

Laboratoire agréé CIR par le Ministère de la Recherche

Stéphane BOUCHOT

Thierry HUGUES

230 rue d'Alger, BP 189
59054 ROUBAIX Cedex
Tel./Fax : 03 20 80 99 06
e-mail : bouchot.stephane@adinov.fr

A l'attention de :

POWER SYSTEM

Monsieur VANDENHENDE

Directeur & Responsable Technique

Acticlub N°1, Z.I. de la Pilaterie
1 rue des Champs, Bat G

59290 WASQUEHAL

Roubaix, le 11/04/2011

Test de vieillissement de durites pour carburants dans SP98 et E85

Vous nous avez demandé d'évaluer et de comparer la tenue dans le temps de différentes durites pour carburants vis à vis de SP98 et de E85.

Nous avons procédé à un test de vieillissement accéléré des durites dans ces carburants chauffés à 65 °C pendant 60 jours, ce qui équivaut à une durée d'utilisation d'environ 30 mois à 20°C.

Nous avons étudié en parallèle un échantillon polymère Viton, connu pour sa résistance aux hydrocarbures.

Au terme du test de vieillissement, il apparaît que les deux carburants SP98 et E85 ont incontestablement des effets sur les durites, faisant baisser leurs caractéristiques mécaniques initiales. Toutefois les deux carburants SP98 et E85 provoquent sur les deux matériaux étudiés, des effets globalement relativement proches, les résultats étant même souvent à l'avantage du E85.

Les deux durites étudiées, ont montré des comportements relativement contrastés, du fait de leur conception. Elles ne sont pas conçues et fabriquées de manière identique. Toutefois leurs polymères contiennent vraisemblablement des charges dans les deux cas :

- La durite de marque Wurth est constituée de deux couches polymères distinctes "thermocollées" entre elles et de nature différente. Elle est renforcée par une trame, probablement de fibre de verre à l'interface. Le fabricant ne recommande pas l'utilisation de son produit avec le E85.
- La durite Renault paraît constituée d'une seule couche polymère, même si on peut soupçonner des gradients de charges dans sa composition.

On remarque que la durite Wurth est davantage impactée par les deux carburants SP98 et E85, sans doute à cause de sa fabrication en double couche. Le polymère extérieur est conçu pour donner une grande élasticité à la durite, mais pas pour être mis au contact de carburant, ce qui se traduit par une pénétration de carburant dans ce polymère extérieur et à son interface.

L'éprouvette de marque Renault, présente dans l'ensemble des propriétés mécaniques supérieures à celle de marque Wurth, sans doute grâce à la plus grande épaisseur du polymère conçu pour être au contact du carburant, par rapport à l'éprouvette Wurth.

Il convient toutefois de remarquer que la durite pour carburant de marque Renault semble subir la perte d'une partie de ses charges avec le E85, alors que le phénomène n'est pas détectable avec le SP98. (observation de traces blanches importantes sur l'éprouvette et trouble observé sur le carburant E85, avant une sédimentation). Les conditions de cette étude, simulant une utilisation sur environ 30 mois, cela n'induit pas une modification notable des propriétés mécaniques de la durite Renault immergée dans le E85 ou le SP98.

Les conséquences sur une période supérieure à 30 mois, de ce phénomène de migration observé sur la durite pour carburant Renault avec le E85, ne peuvent pas être préjugées. Toutefois la présence de ces charges pourrait être gênante pour le circuit de carburant ou les filtres dans le moteur.

La durite pour carburant de marque Wurth ne semble pas autant affectée par ce phénomène de migration avec le E85.

Il apparaît en conclusion générale que le choix initial d'une durite pour carburant de bonne qualité, dans ses qualités et sa conception, est important pour une compatibilité optimale avec les deux carburants SP98 et E85, mais que le passage de l'un à l'autre n'est pas en soi un problème.

Nous vous souhaitons bonne réception de ce rapport et dans l'attente de votre avis, nous vous prions Monsieur, de recevoir nos plus cordiales salutations.



Stéphane BOUCHOT



P.O.:

Thierry HUGUES

I. INTRODUCTION	4
II. PRÉSENTATION MATÉRIAUX & CARBURANTS	4
A. Présentation des matériaux	4
1. Durite Wurth	4
2. Durite Renault	4
3. Polymère Viton	4
B. Présentation des carburants.....	4
III. FABRICATION HALTÈRES NORMALISÉES	5
A. Découpoir iso 37.....	5
B. Découpe polymère Viton	5
C. Découpe durites	5
IV. TEST DE VIEILLISSEMENT CARBURANT	5
A. Conditions expérimentales	5
1. Conditions du bain.....	5
2. Préparation des haltères	5
3. Fin du test de vieillissement	5
V. EXAMEN DE LA COLORATION DES CARBURANTS.....	6
A. Phénomènes de migration.....	7
1. Cas de la durite Renault.....	7
2. Cas de la durite Wurth.....	9
VI. TESTS MÉCANIQUES	10
A. Conditions expérimentales	10
B. Courbes de Traction	11
1. Présentation	11
2. Résultats durite Wurth.....	11
3. Résultats durite Renault.....	11
4. Résultats Viton	11
5. Bilan	11
C. Exploitation des calculs	11
1. Force maximale	12
2. Déformation à la force maximale.....	12
3. % allongement à la force maximale	13
4. Module de Young (ou d'élasticité)	13
VII. RÉSULTATS	14
VIII. DOCUMENTS JOINTS.....	14

Tests Vieillessement de Durites dans carburants SP98 et E85

I. INTRODUCTION

Nous devons tester la tenue et la résistance de différents tuyaux durites vis à vis des carburants E85 et SP98. Pour cela, nous simulons un vieillissement accéléré, par immersion pendant 60 jours des durites dans des bouchons verre fermés par un joint Viton et contenant les carburants portés à une température supérieure à 65°C.

II. PRÉSENTATION MATÉRIAUX & CARBURANTS

A. Présentation des matériaux

1. Durite pour carburant Wurth

Le fabricant de la durite Wurth nous a confirmé par courriel, que son produit n'était pas considéré comme compatible avec le carburant E85.

Cette durite de référence Wurth/DF din 73379 -1-7,5x13,5-2A-06/08 - >NBR/CR< est constituée de deux couches de nature polymères différentes et liées.

Le sigle NBR indique un élastomère copolymère butadiène et acrylonitrile (face intérieure de la durite)

Le sigle CR indique un polymère Chloroprène (face extérieure de la durite)

On remarque une trame type fibre de verre multibrins à l'interface des deux couches polymère. Les deux polymères sont noirs, la fibre de verre blanche.

Le diamètre extérieur de la Durite est de 13,5 mm, le diamètre intérieur de 7,5 mm, et donc l'épaisseur de la durite est de 3 mm. On peut estimer l'épaisseur du polymère constituant l'enveloppe extérieure de la durite à environ 1 mm.

2. Durite pour carburant Renault

Vous nous avez fourni une durite Renault (code interne pièces détachées Renault 7701033228), de référence BN 12RS <164> 17/11/08 qui apparaît constituée d'un seul matériau homogène caoutchouteux noir.

Le diamètre extérieure de la durite est de 12 mm, le diamètre intérieur de 4 mm, et donc l'épaisseur de la durite de 4 mm. La nature du polymère n'est pas précisément déterminée (butadiène nitrile?).

3. Polymère Viton

Nous étudions également pour comparaison un polymère Viton, polymère en plaque de 3 mm d'épaisseur. Ce polymère fluoré caoutchouteux est résistant aux hydrocarbures.

B. Présentation des carburants

Nous avons acheté les carburants SP98 et E85, dans une station d'hypermarché Carrefour, fin décembre 2010.

III. FABRICATION HALTÈRES NORMALISÉES

A. Découpoir iso 37

Les éprouvettes haltères normalisées sont découpées à l'aide d'un découpoir emporte-pièce normalisé de type 2. La longueur totale des éprouvettes est de 75 mm, la longueur de la partie étroite est de 25 mm, et sa largeur de 4 mm.

B. Découpe polymère Viton

la découpe de la plaque polymère Viton ne pose aucun problème particulier.

C. Découpe durites

La durite est découpée au cutter dans sa longueur, puis pressée modérément avant d'appliquer l'emporte pièce, afin de minimiser l'influence du rayon de courbure du matériau lors de la découpe de l'haltère. Nous découpons 15 éprouvettes haltères dans chacune des durites.

IV. TEST DE VIEILLISSEMENT CARBURANT

A. Conditions expérimentales

1. Conditions du bain

Les bocal contenant les éprouvettes haltères immergés dans les carburants sont placés dans un bain thermostaté à 65 °C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) pendant 60 jours.

2. Préparation des haltères

Les différentes haltères sont pesées et mesurées avant d'être placées dans les bocal respectifs contenant les carburants. Nous avons donc au total 6 bocal :

- 5 haltères Wurth dans SP98
- 5 haltères Wurth dans E85
- 5 haltères Renault dans SP98
- 5 haltères Renault dans E85
- 2 haltères Viton dans SP98
- 2 haltères Viton dans E85

3. Fin du test de vieillissement

Au bout de 60 jours de vieillissement, les éprouvettes sont essuyées, mesurées et pesées afin de déterminer une éventuelle variation de dimension.

Il n'a pas été observé de déformation particulières des haltères, mais la pesée indique bien un gonflement du polymère par les différents hydrocarbures. (cf figure 1). Le gonflement pouvant aller jusqu'à 20,5 % en poids dans le cas de la durite Wurth dans le SP98.

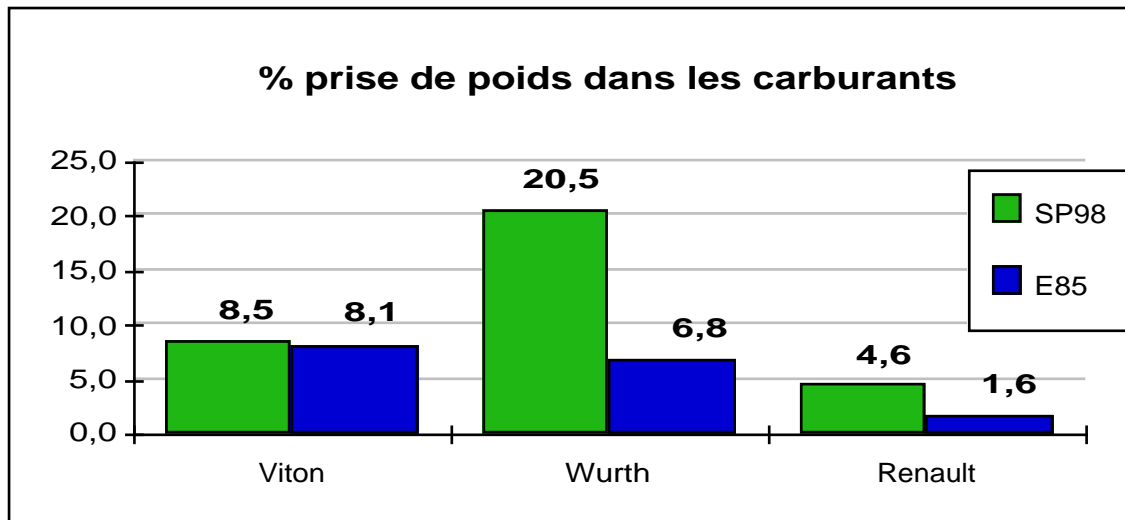


figure 1 : Prise de poids des éprouvettes dans les carburants SP98 & E85.

Globalement, les durites absorbent beaucoup plus de SP98 que de E85 (environ facteur 3). La durite pour carburant Wurth absorbe beaucoup plus de carburant que la durite pour carburant Renault. Le polymère extérieur de la durite Wurth semble être responsable de la prise de poids importante dans les deux carburants.

L'examen des éprouvettes Wurth immergées dans le SP98, montre que l'interface liant les deux couches polymères de la durite est fragilisée, la fibre de verre pouvant favoriser par capillarité l'infiltration de carburant, ce phénomène étant accentué par la morphologie en canaux à l'interface favorisant la stagnation du carburant.

V. EXAMEN DE LA COLORATION DES CARBURANTS

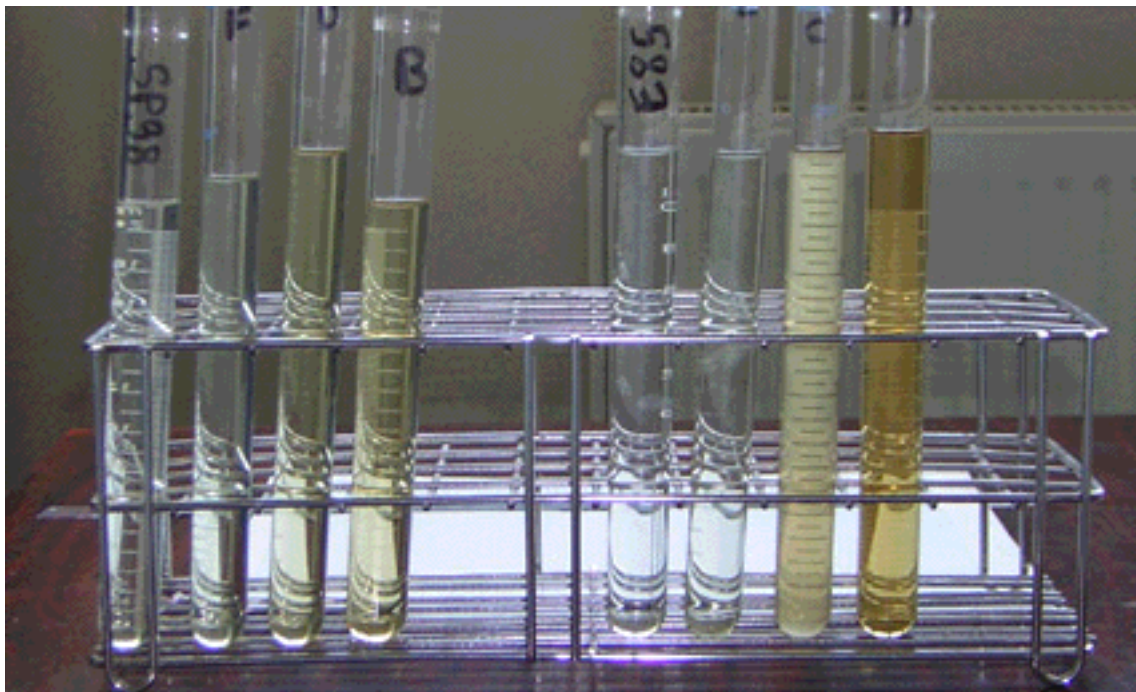


Photo 1: coloration des carburants en fin de test

La photo 1 montre l'évolution de la coloration du carburant suite au test de vieillissement des différents polymères immergés à chaud pendant 60 jours.

Les quatre tubes à gauche concernent le carburant SP98.

- le tube contenant le carburant SP98 neuf est quasi incolore : (jaune pale)
- Le tube F contenait Viton dans SP98 : il est (jaune pale +)
- Le tube D contenait durites Renault dans SP98 : il est (jaune)
- Le tube B contenait durites Wurth dans SP98 : il est (jaune +)

Les quatre tubes de droite concernent le carburant E85.

- le tube contenant le carburant E85 neuf est incolore.
- le tube E contenait Viton dans E85 : il est quasi incolore : (jaune pale -)
- le tube C contenait les durites Renault dans E85 : il est (jaune++) et léger trouble.
- Le tube B contenait les durites Wurth dans E85 : il est (jaune +++)

Le polymère Viton est celui qui colore le moins les deux carburants.

La durite pour carburant Wurth est celle qui colore le plus les deux carburants, sans doute à cause du polymère extérieur, conçu pour donner de l'élasticité à la durite, mais pas particulièrement pour résister au carburant.

A. Phénomènes de migration

1. Cas de la durite Renault

Des phénomènes de migration de charges sont observés entre la durite pour carburant Renault et le carburant E85. En effet, sans parler de la coloration après vieillissement, on observe que le carburant n'est plus limpide mais trouble (photo 1).

La durite pour carburant Renault colore peu le carburant SP98, mais il semble que dans le carburant E85, il y a un phénomène de migration de charges du polymère vers le carburant, ce qui entraîne une coloration blanchâtre (photos 2 & 3) et un aspect trouble du carburant. Avec le temps, les charges sédimentent. Cette hypothèse de migration est confirmée par l'aspect visuel des haltères ci dessous :

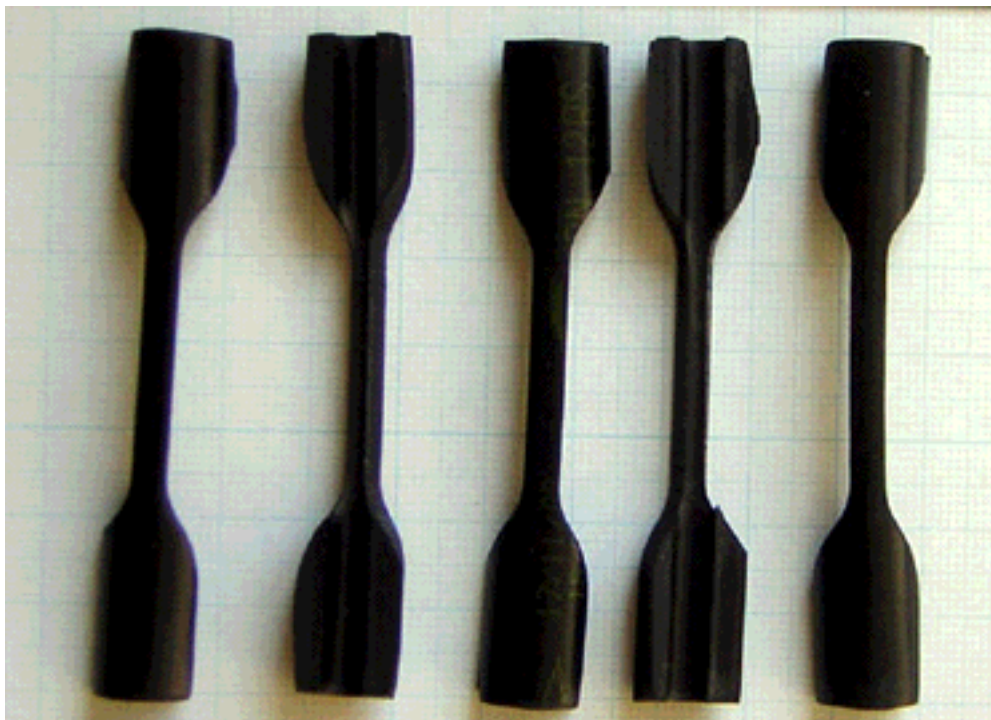


Photo 2: Éprouvettes Durite Renault neuves : faces extérieures et intérieures noires.



photo 3 :Éprouvettes Durite Renault après immersion E85

On observe des traces blanches très prononcées sur la face intérieure de l'altère (1-3-5) et pas sur la face extérieure de l'altère (2-4)



photo 4 : Éprouvettes Durite Renault après immersion dans SP98

On observe les faces extérieures et intérieures noires. Pas de traces blanches.

La durite Renault semble subir une migration de ses charges au contact avec le E85, alors que le phénomène n'est pas observable avec le SP98. L'éthanol du carburant en est certainement la cause. Toutefois il est difficile de déterminer si cette migration intervient au niveau de l'ensemble de la surface intérieure de la durite (qui reste lisse malgré la présence des traces blanches) ou intervient au niveau de la tranche découpée de l'éprouvette (l'examen à la loupe binoculaire montre que la structure interne de la durite est relativement poreuse). En tout état de cause la migration de charges n'est observée que sur la face intérieure de la durite et pas sur la face extérieure.

2. Cas de la durite Wurth

La durite Wurth immergée dans le E85 montre de légères traces blanches éparées uniquement sur la tranche découpée, mais les faces extérieures et intérieures de l'haltère sont restées noires. (comparaison des photos 5 et 6)

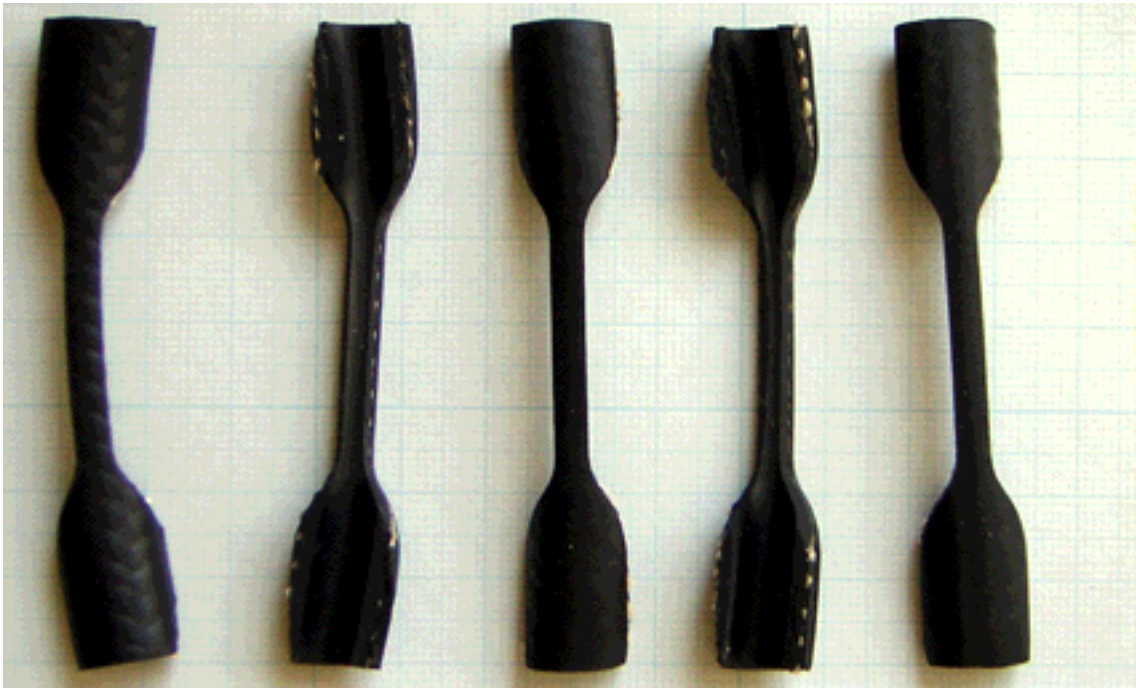


Photo 5 : Durite Wurth neuves

On observe les faces extérieures et intérieures noires, visualisation de la fibre de verre intermédiaire sur la tranche découpée de l'haltère.



photo 6 : Éprouvettes Wurth après immersion dans le E85

Quelques légères traces blanches (par points) sont observées sur la tranche découpée.

La durite Wurth ne semble pas subir une migration importante de charges dans le SP98 ou le E85, même si la couche externe de la durite résiste mal aux carburants (gonflement).

VI. TESTS MÉCANIQUES

A. Conditions expérimentales

Nous procédons à un contrôle destructif des matériaux étudiés. Pour étudier les phénomènes de traction, on soumet à un effort croissant de traction une éprouvette de forme et de dimensions connues.

Les tests de traction sont réalisés sur une machine de traction Lloyd, équipée d'un capteur de force allant jusqu'à 2500N. La méthode logicielle d'exploitation Nexygen retenue est "pull to break", traction jusqu'à la rupture, qui déforme une éprouvette jusqu'à sa rupture, en mesurant la force nécessaire et la déformation à laquelle apparaît la rupture. Les côtes de l'éprouvettes étant connues, on peut calculer la contrainte et le pourcentage d'allongement. La vitesse de déplacement normalisée pour ce test est de 500 mm/ min.

Les résultats sur des différentes éprouvettes haltères sont validés et exploités dans les calculs dans la mesure où ils sont conformes à l'ensemble du lot (calcul de l'écart type et des valeurs moyennes et médianes).

Les haltères sont testées sur la machine de traction, après avoir été essuyées, dans un délai inférieur à 3 minutes après la sortie du bocal carburant : ainsi les mesures mécaniques prennent en compte l'éventuelle présence de volatils hydrocarbures carburant dans le polymère.

B. Courbes de Traction

Des exemples de courbes de rupture des différentes éprouvettes haltères sont données en annexe. Tous les échantillons ont présenté des courbes reproductibles.

1. Présentation

Au début de l'expérience, la déformation croît proportionnellement à l'effort exercé. Si l'on cesse alors de faire agir l'effort, l'éprouvette reprend sa longueur initiale. Nous sommes dans la "période élastique" du matériau. Au delà d'une certaine valeur de la charge, variable selon le polymère étudié, la déformation cesse d'être proportionnelle à l'effort. Si l'on fait cesser l'effort, l'éprouvette ne reprend pas sa forme initiale, elle garde un certain allongement permanent. Nous avons quitté le domaine viscoélastique pour le domaine plastique du matériau. En continuant à augmenter l'effort, on constate un amincissement sur l'éprouvette. Ce phénomène s'appelle la striction. Cet amincissement s'accroît alors encore, bien que l'effort diminue, puis brusquement l'éprouvette se rompt.

2. Résultats durite Wurth

On remarque que la rupture de durite Wurth se produit quelquefois en deux temps : délamination préalable de l'interface entre les deux couches polymère, suivie de la rupture du polymère intérieur de la durite peu élastique à une force élevée (env 110N sur neuve), puis rupture du polymère extérieur de la durite plus élastique à une force plus faible (env 50N sur neuve)

3. Résultats durite Renault

Les courbes de traction jusqu'à la rupture de la durite Renault se produisent dans tous les cas à des niveaux de forces plus élevées que pour la durite Wurth. Même en tenant compte de la différence d'épaisseur entre les deux durites, la durite Renault semble présenter des propriétés mécaniques plus importantes que la durite Wurth.

4. Résultats Viton

Les haltères en Viton subissent également une baisse de leurs propriétés mécaniques suite à l'immersion dans les carburants. On remarque toutefois une grande similitude de résultats entre les haltères immergées dans le SP98 ou le E85.

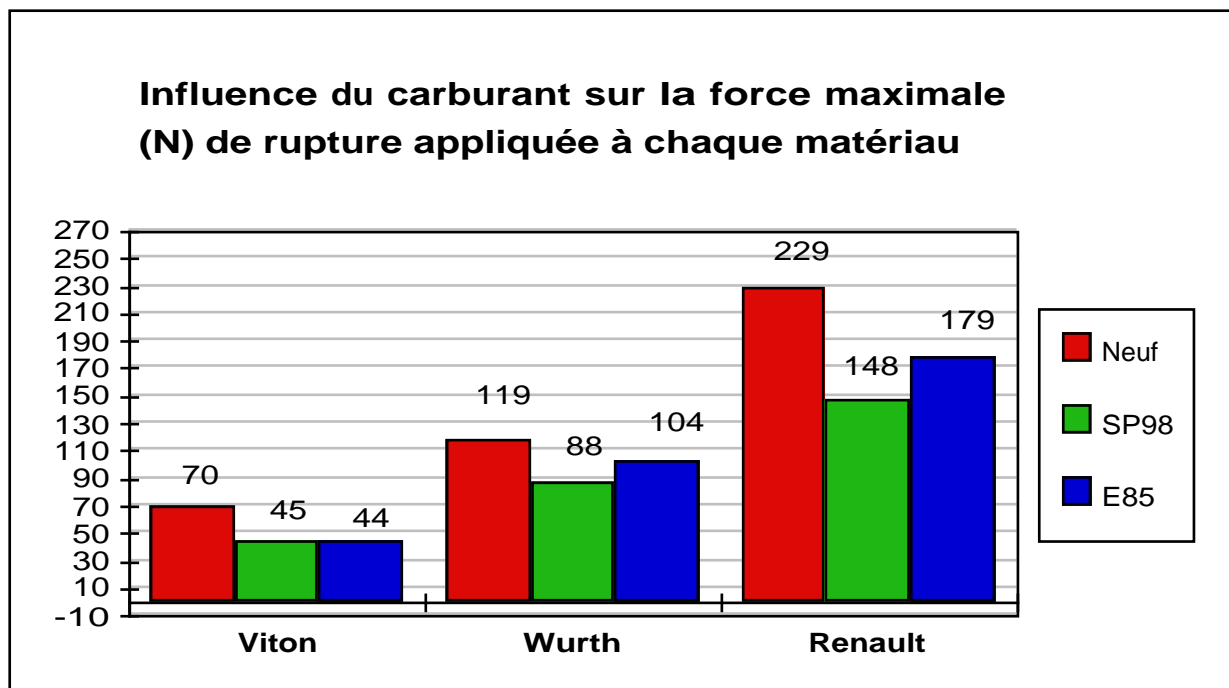
5. Bilan

Dans tous les cas, l'immersion des durites dans les carburants provoque une baisse des forces nécessaires à la rupture. On observe peu de différences significatives sur les propriétés mécaniques entre les durites immergées dans le SP98, et celles immergées dans le E85.

C. Exploitation des calculs

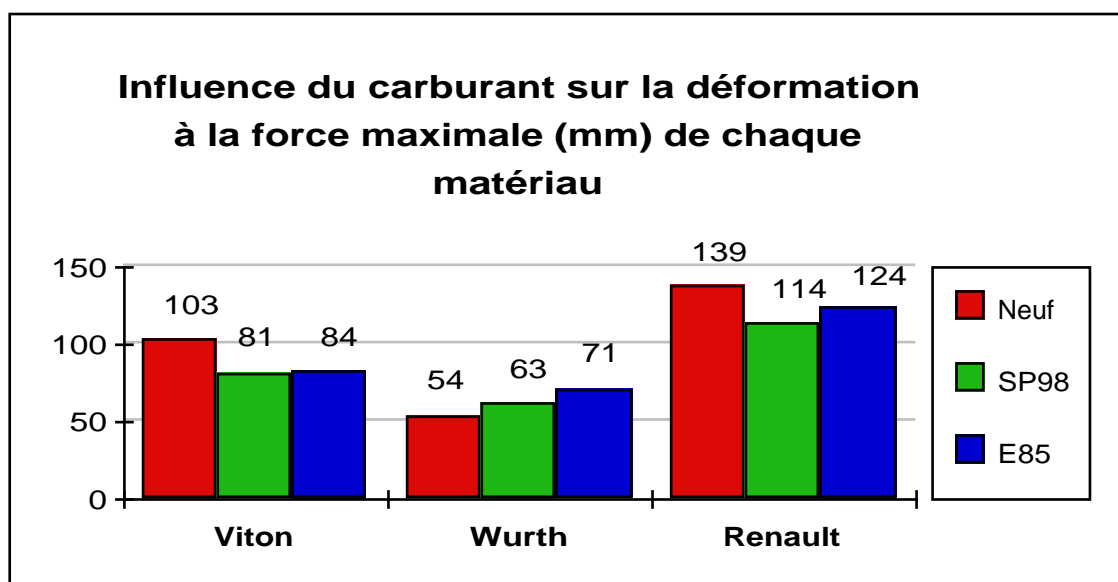
Les principales propriétés physiques recueillies lors du test de traction sont regroupés sous forme d'histogrammes dans les figures suivantes. Les valeurs numériques sont regroupées en annexes.

1. Force maximale



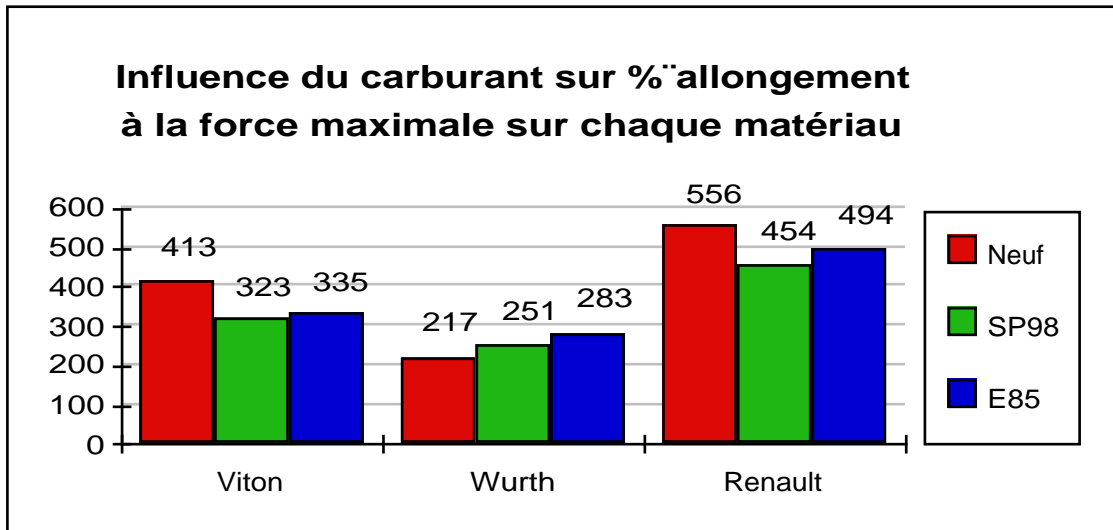
Sur les deux durites, on constate une chute de la force max de rupture plus faible avec le E85 qu'avec le SP98. (une chute de 26,5 % et 35,4 % pour le SP98, contre une chute de 12,9% et 21,9% pour le E85). La durite Renault présente des performances bien supérieures à la durite Wurth, sans doute à cause de son épaisseur plus importante. (rappel un tiers de l'épaisseur de la durite Wurth est constitué par la couche externe plus élastique).

2. Déformation à la force maximale



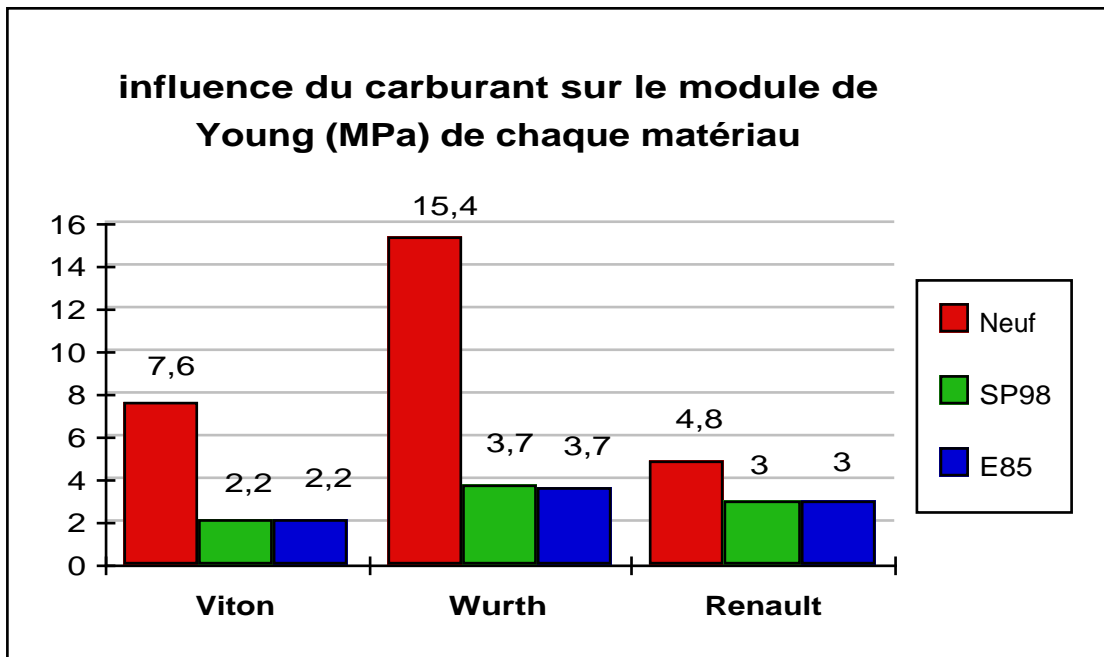
On observe ici une différence flagrante entre la durite Wurth et la durite Renault. En effet sur la durite Wurth, les deux carburants provoquent une augmentation de la déformation à la force maximale (entre 16,7% et 31,5%), alors que sur la durite Renault (ainsi que l'éprouvette Viton), les deux carburants provoquent une baisse comprise entre 10,7% et 18%. Ceci s'explique certainement par l'infiltration de carburant dans la membrane extérieure ou à son interface, de la durite Wurth.

3. % allongement à la force maximale



Ici aussi on observe une différence de comportement entre la durite Wurth, dont le % d'allongement augmente de 17% à 30% et la durite Renault dont le % d'allongement baisse de -11% à -18%. La cause en est similaire : absorption de carburant dans le polymère externe élastique de la durite Wurth. Il est difficile d'évaluer les différences entre le E85 et le SP 98 : dans le cas de la durite Wurth, le SP98 accentue l'augmentation d'allongement, alors que pour la durite Renault, le SP98 accentue la baisse d'allongement.

4. Module de Young (ou d'élasticité)



Le module de Young (ou d'élasticité) est le rapport de la charge à l'allongement dans le domaine viscoélastique. Il est à remarquer sur la durite Wurth, une valeur très élevée initiale et une chute spectaculaire (- 76%) du module de Young avec les deux carburants : cela est sans doute lié à la structure double couche de la durite, le polymère extérieur n'étant pas du tout résistant aux deux carburants, mais conçu pour donner de la souplesse à la durite.

Les deux carburants ont sensiblement le même impact sur la diminution du module de Young avec les deux durites étudiées. La chute observée pour la durite Renault est tout de même de l'ordre de - 37%; La chute du module de Young traduit une baisse de la ténacité du matériau.

VII. RÉSULTATS

Les deux carburants SP98 et E85 ont des influences assez proches sur les variations de propriétés mécaniques des deux durites étudiées après le test de vieillissement.

On remarque toutefois que la fabrication en double couche de la durite Wurth est davantage impactée par les deux carburants, car le polymère extérieur n'est pas conçu pour être mis au contact de carburant.

Par rapport à l'éprouvette de marque Wurth, L'éprouvette de marque Renault, sans doute à cause l'épaisseur supérieure de la couche du polymère au contact du carburant, présente dans l'ensemble des propriétés mécaniques supérieures.

Il convient toutefois de remarquer que la durite de marque Renault semble subir une perte de ses charges avec le carburant E85, alors que le phénomène n'est pas détectable avec le SP98. (observation de traces blanches importantes sur l'éprouvette et trouble observé sur la carburant E85). Dans les conditions de cette étude, simulant une utilisation sur 30 mois, cela ne se traduit pas par une modification notable des propriétés mécaniques de la durite Renault immergée dans le E85 ou le SP98.

VIII. DOCUMENTS JOINTS

Courbes de traction des différents matériaux.

- annexes 1 à 3 : courbes de traction durite Renault
- annexes 4 à 6 : courbes de traction durite Wurth
- annexes 7 à 9 : courbes de traction Viton

Tableaux des valeurs numériques.

- annexe 10 : synthèse prises de poids dans les carburants
- annexe 11 : synthèse des principaux tests mécaniques
- annexe 12 : synthèse des tests mécaniques complémentaires
- annexes 13 à 15 : ensemble des données numériques haltères Wurth
- annexes 16 à 17 : ensemble des données numériques haltères Renault
- annexes 18 à 19 : ensemble des données numériques haltères Viton