Choumer (Vice-Président), Valérie Corizzi (Trésorière), Lionel Brunet

(Secrétaire Général) et Violaine de Villemereuil (Secrétaire Général Adjoint). Nos prochains CA les 8 janvier et 2 avril vont être mis à profit pour poursuivre le travail engagé précédemment, mais également élargir le champ de nos activités avec l'organisation de matinales et de conférences, au cours desquelles seraient abordés les thématiques techniques et judiciaires propres à nos activités. Nous vous tiendrons bien évidemment informés de l'évolution de ces projets, menés pour certains avec des compagnies soeurs. Enfin, nous vous demandons de bien marquer dans vos agendas la date du 3 juin 2019, date à laquelle se tiendra notre Assemblée Générale Ordinaire à partir de 14h00 à la Maison des Polytechniciens. Le programme des présentations, toujours de qualité, est en cours de finalisation. Il saura répondre aux attentes des participants au vu des thématiques et des intervenants proposés.

## 2 MEMBRES DU CNEJC



### SARAH GIAMI

Sarah Giami est docteur en chimie. Elle a 25 ans d'expérience dans l'industrie et le conseil.

Après des travaux de recherche au CEA puis au LRCCP pour Michelin, elle intervient comme consultante Altran Technologies au développement de projets innovants dans des

entreprises comme l'Oréal, Peugeot et Thomson.

C'est en travaillant pendant plusieurs années en assistance à maîtrise d'ouvrage, à la réorganisation du site de CIS bio

international, à Saclay, qu'elle se spécialise dans l'évaluation et l'analyse du risque chimique en environnement contraignant.

Elle intervient alors comme expert en management du risque chimique sur le site de production de GlaxoSmith-Kline, à Evreux, puis comme expert chimiste associée au sein du cabinet CPA-EXPERTS, où elle traite de nombreux dossiers d'expertise technique, en expertises amiables et judiciaires.

Depuis 2011, elle répond, en toute indépendance, à la demande de conseils en prévention et maîtrise du risque chimique, pour sa gestion au quotidien ou le développement de nouveaux projets.



### VIOLAINE DE VILLEMEREUIL

Violaine de Villemereuil travaille depuis plus de 15 ans au sein de laboratoires de recherche et d'expertise en analyses physico-chimiques.

Elle est diplômée de l'École Supérieure de Chimie, Physique, Électronique de Lyon spécialisée en chimie analytique et chimie de la

restauration et conservation des œuvres d'art.

Elle a ensuite participé à de nombreux projets de recherche notamment dans le domaine pharmaceutique chez GSK (GlaxoSmithKline) ou BD (Becton Dickinson) en Angleterre et en France : identifications de principes actifs, études de formulations, identification des produits de dégradations, étude d'interactions entre le médicament et son contenant... Dans la suite de sa spécialité, elle a œuvré au sein du C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France), de l'Ormylia Art Diagnostic Center en Grèce et du SIK-ISEA (Institut des Sciences de l'Etude de l'Art) en Suisse : analyse de pigments, medium, vernis, polymères,

reformulation de techniques anciennes, étude de colorants sur des fresques anciennes... ses recherches ont été publiées dans des revues comme TECHNE ou le Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies.

En 2008, ces domaines de compétences l'ont amenée à devenir Ingénieur de Police Technique et Scientifique, spécialisée dans les tests et analyses physico-chimiques, l'identification de produits inconnus sur site et la détection de faux documents.

En 2010, elle obtient le Diplôme Universitaire en Criminalistique de l'Université de Paris Descartes.

Elle a participé à plus d'une centaine d'expertises pénales et sur réquisitions dans des spécialités criminalistiques telles que l'analyse physico-chimique, le risque chimique et les faux artistiques.

En 2016, elle crée une structure dédiée notamment à l'expertise chimique dans les domaines :

- De la conservation et de la restauration du patrimoine artistique et à l'expertise.
- Judiciaire (expertise chimique, faux artistique, chimie du médicament).

Elle apporte aujourd'hui son savoir-faire et son expérience dans le cadre d'expertises de chimie industrielle, d'analyses physico-chimiques et des faux artistiques.

# PAROLES D'AVOCATS

## LES PRODUITS COSMÉTIQUES DITS INTELLIGENTS ET L'ENCADREMENT JURIDIQUE BALBUTIANT DES « DONNÉES DE BIEN-ÊTRE »

Maître Henri Leben - COLBERT AVOCATS, Paris



La définition du produit cosmétique est commune à l'ensemble des États membres de l'Union Européenne et renvoie, en substance, aux produits d'hygiène et d'embellissement dont les effets sont superficiels<sup>[1]</sup>.

En France, cette définition est reprise au sein de l'article L.5131-1 du Code de la Santé Publique qui

dispose qu'un produit cosmétique est une « substance ou un mélange destiné à être mis en contact avec les parties superficielles du corps humain notamment l'épiderme, les systèmes pileux et capillaire, les ongles, les lèvres et les organes génitaux externes ou avec les dents et les muqueuses buccales, en vue, exclusivement ou principalement, de les nettoyer, de les parfumer, d'en modifier l'aspect, de les protéger, de les maintenir en bon état ou de corriger les odeurs corporelles ».

L'harmonisation à l'échelle de l'Union Européenne de la notion de cosmétique est plus que nécessaire à l'heure où le marché mondial des produits dits « de beauté » représente 205 milliards d'euros et au sein duquel la France est pionnière<sup>[2]</sup>.

Néanmoins, cet encadrement juridique est confronté à un enjeu majeur. En effet, il faut déduire de ce qui précède qu'un produit cosmétique se définit négativement comme une « substance non-médicamenteuse », or les stratégies actuelles de ventes des marques cosmétiques nuancent grandement ce propos.

Tout d'abord, les sociétés qui commercialisent des produits cosmétiques ont la volonté de s'adapter au mode de vie moderne et, à titre d'illustration, certaines crèmes luttent contre la « pollution digitale » en protégeant de la lumière

bleue des écrans susceptibles de générer un vieillissement cutané précoce. Plus encore, les marques cosmétiques proposent à leurs clients des produits très personnalisés qui jouent sur l'ambiguïté quant à leur nature exacte. Ainsi, à grands renforts de discours marketing, les produits se vantent d'être issus de recherches scientifiques et d'innovations technologiques brevetées dont la frontière avec les produits de santé est floue.

Précisément, les marques peuvent proposer ces produits sur-mesure parce qu'elles traitent des quantités importantes de données personnelles qui interrogent quant à leur nature et leur proximité avec des données de santé. En effet, la définition des données de santé, désormais harmonisée à l'échelle européenne, est très large.

Ainsi, selon le Règlement Européen du 27 avril 2016<sup>[3]</sup> sur la protection des données, entré en vigueur le 25 mai 2018, les données de santé sont des « données à caractère personnel relatives à la santé physique ou mentale, passée, présente ou future, d'une personne physique, y compris la prestation de services de soins de santé, qui révèlent des informations sur l'état de santé de cette personne ». Cette notion juridique recouvre l'ensemble des données découlant des parcours de soin ainsi que les « données de santé par destination », c'est-à-dire celles, quelle que soit leur nature, qui sont utilisées à des fins médicales mais aussi certaines informations qui, accumulées, permettent de déduire l'état de santé d'une personne. Cette dernière catégorie comporte des données détenues en dehors d'un contexte médical notamment par des développeurs d'application.

Cette définition extensive n'est pas sans conséquences puisque toute information identifiée comme une donnée de santé emporte l'application d'un régime très stricte. En effet, il s'agit de données sensibles au sens du règlement de sorte que leur traitement est en principe interdit<sup>[4]</sup> sauf lorsque le consentement de la personne a été obtenu et/ou la finalité du traitement est conforme aux exceptions prévues par la réglementation<sup>[5]</sup> s'y ajoute également une obligation de consultation préalable de la CNIL.

L'enjeu à travers le recours aux outils et applications de

« quantified self »<sup>[6]</sup> ou mesure de soi est la création de données, pour certaines nouvelles, qui se rapportent à des éléments spécifiques, propres à l'identité physique, physiologique, psychique, voire même économique, culturelle ou sociale d'une personne à la frontière de la santé au sens strict du terme et d'une notion générale de bien-être<sup>[7]</sup>.

Concrètement, qu'ils s'agissent de start-up innovantes (beauty-tech) ou de marques cosmétiques prestigieuses, celles-ci utilisent principalement des outils de reconnaissance faciale ou ont recours aux objets connectés afin de capter un éventail de données, en les traitant et en les restituant via une application.

Deux illustrations méritent ici d'être développées parmi les beauty tech.

Tout d'abord, une start-up française a lancé en 2015 un appareil connecté à une application qui concocte des doses journalières de crème ultra-personnalisée grâce aux informations collectées à partir d'un bracelet connecté et à des algorithmes qui proposent alors parmi plus de mille combinaisons possibles la formule la plus adaptée. Il analyse notamment les conditions climatiques, la pollution et, de façon plus problématique quant à l'enjeu qui nous préoccupe, le bracelet mesure également le nombre d'heures de sommeil ainsi que le taux de stress, l'activité sportive de la personne qui le porte. Ces informations croisées sont autant d'indices qui pourraient, à nos yeux, révéler l'état de santé de la personne.

Ensuite, en traversant l'Atlantique, une startup Américaine s'appuie sur un algorithme breveté pour analyser les différentes teintes de la peau, ses reliefs et ses caractéristiques dermatologiques en général à partir d'une quantité importante d'images d'un visage humain pour ensuite les reproduire en photographie haute résolution et en modèle 3D.

Il est évident que les informations qui découlent de cette étude perfectionnée conduit à traiter de données personnelles, toute la question est de déterminer s'il s'agit de données sensibles en général et de données de santé en particulier.

Néanmoins, force est de constater que cet enjeu n'a pas encore été saisi aussi bien par les acteurs que par la CNIL, en France.

Finalement, La question est celle du curseur approprié

pour encadrer ces données de bien-être dont l'utilisation potentielle est floue puisque le marché de la beauté connectée est émergent et les stratégies des acteurs peuvent changer rapidement.

Les contraintes attachées au régime juridique français et européen évoqué plus haut du traitement des données de santé peuvent créer un risque de «régulation excessive» pour certains outils dont les finalités et les traitements demeurent pour l'heure bénins ou, à l'inverse, générer une trop faible régulation à l'égard d'outils susceptibles, dans certaines conditions, de se révéler dangereux pour leurs utilisateurs compte tenu des données collectées ou de l'usage potentiel.

Il revient à la CNIL de se prononcer officiellement sur les données de bien être afin d'offrir un plus grand degré de sécurité juridique tant pour les développeurs d'outils et d'applications qui permettent la création de produits cosmétiques sur-mesure que pour leurs utilisateurs.

#### Références :

[1] Règlement (CE) 1223/2009 du 30 novembre 2009 relatif aux produits cosmétiques, à l'article 2.

[2] Selon le rapport d'activité de L'Oréal de 2016.

[3] Règlement (UE) 2016/679 du 27 avril 2016 à l'article 4 point 15.

[4] Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978, article 8 modifié par la loi n°2018-493 du 20 juin 2018.

[5] Les exceptions issues de la Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978, article 8 modifié par la loi n°2018-493 du 20 juin 2018 sont au nombre de quatre :

\* pour la gestion des systèmes et services de santé ou de la protection sociale ;

\* pour la préservation de la santé publique (pour éviter notamment la propagation des maladies) ;

\* pour l'appréciation médicale : soins, diagnostics, médecine préventive ;

\* pour la préservation des intérêts vitaux d'une personne en incapacité de donner son consentement.

[6] Le *quantified self* désigne la pratique de la « mesure de soi » et fait référence à un mouvement né en Californie qui consiste à mieux se connaître en mesurant des données relatives à son corps et à ses activités. (source : <https://www.cnil.fr/fr/definition/quantified-self>)

[7] Cahiers IP n° 2 de la CNIL « Le corps nouvel objet connecté », mai 2014.

# PAROLES D'EXPERTS

## L'ÉVOLUTION DE L'EXPERTISE AU FIL DES QUARANTE ANNÉES D'APPLICATION DE LA LOI SPINETTA\*

\*ce texte reprend les principaux propos de l'intervention de Robert GIRAUD lors du colloque du 11 juin 2018 à la maison des Polytechniciens.



Pour évoquer ces quarante dernières années d'application de la Loi SPINETTA il convient de porter un regard plus large sur l'évolution de l'expertise en général avant de se concentrer plus

spécifiquement sur le domaine de la construction.

### L'ÉVOLUTION DE L'EXPERTISE DE JUSTICE DE FAÇON GÉNÉRALE

La solitude de l'expert quelquefois compensée par la désignation de collègues plus fréquente il y a de nombreuses années, s'est vue compensée au fil du temps par l'organisation des compagnies d'experts, la formation des experts devenue obligatoire depuis, les rencontres et colloques entre les acteurs de la Justice, avocats, experts qu'ils soient conseils techniques ou de justice, comme peut en témoigner la charte signée entre le CNB et le CNCEJ ou localement des chartes tri-partites intégrant des TGI pour l'amélioration du déroulement général des expertises.

L'arrivée du juge du contrôle a contribué à faciliter la résolution des litiges en cours d'expertise, à mieux réguler les coûts et les délais, sous réserve bien entendu des moyens mis en place par les tribunaux. L'apparition du délai raisonnable de la CEDH, le nouveau serment que prête l'expert administratif (il s'engage à accomplir sa mission avec diligence), le rôle de l'expert plus actif dans les mises en causes et leur délai (nouveau code de justice administrative et le délai de 2 mois à respecter pour les mises en cause) ont changé le paysage d'un contentieux très gourmand en temps.

On peut dire que ces dernières années ont vu une amélioration globale de la qualité des expertises. L'expert devient plus directif, il a plus de pouvoir que ce soit en procédure administrative comme nous venons de le voir ou en procédure civile avec notamment l'avènement de l'article 276 du Code Civil et son pouvoir sur les délais.

Le contradictoire est mieux respecté et la généralisation du principe de la note de synthèse ou des pré-conclusions a favorisé son respect et la purge du débat technique en cours d'expertise ; même si on peut déplorer que cette pratique soit encore quelquefois controversée devant le juge administratif. Certains magistrats d'avant-garde dès 2002 inscrivaient dans leurs missions de prévoir une réunion de synthèse ou de communiquer aux parties un « pré-rapport » (terme qui apparaît impropre, on préférera pré-conclusions ou note de synthèse) et des devis.

En outre, l'arrivée de la dématérialisation de l'expertise civile notamment au travers de la plateforme OPALEX va dans le sens du parfait respect du contradictoire, de la diminution des coûts, d'une information simultanée, rapide et sécurisée.

### LA RESPONSABILITÉ DE L'EXPERT ET SES CONSÉQUENCES SUR L'ÉVOLUTION DES MISSIONS

Dans les années 1990, on entendait fréquemment que la responsabilité de l'expert ne pouvait pas être mise en jeu car il était couvert par la décision du juge qui n'était pas tenu de suivre son avis...

On citera à ce propos un vieil arrêt de 1863 qui affirmait : « L'œuvre des experts est réputée l'œuvre de la justice et celle-ci est inattaquable comme le jugement lui-même qui l'a approuvé ; les experts jouissent des immunités qui couvrent les magistrats dans l'exercice de leur fonction judiciaire » Pourtant la mise en jeu de la responsabilité de l'expert de

justice remonte à 1949 (Cour de Cass. 9 mars 1949).

Il est vrai que leur mise en cause était excessivement rare, notamment des arrêts anciens de 1973, 1985 et un arrêt de 1987 déclarait :

« La responsabilité personnelle de l'expert judiciaire à raison des fautes commises dans l'accomplissement de sa mission est engagée conformément au droit commun de la responsabilité civile ; il en est ainsi même si le juge a suivi l'expert, dans l'ignorance de l'erreur dont son rapport était entaché. »

Dans un arrêt de 2002, la cour de cassation a même retenu que :

« L'action en responsabilité contre l'expert judiciaire désigné par la juridiction administrative devait se tenir devant la juridiction judiciaire puisque les éventuelles fautes commises par lui engageaient sa propre personnalité et non celle de l'état ».

Ce qui tout de même est assez choquant, dans la mesure où depuis l'arrêt ARAGON de 1971 nous sommes considérés comme collaborateurs du service public et couverts par la responsabilité de l'état, mais c'est un autre sujet.

Ainsi, la responsabilité de l'expert est retenue sur le fondement de l'article 1382 (ancien et 1240 nouveau) du fait de l'inadéquation des travaux de reprises ; qu'il soit amiable ou judiciaire, l'expert qui préconise une solution engage sa responsabilité s'il commet une faute.

Même si la responsabilité des experts est encore assez peu retenue (cf. dernier arrêt piscine de 2016), les mises en cause de plus en plus fréquentes et cette prise en compte a incité tant les experts que les magistrats à moduler les missions et en particulier dans le domaine de la construction.

C'est ainsi qu'est né le débat, ces 10 ou 15 dernières années sur la frontière entre expertise et maîtrise d'œuvre.

L'expert ne préconise pas, il donne son avis sur les préconisations qui lui sont proposées ;

L'expert ne chiffre pas, il donne son avis sur les devis qui lui sont proposés.

L'expert n'omettra pas de prévoir dans le coût des travaux de reprises le coût de la maîtrise d'œuvre associé qui fera les plans, calculs, descriptifs de travaux et les contrôlera.

Dans les grosses expertises, il convient que le demandeur missionne à ses frais avancés un maître d'œuvre à l'appui technique de ses allégations.

Dans les petites affaires cela est plus compliqué et j'avoue m'insurger quelquefois devant la frilosité de certains confrères qui n'osent même plus répondre à la mission qui est tout de même d'éclairer le juge, en donnant des solutions, des coûts et des délais !

S'agissant de la Loi SPINETTA, loi du 4 janvier 1978 qui porte le nom de son initiateur, Adrien SPINETTA ingénieur par sa fonction, cette Loi a donné lieu aux articles 1792 et suivants du Code Civil et à des articles induits dans le Code des assurances et le code de la construction et de l'habitation. Pour ceux qui ne sont pas familiers du droit de la construction, il y a lieu de rappeler quelques notions de base.

L'article 1792 du code civil dispose :

Tout constructeur d'un ouvrage est responsable de plein droit, envers le maître ou l'acquéreur de l'ouvrage, des dommages, même résultant d'un vice du sol, qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou qui, l'affectant dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipement, le rendent impropre à sa destination.

Une telle responsabilité n'a point lieu si le constructeur prouve que les dommages proviennent d'une cause étrangère. On se trouve devant une présomption de responsabilité de plein droit sans faute prouvée. Le constructeur non responsable peut s'exonérer de sa responsabilité dans trois conditions :

- la force majeure et le cas fortuit : en cas d'événements imprévisibles, irrésistibles et extérieurs (ouragan, crue de fleuve, glissement de terrain...)
- le fait d'un tiers : le constructeur est responsable de ses sous-traitants, mais pourra engager un recours contre ces derniers si leur responsabilité est avérée.
- la faute de la victime : dans le cas où le maître d'ouvrage (vous) s'immisce notoirement dans la conception ou la réalisation de l'ouvrage et qu'il est réputé compétent. Le constructeur pourra prouver que le vice de construction provient d'une cause extérieure.

On soulignera les 4 mots majeurs dont l'interprétation a alimenté une jurisprudence abondante et évolutive :

1. Ouvrage
2. Solidité
3. Élément d'équipement
4. Improprété à destination

Les articles 1792-1 et suivants, prévoient les dispositions suivantes :

1792-1 :

Est réputé constructeur de l'ouvrage :

1° Tout architecte, entrepreneur, technicien ou autre personne liée au maître de l'ouvrage par un contrat de louage d'ouvrage ;

2° Toute personne qui vend, après achèvement, un ouvrage qu'elle a construit ou fait construire ;

3° Toute personne qui, bien qu'agissant en qualité de mandataire du propriétaire de l'ouvrage, accomplit une mission assimilable à celle d'un locateur d'ouvrage.

1792-2

La présomption de responsabilité établie par l'article 1792 s'étend également aux dommages qui affectent la solidité des éléments d'équipement d'un ouvrage, mais seulement lorsque ceux-ci font indissociablement corps avec les ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert.

Un élément d'équipement est considéré comme formant indissociablement corps avec l'un des ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert lorsque sa dépose, son démontage ou son remplacement ne peut s'effectuer sans détérioration ou enlèvement de matière de cet ouvrage.

1792-3

Les autres éléments d'équipement de l'ouvrage font l'objet d'une garantie de bon fonctionnement d'une durée minimale de deux ans à compter de sa réception.

1792-4

Le fabricant d'un ouvrage, d'une partie d'ouvrage ou d'un élément d'équipement conçu et produit pour satisfaire, en état de service, à des exigences précises et déterminées à l'avance, est solidairement responsable des obligations mises par les articles 1792, 1792-2 et 1792-3 à la charge du locateur d'ouvrage qui a mis en œuvre, sans modification et conformément aux règles édictées par le fabricant, l'ouvrage, la partie d'ouvrage ou élément d'équipement considéré.

Sont assimilés à des fabricants pour l'application du présent

article :

- Celui qui a importé un ouvrage, une partie d'ouvrage ou un élément d'équipement fabriqué à l'étranger ;
- Celui qui l'a présenté comme son œuvre en faisant figurer sur lui son nom, sa marque de fabrique ou tout autre signe distinctif.

1792-5

Toute clause d'un contrat qui a pour objet, soit d'exclure ou de limiter la responsabilité prévue aux articles 1792, 1792-1 et 1792-2, soit d'exclure les garanties prévues aux articles 1792-3 et 1792-6 ou d'en limiter la portée, soit d'écarter ou de limiter la solidarité prévue à l'article 1792-4, est réputée non écrite.

1792-6

La réception est l'acte par lequel le maître de l'ouvrage déclare accepter l'ouvrage avec ou sans réserve. Elle intervient à la demande de la partie la plus diligente, soit à l'amiable, soit à défaut judiciairement. Elle est, en tout état de cause, prononcée contradictoirement.

La garantie de parfait achèvement, à laquelle l'entrepreneur est tenu pendant un délai d'un an, à compter de la réception, s'étend à la réparation de tous les désordres signalés par le maître de l'ouvrage, soit au moyen de réserves mentionnées au procès-verbal de réception, soit par voie de notification écrite pour ceux révélés postérieurement à la réception.

Les délais nécessaires à l'exécution des travaux de réparation sont fixés d'un commun accord par le maître de l'ouvrage et l'entrepreneur concerné.

En l'absence d'un tel accord ou en cas d'inexécution dans le délai fixé, les travaux peuvent, après mise en demeure restée infructueuse, être exécutés aux frais et risques de l'entrepreneur défaillant.

L'exécution des travaux exigés au titre de la garantie de parfait achèvement est constatée d'un commun accord, ou, à défaut, judiciairement.

La garantie ne s'étend pas aux travaux nécessaires pour remédier aux effets de l'usure normale ou de l'usage

1792-7

Ne sont pas considérés comme des éléments d'équipement d'un ouvrage au sens des articles 1792, 1792-2, 1792-3 et 1792-4 les éléments d'équipement, y compris leurs accessoires, dont la fonction exclusive est de permettre

l'exercice d'une activité professionnelle dans l'ouvrage.

La loi SPINETTA s'est aussi introduite dans le CCH et dans le code des assurances avec l'obligation d'assurance décennale et l'avènement de l'assurance dommage-ouvrage par l'article L.242-1.

En effet, l'article L 242-1 du code des assurances déclare :  
Toute personne physique ou morale qui, agissant en qualité de propriétaire de l'ouvrage, de vendeur ou de mandataire du propriétaire de l'ouvrage, fait réaliser des travaux de construction, doit souscrire avant l'ouverture du chantier, pour son compte ou pour celui des propriétaires successifs, une assurance garantissant, en dehors de toute recherche des responsabilités, le paiement de la totalité des travaux de réparation des dommages de la nature de ceux dont sont responsables les constructeurs au sens de l'article 1792-1, les fabricants et importateurs ou le contrôleur technique sur le fondement de l'article 1792 du code civil.

L'assureur a un délai maximal de soixante jours, courant à compter de la réception de la déclaration du sinistre, pour notifier à l'assuré sa décision quant au principe de la mise en jeu des garanties prévues au contrat.

Lorsqu'il accepte la mise en jeu des garanties prévues au contrat, l'assureur présente, dans un délai maximal de quatre-vingt-dix jours, courant à compter de la réception de la déclaration du sinistre, une offre d'indemnité, revêtant le cas échéant un caractère provisionnel et destinée au paiement des travaux de réparation des dommages.

Cette Loi a depuis 1978 donné lieu à une évolution jurisprudentielle notable.

Mais auparavant, il y a lieu d'évoquer un autre aspect de l'évolution des missions :

L'expert donne son avis sur la solidité des ouvrages et l'impropriété à destination. Certes l'expert ne dit pas le droit (article 238 du CPC) mais il répond aux questions du juge ; il peut se trouver ainsi associé à la qualification du dommage voire à la notion de réception.

L'expert qui n'est pas un juriste doit de plus en plus avoir ce vernis indispensable à l'utilité du rapport...il doit connaître les grandes évolutions de la jurisprudence.

Pour faire le lien avec les points abordés ci-après, il y a lieu de faire allusion à l'évolution récente mais assez remarquable de la jurisprudence qui condamne le principe de la réparation intégrale au profit du principe de proportionnalité qui ne va pas être sans conséquence sur l'expertise :

L'expert devait dans un passé récent s'attacher à la remise de l'ouvrage dans l'état où il se trouvait avant l'apparition du sinistre nonobstant des améliorations souvent induites avec des écarts d'interprétation entre juridictions de l'ordre judiciaire et de l'ordre administratif notamment en matière de vétusté, alors qu'aujourd'hui il devra s'attacher à étudier les solutions permettant seulement de mettre fin aux désordres. Ce principe est peu compatible avec la posture de l'expert qui devant sa responsabilité serait tenté d'être maximaliste. La solution démolition-reconstruction était plus simple et plus sécurisante que la solution des travaux de réparations dans leur stricte limite.

Ce principe évoqué ici en droit de la construction apparaît dans le même esprit que l'ordonnance de février 2016 ratifiée et complétée par la loi du 20 avril 2018 dite sur l'évolution des contrats.

L'évolution du code civil semble ainsi notablement diminuer la force du contrat dans la mesure où le juge pourra le moduler si les conséquences de son application littérale sont manifestement excessives ou disproportionnées ;  
En l'espèce, c'est bien souvent à l'expert qui reviendra de déterminer si cette notion d'équilibre ou de proportion est rompue.

## SUR L'ÉVOLUTION DE LA JURISPRUDENCE SPINETTA

Il ne s'agit pas prétendre ici dresser un panorama exhaustif, mais certains exemples méritent d'être relevés :

On pourra citer le cas d'école de la fissure dans un carrelage de HLM qui n'est plus la même sur un plan juridique, que celle du hall d'un hôtel de luxe.

A partir de mai 2005, le non-respect d'une norme parasismique devait être qualifié. L'expert devait dire si la non-conformité engageait l'ouvrage à un risque certain en cas de séisme...

En mai 2011, la simple non-conformité à la norme a entraîné

un désordre décennal ; le rôle de l'expert a été modifié. Il en va de même pour l'évolution des dommages dans le délai d'épreuve.

## DOMMAGE FUTUR ET DOMMAGE ÉVOLUTIF

Dommmages évolutifs :

En 1985, la cour de cassation avait jugé que : « la garantie décennale couvre non seulement les dommages actuels mais les conséquences futures des vices dont la réparation a été demandée au cours de la période de garantie ».

En 2006, la cour de cassation a jugé que : « de nouveaux désordres constatés au-delà de l'expiration du délai décennal qui est un délai d'épreuve ne peuvent être réparés au titre de l'article 1792 du code civil que s'ils trouvent leur siège dans l'ouvrage où un désordre de même nature avait été constaté et dont la réparation avait été demandée en justice avant l'expiration de ce délai »

Un arrêt du 24 mai 2016 a confirmé cette notion de même ouvrage.

On perçoit ainsi la difficulté de distinguer entre ouvrage et partie d'ouvrage ainsi que l'importance de l'intervention de l'expert et des réponses précises aux questions posées explicitement ou implicitement.

On notera que les juridictions de l'ordre judiciaire et de l'ordre administratif ont une approche différente, le Conseil d'Etat ne faisant pas la distinction entre désordre évolutif et dommage futur. Il considère que tous les désordres qui s'aggravent entrent dans la catégorie des désordres évolutifs, réparables alors même que la gravité requise se manifeste au-delà des 10 ans. L'expert doit en tenir compte dans l'orientation implicite de son rapport. Le point crucial étant la certitude de l'évolution au moment où ils sont constatés. Ainsi, un arrêt du 31 mai 2010 du Conseil d'Etat déclare que :

« Considérant qu'il résulte des principes dont s'inspirent les articles 1792 et 2270 du code civil, que des dommages apparus dans le délai d'épreuve de 10 ans, de nature à compromettre la solidité de l'ouvrage ou à le rendre impropre à sa destination dans un délai prévisible, engagent la responsabilité des constructeurs sur le fondement de la garantie décennale, même s'ils ne se sont pas révélés dans toute leur étendue avant l'expiration du délai de 10 ans ».

Dommmages futurs :

Après un revirement de jurisprudence en 2003, la Cour de Cassation a considéré que le dommage futur réparable est le dommage qui ne présente pas encore les caractéristiques du désordre décennal mais dont on est certain qu'il en présentera les caractéristiques avant l'expiration du délai décennal.

On voit alors toute la difficulté pour l'expert de se prononcer (comme l'avait d'ailleurs souligné le professeur MALINVAUD à l'époque) alors qu'il doit affirmer que l'impropriété à destination se réalisera dans le délai des 10 ans, sachant que si sa prévision s'avérait inexacte il perdrait en crédibilité et les années passent vite ....

L'expert peut se trouver seul devant sa boule de cristal.

Dans le même ordre idée et s'il ne s'agit pas ici de boule de cristal l'expert devra dire à quelle date l'ouvrage était en état d'être reçu, ce qui n'est pas toujours chose facile.

Le juge a enfin considéré le dommage futur certain en s'appuyant sur la notion d'impropriété / dangerosité ; si le risque n'est pas encore réalisé, la dangerosité est certaine et cela suffit à rendre l'ouvrage impropre à sa destination ; on en revient entre autres aux défauts de conformité aux règles parasismiques, mais aussi de zone inondable, règles de sécurité incendie etc..

Les dommages sur existants ont complexifié les expertises ; L'expert doit rechercher les causes avec une acuité particulière : la cause réside-t-elle dans la construction initiale ou dans les travaux nouveaux ?.

L'extension de la responsabilité des constructeurs et notamment aux équipements pose la difficulté de la frontière avec le monde de l'industrie et les spécialités du bâtiment.

Il en va de même de l'extension aux sous-traitants et aux fabricants avec la recherche des défaillances dans les matériaux mis en œuvre. Je pense aux étanchéités en résines par exemple...et l'intervention du chimiste sapiteur ou co-expert trouvera toute sa pertinence.

Il convient d'évoquer la distinction entre les notions de désordres voire de vice-caché et celle de non-conformités, non conformités aux règles de l'art, non-conformité

contractuelle, non-conformité à la réglementation...il appartiendra à l'expert de bien décrire les faits afin que le juge puisse qualifier le dommage sans oublier la notion d'entretien. Dans ce cas et bien d'autres, l'expert sera confronté aux dires des avocats qui veulent quelquefois plaider en cours d'expertise ; difficile pour l'expert de résister, pourtant il devra rester factuel et faire la police en disant que ce n'est pas le bon moment et qu'il n'est pas la bonne personne !

Il devra dire si le désordre était apparent à la réception.

Il devra bien entendu et ce n'est pas toujours simple constater la matérialité du dommage.

## SUR LA QUALIFICATION DES OUVRAGES ET L'ÉVOLUTION DES TECHNIQUES

Le régime de 2005 a modifié la liste des ouvrages « soumis », on entend soumis à l'obligation d'assurance.

La notion même d'ouvrage a évolué au fil du temps.

L'expert doit dire aujourd'hui si l'ouvrage est intégré, il doit permettre de déterminer si l'ouvrage est accessoire à un autre ouvrage qui pourrait être soumis.

Même si la qualification d'ouvrage reste du domaine

juridique, l'expert doit donner tous les éléments au juge pour trancher.

L'avènement de nouvelles technologies entraîne de nouvelles garanties et de nouvelles expertises ;

La jurisprudence récente a fait naître le « quasi-ouvrage » selon les propos de Maître CHARBONNEAU.

Expertises sur le photovoltaïque, les renforcements en fibre de carbone etc...

La protection cathodique du béton armé constitue-t-elle un ouvrage ? les sinistres vont arriver où sont déjà là et toutes les questions n'ont pas de réponses.

D'une façon plus générale, je constate qu'au fil du temps, les expertises font appel à des techniques de plus en plus pointues, à des spécialités de plus en plus fines.

Si la délégation du pouvoir juridictionnel du juge reste prohibée, l'expert demeure les yeux et les oreilles du juge mais demeure de plus en plus même modestement et partiellement son « compagnon » intellectuel (terme fréquemment employé autrefois par le premier Président Pierre DRAI).

# FICHE TECHNIQUE D'ANALYSE :

## LA SPECTROSCOPIE INFRAROUGE À TRANSFORMÉE DE FOURIER

### Méthodes physiques et physico-chimiques d'analyse fine utilisées en chimie

V. de Villemereuil

#### Méthodes physiques et physico-chimiques d'analyse fine utilisées en chimie

Acronyme	Français	<b>IRTF</b>
	Anglais	<b>FTIR</b>
Principe	La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau. Elle permet, via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau. Nous obtenons un spectre dit infrarouge qui est caractéristique du produit analysé, ce spectre est comme son « empreinte digitale ». En comparant son spectre aux spectres de bases de données de référence, nous pouvons l'identifier, qu'il soit pur ou dans un mélange. En procédant par une analyse point par point, cette technique permet d'obtenir une « image chimique » de l'échantillon en fonction de sa composition.	
Objet de l'identification	La spectrométrie infrarouge est utilisée pour la caractérisation et l'identification des molécules organiques dans les solides, les liquides et les gaz. Elle met en évidence la présence de certains minéraux (carbonates, silicates...)	
Exemples d'application	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier la nature d'une matière première, d'une formulation</li> <li>- Établir un pré-diagnostic lors de l'étude d'un produit inconnu</li> <li>- Déterminer la nature d'un polymère, d'un médium</li> <li>- Identifier un pigment dans une peinture</li> <li>- Caractériser un dépôt ou une pollution de surface</li> <li>- Localiser des traces par couche ou sur un support</li> </ul>	
Champ observé	La spectrométrie infrarouge s'utilise principalement pour l'analyse qualitative (identification des matériaux) et semi-quantitative (estimation).	
Zone analysée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liquides, solides, gaz</li> <li>- Sur site</li> <li>- Sur des micro prélèvements (de l'ordre de la centaine de µm de diamètre)</li> <li>- Analyse non destructive</li> </ul>	

# ARTICLE TECHNICO- SCIENTIFIQUE #1

## LES MYSTÈRES DE L'EAU

Simon CHOUMER - Expert judiciaire



### INTRODUCTION

L'eau de formule  $H_2O$  est un liquide incolore et inodore de densité égale à 1, en sachant que celle de l'eau de mer est de 1,03. L'eau est polaire et amphotère.

Elle a 3 états : liquide, solide et gazeux et représentait pour les alchimistes l'un des 4 éléments avec la terre, l'air et le feu. Sa chaleur d'évaporation est très importante, de l'ordre de 500kcal/kg (sueur). C'est un excellent solvant. Le terme « eau » provient du latin « aqua ». On parle volontier d'eau minérale, de Seltz, de source, de mer, douce, dure, potable, de pluie, du robinet, de table, gazeuse, plate... En chimie et alchimie, on parle d'eau lourde, distillée, eau-forte, régale, eau de vie... et les noces d'eau... 100 ans de mariage !

L'eau dite bleue est l'eau disponible en surface et l'eau dite verte est l'eau non disponible dans les plantes et les nappes aquifères souterraines. L'eau, source de vie est seulement connue sur terre, selon la répartition suivante :

- 97,2% océans et mer
- 2,1% glaciers
- 0,6% nappes souterraines
- 0,02% fleuves et lacs
- 0,01% nuages et brouillards
- 0,0001% êtres vivants (hommes, animaux, plantes)

Au sujet de la consommation humaine, environ 6 milliards de  $m^3$  d'eau sont distribués en France soit environ 250l par jour/personne,

- un bain : 50-200 l
- une douche : 50-100 l
- une machine à laver : 50-80 l
- un lave-vaisselle : 20-40 l
- lavage dents et mains : 5-30 l

L'homme au niveau mondial a un besoin de 20 à 50 l par jour en moyenne ( le corps en contient 71 % ), mais un enfant

d'un pays développé consomme 30 à 50 fois plus d'eau que le même enfant dans un pays en voie de développement.

Si l'agriculture qui est le plus grand consommateur d'eau avec 65%, puis l'industrie avec 25%, l'usage domestique ne représente que 10%. Chaque jour, nous absorbons 2 à 3l d'eau pour un homme (+ 0,7 l par les aliments) et 2 à 2,2 l pour les femmes (+ 0,5 l par les aliments).

Nous rejetons 1,2 l d'urine et 0,7 l à 1 l par la transpiration et la respiration. Cet élément est indispensable à la vie. Si nous sommes privés d'eau nous mourons en quatre jours alors que privés de nourriture il nous en faut 40. Quand il pleut seulement 10% s'infiltrent dans la terre, le reste est perdu dont 25% de ruissellement et 65% d'évaporation.

## 1 / L'EAU QUE L'ON BOIT EST-ELLE SAIN ?

### 1 - L'eau en bouteille :

La qualité dépend en partie du récipient : il n'y a pas de problème avec le verre, mais certains plastiques peuvent relarguer des monomères. Par exemple, le PVC est maintenant interdit au profit de plastiques exempts de plastifiants tel que polycarbonate ou PET (polyéthylène téréphtalate), PEHD (polyéthylène haute densité) et maintenant des produits bio dégradables tel que le PLA (polylactique acide) aux USA certains états ont interdit l'usage des bouteilles en plastique.

Plus de 10 000 particules de plastique dans une seule bouteille d'eau, cela paraît impossible. C'est pourtant ce qu'ont retrouvé des chercheurs d'une université New-Yorkaise qui ont analysé 259 bouteilles représentant 11 marques. Parmi celles consommées en France figurent Evian, San Pellegrino et Nestlé pure life ! 93% des bouteilles présentaient des particules de plastique : 10 au-dessus de 100 microns, en moyenne, par litre. Le plastique le plus fréquemment retrouvé demeure le polypropylène, utilisé dans la fabrication des bouchons, mais on trouve aussi des polyamides, du polystyrène, etc...La contamination vient probablement à la fois des bouteilles elles-mêmes et des lignes de fabrication.

Plusieurs industriels ont contesté la méthodologie de l'étude mais l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a annoncé prévoir des recherches sur les effets sur la santé de telles contaminations. Une précédente étude sur l'eau du robinet, menée selon les mêmes méthodes, avait mis au jour la présence des particules deux fois moins élevées. Pour le reste l'eau du robinet est très généralement de bonne qualité en France et son impact environnemental est, selon le centre de recherches Novethic, 450 fois moindre que celui de l'eau en bouteilles !

Dans l'eau en bouteilles la qualité bactériologique et chimique est surveillée mais les polluants peuvent échapper à la surveillance. Ces eaux en bouteilles sont très diverses, plates ou gazeuses et contiennent des sels censés être bénéfiques. Ainsi, les eaux gazeuses (naturelles ou avec du gaz carbonique rajouté) sont particulièrement riche en bicarbonate de sodium qui facilite la digestion dès 600mg/l. Ainsi les eaux de :

- Vichy Célestin : 3 à 4g/l de HCO<sub>3</sub> Na
- Badoit : 1,2g/l
- Quézac : 1,1g/l
- San Pellegrino : 300mg/l

Par ailleurs, la teneur en magnésium supérieur à 50mg/l facilite le transit intestinal :

- Rozana : 160mg/l
- Hépar : 120mg/l
- Badoit : 80mg/l
- Contrex : 75mg/l
- Quézac : 70mg/l
- San Pellegrino : 50mg/l

## 2 - L'eau du robinet :

Cette eau est puisée dans les rivières et les lacs. Elle est ensuite dégrillée, tamisée, flocculée pour éliminer certains polluants (la flocculation consiste à former un précipité léger ou floc qui absorbe certains polluants), filtration, désinfection (ozone ou composés chlorés) élimination de substances organiques (à l'aide de charbon actif) et stockage. L'eau du robinet est particulièrement surveillée chaque jour et sa qualité est constante. Cette eau coûte environ 0,35 centimes d'euros le litre soit 100 à 300 fois moins cher que l'eau en bouteille, avec en moins les déchets des bouteilles vides.

Les paramètres règlementés sont :

- La qualité organoleptique (couleur, saveur, odeur, turbidité)
- Critères physico-chimiques comme la température, le pH

et la résistivité

- Les limites de substances chimiques :

- Chlores (Cl<sup>-</sup>) < 200mg/l
- Sulfates < 250mg/l
- Nitrates < 50mg/l
- Nitrites : absence totale
- Sodium < 200mg/l

- Absence totale de substances toxiques : pesticides, arsenic, cadmium, plomb, hydrocarbures.

- Pas de substances ou d'organismes pathogènes tels que les coliformes fécaux.

En ce qui concerne la dureté de l'eau potable, on dit que l'eau est :

- très douce = 0-10° F
- douce = 10-20° F
- moyennement dure = 20-30° F
- dure = 30-40° F
- très dure > 40° F

C'est le TH (titre hydrotimétrique) à savoir qu'un 1° Français correspond à 4mg/l de calcium ou 2,4mg de magnésium.

## 3 - L'eau de source ou de puit :

Les nappes phréatiques (souterraines) peuvent donner naissance à des sources ou être prélevées à différentes profondeurs à l'aide de puits. Ce sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine. Ces eaux de source ont des teneurs en minéraux et oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Ces eaux peuvent être qualifiées en France de « minérale » si elles sont reconnues comme bénéfiques pour la santé par l'académie de Médecine et le Ministère de la Santé : c'est un aliment ou aliment fonctionnel.

## 4 - Désalinisation de l'eau de mer :

La pénurie d'eau potable probable à l'échelon mondial a incité les pays du pourtour méditerranéen à s'équiper de stations de dessalement de l'eau de mer. Ainsi Israël (Ashkelon), l'Arabie Saoudite, le Qatar, l'Espagne... se sont équipés. L'eau de mer contient de 35 à 42 g/l de sel qu'il faut éliminer. Trois méthodes sont utilisées pour cela : thermique (distillation), osmose inverse sur membrane, électrodialyse. C'est l'osmose inverse qui est de plus en plus utilisée pour un coût voisin de 0,5 Euro/m<sup>3</sup> (hors traitement de potabilité).

Certes, il y a de nombreux inconvénients au dessalement :

- Coût énergétique
- Augmentation de l'empreinte carbone
- Rejets de saumures polluantes
- Rejets d'eaux chaudes en mer (distillation)
- Emploi de produits chimiques pour nettoyer les membranes (chlore)
- Traces de cuivre des tuyauteries
- Risques de dégrader les fonds marins (flore et faune) par la modification des flux et les rejets thermiques et de saumures.

## 2 / COMMENT OBTIENT-ON UNE EAU POTABLE ?

Tout d'abord, le contrôle de la qualité et la potabilité de l'eau doit se faire de l'amont (nappe, eau de surface) jusqu'à l'aval (au robinet) car elle peut aussi se dégrader durant son stockage et dans le réseau de distribution :

- corrosion de métaux et dissolution dans l'eau,
- fuites et perméation,
- contamination par les micro-organismes ou les résidus de désinfectants ou encore de pesticides.

Comme nous l'avons déjà vu plus haut, l'eau potable peut être obtenue après captation dans les fleuves et lacs puis traitement complet depuis la filtration jusqu'à la stérilisation. Les principales méthodes industrielles de stérilisation sont :

- le chlore et ses dérivés
- l'ozone
- les rayons ultra-violets

Le chlore gazeux ou sous forme d'hypochlorites est le plus utilisé. Son action microbicide à faible dose s'explique par la destruction des diastases indispensables à la vie des germes microbiens. Comme c'est un oxydant, le chlore détruit les matières organiques résiduelles. La dose est de 0,1 à 0,3 mg/l de chlore libre ( $Cl_2$ ) dans l'eau distribuée. Il existe une directive européenne de 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, transposée en droit français par le décret du 22/12/2001.

Toutes les eaux doivent obéir à 3 conditions :

- Ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances présentant un danger pour la santé des personnes.

- Conformes aux limites de qualité des métaux et autres éléments minéraux.
- Satisfaire à des références de qualité pour les cations et les anions (références européennes et françaises).

Pour obtenir une eau potable à partir d'un prélèvement dans un milieu naturel il faut :

- Le dégrillage pour éliminer les gros déchets et les corps flottants
- Le tamisage, la filtration pour éliminer les déchets de petite taille
- La coagulation – floculation pour éliminer certains éléments indésirables sous forme de précipité ou floc facile à filtrer
- L'oxydation par le chlore ou l'ozone pour détruite les micro-organismes.

L'eau contient outre des sels de toutes sortes mais également des gaz dissous dont l'oxygène indispensable à la vie des poissons. L'eau, en fonction de la température, contient de 10 à 14 mg/l d'oxygène.

## 3 / QUELS SONT LES DANGERS :

### 1. Sanitaire :

Le contrôle sanitaire est réglementé par l'arrêté de janvier 2010. Deux types de contrôles sont retenus : contrôle officiel et auto-surveillance par les sociétés de distribution. Les dangers principaux proviennent surtout d'une pollution accidentelle non visible (bactéries, éléments toxiques, perturbateurs endocriniens) ou un dysfonctionnement de la chaîne de traitement des eaux ou d'embouteillage, ou éventuellement une pollution volontaire de terroristes ou de personnes mal intentionnées. (En injectant dans les châteaux d'eau un produit toxique ou létal).

Les pesticides sont les principaux polluants destinés à la consommation, et parmi les 40 composants analysés par les laboratoires de contrôles, l'atrazine (interdite en France), en est le principal élément.

On note que 94% de l'eau distribuée est de bonne qualité (classée C). Les classements NC, NC1 et NC2 représentent environ quatre millions de français ayant au moins une fois bu de l'eau polluée aux pesticides.

Seulement 40% des masses d'eau européennes soit 130.000 masses d'eau répertoriées, atteignent un bon niveau écologique et 38% un bon état chimique selon le rapport

du 3 juillet 2018 par l'AEE.

Les mauvais élèves : Allemagne, la Belgique et les Pays-Bas. L'Agence Européenne pour l'Environnement a détecté 160 polluants dont les concentrations peuvent dépasser les plafonds autorisés par l'Union Européenne, en particulier : le mercure, cadmium et les phosphates.

Pour les eaux souterraines, 90% sont en bon état écologique et 75% en bon état chimique. (Les nitrates sont les principaux polluants). A titre d'information le prix de l'eau du robinet en France a augmenté récemment de 10% et atteint presque 4 euros le m<sup>3</sup>.

## 2. Pénurie mondiale

A terme et surtout en Afrique les risques de pénurie sont importants. Dans son sous-sol le continent africain recèle 660.000 km<sup>3</sup> de réserve d'eau, soit cent fois supérieure à la quantité d'eau en surface). Mais selon le rapport du 13<sup>ème</sup> congrès de l'AFWA, un tiers de la population soit trois cent trente millions d'habitants n'a pas accès à l'eau potable.

Pourquoi ? Par manque de structure de distribution et d'assainissement par défaut de fonds. Selon l'Agence Africaine de Développement il faudrait environ douze milliards d'euros par an pour créer et renforcer les infrastructures de distribution et d'assainissement. Mais ces 660 000 km<sup>3</sup> d'eau suffiront-ils ?

A l'échelon mondial, l'eau souterraine prélevée est environ de 1 000 km<sup>3</sup>/an et va en s'intensifiant. La Terre est à 71% recouverte d'eau. 97% de cette eau est salée, et 2% emprisonnée dans les glaces. Il n'en reste qu'un petit pourcentage pour irriguer les cultures et éteindre la soif de l'humanité tout entière. L'eau et l'eau potable sont inégalement réparties sur la planète et les barrages et pompes d'eau faits pour les besoins humains peuvent localement entrer en conflit avec les besoins agricoles et ceux des écosystèmes.

Selon l'ONG Transparency International, la corruption grève les contrats de l'eau dans de nombreux pays entraînant des gaspillages et des coûts excessifs pour les plus pauvres. En 2030 selon l'ONU, à cause de la surexploitation des nappes et de l'augmentation des besoins, 25 pays africains seront en état de pénurie d'eau (moins de 1000m<sup>3</sup> par habitant par an) ou de stress hydrique (1000 à 1700m<sup>3</sup> par habitant par an). Le réchauffement de notre planète engendre de graves problèmes pour notre équilibre hydrique :

- Évaporation augmentée
- Perturbations climatiques (sècheresse ou inondation)
- Augmentation de la température des océans avec une diminution de l'oxygène dissous et une acidification néfastes pour la flore et la faune.

## CONCLUSIONS

L'eau liquide est trouvée dans toutes sortes d'étendues d'eau, telles que les océans, les mers, les lacs, et de cours d'eau tel que les fleuves, les rivières, les torrents, les canaux ou les étangs. La majorité de l'eau sur Terre est de l'eau de mer. L'eau est également présente dans l'atmosphère en phase liquide et vapeur. Elle existe aussi dans les eaux souterraines (aquifères).

Le volume approximatif de l'eau de la Terre (toutes les réserves d'eau du monde) est de 1,4 milliards de km<sup>3</sup>. Dans ce volume :

- 97,2% se trouvent dans les océans
- 1,8% se trouvent dans les glaciers et les calottes glaciaires
- 0,9% sont des eaux sous-terraines
- 0,02% sous forme d'eau douce dans les lacs, les mers intérieures et les fleuves
- 0,0001% d'eau liquide sous forme de vapeur d'eau atmosphérique à un moment donné.

Si la fraction d'eau sous forme gazeuse est marginale, la Terre a perdu au cours de son histoire un quart de son eau dans l'espace. On sait depuis 2014 qu'une partie notable du manteau terrestre principalement constituée de ringwoodite (un cristal qui contient ... 1 à 3 % d'eau), entre 500 et 650 km de profondeur, pourrait contenir jusqu'à 3 fois le volume des océans actuels. La quantification n'est pas encore définitive mais pourrait faire varier énormément le volume d'eau disponible sur Terre, même si son exploitabilité et sa disponibilité spontanée sont douteuses.

A moyen terme, l'Afrique (et ses 200 millions d'habitants) sera le continent le plus touché par la pénurie d'eau avec de graves conséquences sur la géopolitique mondiale. La population urbaine mondiale est actuellement de 55% et devrait atteindre 70% en 2050 soit environ 6,5 milliards d'individus. Ceci produira un accroissement considérable de la demande d'eau potable avec un impact catastrophique sur les écosystèmes, si rien n'est fait pour gérer cette pénurie annoncée.

# ARTICLE TECHNICO - SCIENTIFIQUE #2

## LA MÉTALLURGIE DE LA PÉTANQUE - DESCRIPTION D'UN PRODUIT DE HAUTE TECHNOLOGIE

Alexandre FLEURENTIN - Métallo Corner



Il est grand temps de se pencher sur un produit de haute technicité : la boule de pétanque (du provençal pèd : pieds, et tanca : planté ; le jeu à pieds-plantés) dont le diamètre est compris entre 70,5 et 80mm et la masse entre 650 et 800 g [CdC Fédé].

La qualité de ce produit est décrite par la norme AFNOR (NF S 52 – 200) qui garantit

aux utilisateurs un véritable produit de qualité défini par 5 critères principaux :

- Boule creuse, sans corps étranger à l'intérieur,
- Acier durci par traitement thermique,
- Résistance à la corrosion et adhérence de la couche protectrice,
- Régularité de poids entre les boules d'un même jeu
- Sphéricité et équilibrage.

En dehors de l'intérêt pour le sport/loisir en lui-même, si vous regardez l'ensemble de ces critères sous un angle technique, on comprend mieux que ce produit ait attiré notre attention d'un point de vue métallurgique et mécanique. Nous aborderons donc dans cet article le produit et ses caractéristiques pour ensuite s'intéresser à la gamme de fabrication des boules de « compétition » qui offre le plus d'intérêt technologique par rapport à la boule dite de « loisir ».

### 1 / LE PRODUIT ET SES CARACTÉRISTIQUES MÉTALLURGIQUES ET MÉCANIQUES

En faisant appel à notre mémoire, on se souvient qu'en métallurgie les aciers étaient classés en différentes catégories : aciers doux, mi-doux, mi-durs, durs ou extra-durs. Dans le domaine de la pétanque, on retrouve une classification assez similaire pour balayer l'ensemble de la gamme de dureté : on parle, en fonction des fabricants, de boules : super tendre, très tendre, dureté+, tendre, demi-tendre, demi-dure, dure, très dure... Derrière ces appellations se cache, bien entendu, une gamme de résistance mécanique (dureté) comprise entre 1100 MPa (tendre / 35HRC) et généralement 1400 MPa (dure / 43 à 45HRC) et plus pour

quelques exceptions (dureté maximale de 55HRC pour des raisons de sécurité). Une dureté minimale de 27HRC (900 MPa) pourra être tolérée au niveau du cordon de soudure [CdC Fédé]. La tenue à la flexion par choc doit normalement être supérieure à 7 daJ/cm<sup>2</sup> lors d'un essai « mouton de Charpy » mené à température ambiante sur éprouvette KCU.

Il est également important de savoir que la surface interne de la boule (creuse) pourra présenter des reliefs ou aspérités constitués du même alliage que la boule. Cette orientation technique est l'un des axes de recherche et développement pour les boules d'aujourd'hui et de demain.

Des essais ont été menés en réalisant un réseau de stries circulaires à l'intérieur de la boule à l'image des parallèles et des méridiens du globe terrestre, mais ce choix n'a pas semblé apporter un effet significatif au niveau de la limitation du rebond ou du recul de la boule. Par conséquent, le choix actuel s'oriente vers la réalisation de motifs en excroissance sur la surface interne du produit. Cette évolution doit permettre une meilleure atténuation de la propagation des ondes de choc. [Brevets : WO 1997043017 A1 ; WO 1993025284 A1]



Figure 1 : Photo d'une coquille brut de forgeage. [Cb Monaco]



Figure 2 : Passage au marbre : test d'équilibrage. [Obut 14-15]

Les boules de pétanque sont composées de 2 demi-sphères qui seront ensuite assemblées par soudage (Cf. Figure 1). Au passage, si la boule était pleine, elle pèserait plus d'1,5 kg, ce qui est beaucoup trop lourd pour pouvoir jouer correctement. Compte tenu du mode de fabrication, des problèmes de symétrie d'assemblage peuvent être constatés, ce défaut est appelé : le balourd. L'opération d'équilibrage, hautement stratégique, permettra de corriger ce défaut géométrique. Pour le repérer, la boule peut être « posée » à la surface d'un bain de mercure pour repérer la zone à éliminer par un usinage ultérieur. La quantité de

matière ôtée ne pourra pas dépasser 1,3 % de la masse de la boule. Pour les boules très haut de gamme, le balourd pourra représenter 0,5 et 0,3% de la masse de la boule. Ce défaut sera ensuite quantifié au marbre (Cf. Figure 2). Concernant le repérage des boules, la profondeur des stries ou des creux ne devra pas excéder 1 mm de profondeur

(trempe et revenu) qui confèrent à l'alliage les propriétés du métal. Il va donc falloir choisir la nuance en fonction de ces conditions d'utilisation mais également en prenant en compte les procédés de fabrication, que nous allons détailler dans le chapitre qui suit.

En fonction de la nuance choisie, les produits seront protégés contre la corrosion atmosphérique par des revêtements ou autres traitements, à l'exclusion de la plastification, de la peinture et de l'émaillage.

Les boules peuvent être lisses (principalement pour les tireurs) ou striées (pour beaucoup de pointeurs). Ces stries sur la surface externe permettent de freiner la boule et d'augmenter son adhérence au sol.

## 2 / GAMMES DE FABRICATION

Pour obtenir une boule de pétanque, on utilisera un semi-produit laminé (barre ou tôle) qui sera mis en forme (à chaud ou à froid) puis soudé, usiné, poli (Cf. Figure 4). Le produit sera ensuite traité thermiquement pour lui conférer la dureté puis protégé contre la corrosion par un traitement



de surface.

Figure 4 : Gamme de fabrication. [Dupuy 2001]

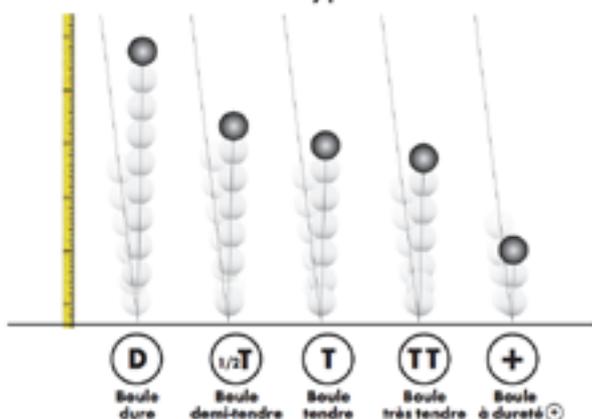
Chaque année, ce sont plus de 4.000 à 5.000 tonnes d'acier qui sont utilisées pour la fabrication mensuelle d'environ 300 000 à 400 000 boules. Avec 4 500 000 boules de pétanque par an et 80% du marché mondial, la marque Obut est le leader incontesté de la filière pétanque.

### 1. Mise en forme

En fonction de la qualité de la boule de pétanque (loisir ou compétition), les coquilles seront :

- Soit issues de tôles de 10 cm de large (feuillard) qui seront ensuite découpées puis embouties (boules de loisir),
- Soit issues de barres laminées (Cf. figure 5) qui seront cisailées en lopins (Cf. Figure 6) puis forgées à chaud (Cf. Figure 7 : opération d'estampage matriçage) en 3 à 4 passes

### Test de rebond en fonction du type de dureté



[Cdc Fédé].

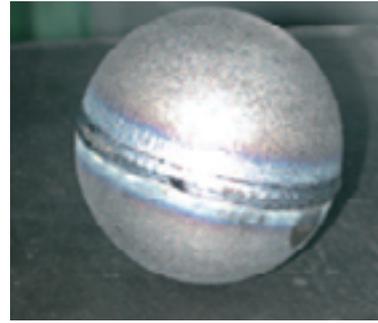
Figure 3 : Test du rebond. [Obut 14-15]

Information utile pour les joueurs (Cf. Figure 3 : Plus une boule est tendre, moins elle rebondit sur un sol dur ; moins elle « recule » lors d'un carreau ; ce dernier point est controversé sur les bouledromes car cela dépend beaucoup de la manière dont on tire. En revanche une boule tendre sera plus sensible à la déformation et à l'abrasion lors de chocs sur le terrain ou entre boules. Par conséquent, la boule tendre est celle qui est la plus avantageuse dans le jeu pour les pointeurs voire les tireurs, mais sa durée de vie est la plus courte. Il faudra donc choisir son type de boule en fonction du terrain mais également en fonction de votre style de jeu et de votre budget. Une chose est sûre « ce n'est pas la boule qui fait le bon joueur mais elle y contribue ! », paroles de présidents de club.

Mais revenons à la Métallurgie, les boules de pétanque normalisées sont en acier au carbone souvent associé au chrome et au molybdène (27CrMo4, S45C ...) ou en acier inoxydable martensitique (X17Cr13, X40Cr13, ...) ; il existe une vingtaine de nuances distinctes utilisées par les différents fabricants dont les compositions chimiques sont relativement confidentielles. Chaque acier est caractérisé par ses propriétés intrinsèques qui influent dans le comportement de la boule : résistance aux efforts (limite d'élasticité, résistance mécanique), dureté, résistance aux chocs (tenue à la flexion par choc), résistance à l'usure abrasive, résistance à la corrosion. C'est essentiellement la teneur en carbone et la gamme de traitements thermiques réalisés (austénitisation,



Figure 5 : Barres de diamètre 40mm Figure 6 : Lopins issus de pour la fabrication des boules. (Arrière l'opération de cisailage. [Cb plan: Presse utilisée pour réaliser les pyrénéens] coquilles). [Schoer]



Inerte Gaz).

Figure 8 : Illustration de deux hémisphères assemblées [Dupuy 2001].

Pour cette opération réalisée par des moyens de production classés dans la rubrique des procédés dit spéciaux,

il faudra réaliser une étude poussée pour assurer un assemblage de qualité en prenant en compte :

- Les paramètres électriques (intensité, tension, nature du courant (pulsé ou pas), vitesse d'avance et stick-out),
- Les paramètres associés au gaz de protection (nature du gaz (CO<sup>2</sup>), débit, diamètre de la buse),

Les paramètres liés au métal d'apport (nature, diamètre, teneur en hydrogène réduite),

- Les paramètres géométriques du chanfrein.

En fonction de la valeur calculée pour le carbone équivalent (C<sub>éq</sub>) qui dépend de la composition de l'acier sélectionné, il sera plus ou moins conseillé de préchauffer les coquilles avant soudage.

$$C_{éq} = C + (Mn/6) + ((Cr + Mo + V) / 5) + ((Ni + Cu) / 5)$$



avec une phase intermédiaire qui permettra d'obtenir une Figure 7 : Illustrations du procédé d'estampage – matricage. [Obut 14-15]

galette juste avant l'opération « d'ogivage » (boules de compétition).

En fonction du mode de mise en forme sélectionnée, il est clair que les caractéristiques mécaniques seront isotropes dans le cas des boules de compétition puisque le fibrage est répartie de façon homogène au niveau du semi-produit comme le montre la figure 7. Ce qui n'est pas le cas des boule « loisir » réalisé à partie d'un feuillard.

Les poinçons dans le cas de certaines boules de compétition peuvent être très complexes pour réaliser le relief de la surface interne de la boule. Dans la suite de l'article, nous poursuivrons la gamme de fabrication des boules de compétition. Après forgeage, l'épaisseur de la boule est de l'ordre de 8 mm et on peut réaliser un chanfrein pour améliorer la pénétration du métal lors de l'assemblage par soudage à l'arc (Opération non nécessaire par exemple dans le cas d'un soudage friction).

## 2 . Assemblage des coquilles

A ce stade, les deux hémisphères vont être assemblées par soudage à l'arc. On utilise très souvent des systèmes automatisés type M.A.G. (Métal Active Gaz) ou M.I.G. (Métal

Pour des carbones équivalents relativement bas (C<sub>éq</sub> < 0,3) et à condition que l'apport en énergie soit limité (< 60kJ/cm) et que le produit soit à une température supérieure à 15°C, il est possible d'effectuer l'opération de soudage à l'arc sans préchauffage. [ESAB]. Une fois l'opération réalisée,

il sera important de veiller que les opérations de mise en forme (forgeage et soudage) n'aient pas généré de défauts (fissuration, paille, retassure, défaut de pénétration...) que l'on retrouve très souvent après usinage ou traitement thermique. Cette opération peut également être réalisée par la technique du soudage sans métal d'apport comme le soudage friction (principaux paramètres sous contrôles : vitesse de rotation, pression d'accostage et pression de forgeage) ou le soudage L.A.S.E.R. CO<sub>2</sub> (paramètres sous contrôles : énergie de soudage (puissance et vitesse), diamètre du point focal, positionnement du point focal, gaz d'assistance (He pour les fortes pénétrations (> 2mm) ou N), l'alignement du faisceau sur le plan de joint).

Pour l'ensemble des techniques d'assemblage, la structure métallurgique est fortement hétérogène au niveau du cordon de soudure et dans les zones adjacentes que l'on nomme zone affectée thermiquement (Z.A.T.) :

- Structure brute de solidification au niveau du cordon de soudure,
- Possible décarburation,
- Formation de phases dures (pour les aciers faiblement alliés) telles la martensite ou la bainite principalement dans

le cas où le carbone est ségrégué. L'augmentation locale de la trempabilité (type veine de carbone ou structure en bandes) favorise la formation de ce type de phase hors équilibre.

L'ensemble des structures décrites après forgeage et après soudage (ségrégation du carbone, phases dures, présence de carbure) n'est pas propice en vue d'un usinage optimisé, il va falloir, par le biais d'un traitement thermique, modifier la structure pour améliorer l'usinabilité.

### 3. L'usinage

Pour pouvoir usiner correctement les boules de pétanque, il est possible à ce stade, de réaliser un recuit (chauffage de 30 à 35 minutes dans un four à 850°C) pour les boules en acier faiblement allié, et 960°C pour celles en acier inoxydable. Cette opération sera suivie d'un refroidissement lent et contrôlé.

L'utilisation de technologies sous vide ou à atmosphères contrôlées est indispensable, cela permettra d'éviter le phénomène de décarburation synonyme d'un abaissement de la quantité de carbone en surface et donc préjudiciable à l'obtention de la dureté souhaitée en vue d'une utilisation optimale. Ce traitement a pour objectif d'adoucir et d'homogénéiser la structure métallurgique afin d'améliorer grandement l'usinabilité des aciers : amélioration du rendement de coupe, de l'état de surface, de la précision dimensionnelle et réduction de l'usure des outils. Pour les aciers inoxydables martensitiques, le recuit d'adoucissement complet permettra une globulisation optimisée des carbures. Il sera ensuite pratiqué les opérations suivantes : le tournage (pour assurer une géométrie et un équilibrage de la boule), le striage (pas systématique) (Cf. figure 9), le poinçonnage et le marquage.



Figure 9 : Illustration des opérations de tournage et striage. [Cb pyrénéens]

### 4. Le traitement thermique de renforcement des caractéristiques mécaniques

L'objectif de cette étape est de fournir les caractéristiques mécaniques nécessaires à l'utilisation du produit (globalement  $R_m \in [1100 \text{ MPa} ; 1400 \text{ MPa}]$ ) en obtenant la phase métallurgique que l'on appelle la martensite, cette opération sera décomposée en 3 parties :

- L'austénitisation qui permet d'obtenir la phase cubique face centrée de l'acier (l'austénite) et la remise en solution des carbures (principalement pour les aciers inoxydables). Le chauffage s'effectue sous vide ou sous atmosphères contrôlées, pour les raisons déjà évoquées, à des températures proches de celles des recuits avant usinage,

- La trempe qui correspond à un refroidissement plus ou moins rapide (gaz, huile, eau + polymère) selon la trempabilité de l'acier est réalisée souvent unitairement pour les boules de haute qualité. A ce stade, le matériau s'est fortement durci grâce à la transformation de l'austénite en martensite mais cette phase est trop fragile pour être utilisée en état,

- Le revenu, qui se positionne juste après la trempe a pour objectif d'adoucir et de rendre plus tenace la structure martensitique brute de trempe en réchauffant le produit entre 260 à 450° C. Ce traitement permettra également de relaxer les contraintes résiduelles de traction associées à la trempe dans la masse. Concrètement sur le produit, ce traitement permettra de limiter les reculs lors des « tirs au fer » et les rebonds lors des pointés au moment du contact avec le terrain.

### 5. Finition, traitement de surface

Après traitement thermique, les boules en acier inoxydables martensitiques sont pratiquement prêtes à l'emploi, on réalisera juste un polissage de finition.

En revanche, pour les boules en acier faiblement allié, deux choix s'offrent aux pratiquants : le polissage / vernissage ou la réalisation d'un traitement de surface par voie chimique ou électrochimique (Cf. figure 10).



Figure 10 : Support en vue des traitements de surface. [Obut 14-15]

On retrouve un large choix de traitements de surface pour la protection face à la corrosion atmosphérique des boules de pétanque en acier au carbone : zingage, nickelage, nickel chimique et l'ensemble de la gamme des dépôts de chrome :

décoratif, mat, brillant ou noir, qui sont les plus utilisés. Nous rappelons qu'il est interdit d'utiliser des techniques telles que la plastification, la protection par peinture et l'émaillage. Prenons l'exemple du dépôt de chrome noir qui est un dépôt à vocation technique et décoratif, il peut être composé d'une ou plusieurs sous couches (Cu+Ni, Ni de Wood + Ni, Ni seul) avec une finition grasse ou sèche. Ce dépôt est obtenu par voie électrolytique en milieu acide ; de par son faible rendement cathodique, il ne peut être réalisé qu'en bain mort. L'épaisseur du chrome noir peut varier entre 0.2 et 0.8 µm pour un revêtement qui pourra atteindre 15 à 20µm d'épaisseur.

### 3 / CONCLUSIONS

Comme nous avons pu le constater, la boule de pétanque de compétition qui possède sa norme NF fortement inspirée du cahier des charges très précis de la Fédération Française de Pétanque et Jeu Provençal (matière, dureté, équilibrage, poids, diamètre, marquage règlementaire, ...) est un produit très technique avec une vingtaine d'opérations de fabrication (mise en forme, soudage, traitements thermiques, usinage, traitements de surface). A l'image d'une gamme de fabrication d'un organe de boîtes de vitesses ou d'un élément de transmission pour l'automobile, on retrouve de nombreuses opérations réalisées par des procédés dits spéciaux. A cela, on peut ajouter la difficulté de taille associée à la préhension du produit sphérique pour chaque étape de la gamme.

Le produit doit satisfaire à de nombreuses exigences qualité qui seront validées par des tests (test du rebond, le test de l'encaissement de coups) et des contrôles (de la dureté, de l'équilibrage (passage au marbre), du diamètre, du poids, ...).

C'est pour l'ensemble de ces raisons que les fabricants de boules de pétanque sont sans cesse tournés vers l'innovation et les hautes technologies pour améliorer la qualité et les performances de leurs produits avec comme dernier exemple en date la boule à « rebond contrôlé » qui grâce à un traitement thermique approprié et une nuance adaptée permet d'atténuer l'effet de résonance interne du produit. [Obut 14-15] A cela on peut ajouter l'innovation associée à la modification de la morphologie de la surface interne de la boule.

Nous aurions également pu parler des spécificités de la « boule lyonnaise » beaucoup plus grosse en cupro-aluminium (souvent dénommé : bronze alu) qui est élaborée par fonderie à l'aide d'un noyau sable. Peut-être l'occasion d'un prochain article, en attendant bonne partie !

### Bibliographie

[Betton 1990] O. Betton, «Les aciers inoxydables martensitiques », issu du recueil les aciers inoxydables de Lacombe, Baroux et Beranger, Édition 1990.

[Cb Monaco] <http://cbmonaco.online.fr>

[Cdc Fédé] Cahier des charges : "conditions requises pour l'homologation de boules de pétanque de compétition fédération internationale de pétanque et jeu provençal".

[dupuy 2001] André Dupuy, « la boule de pétanque », la forge n°44, avril 2001.

[esab] « guide de la réparation et maintenance par soudage », de chez esab, 2<sup>ème</sup> édition.

[obut 14-15] catalogue Obut® pétanque everywhere collections 2014 et 2015.

[cb pyrénéens] <http://petanquepyrenees.or.free.fr/boule/boule.htm>

[schoer] <http://www.cad-schroer.fr>

