

Boîte de vitesses de compétition

Ressources à disposition du candidat :

- Dessin d'ensemble avec nomenclature
- Énoncé du sujet
- Maquette .3DXML
- Diaporama de présentation.

En cas de problème technique, le sujet pourra être traité sans le diaporama de présentation, uniquement à partir d'une version papier noir et blanc.

Mise en situation :

Temps conseillé pour la lecture du sujet et du diaporama : 10 min



Figure 1: train arrière d'un véhicule de compétition

Les véhicules de course sont équipés de boîtes de vitesses séquentielles adaptées aux exigences de la compétition. Parmi les accessoires de la boîte, le différentiel à glissement limité permet d'améliorer la motricité du véhicule en condition d'adhérence difficile. Son utilisation nécessite des réglages qui ne sont plus accessibles pendant la course, notamment si les conditions changent. Des fabricants se tournent donc vers une solution électronique de manière à garantir les meilleures performances en toute situation.

Problématique :

L'entreprise conçoit et fabrique des transmissions automobiles destinées à la compétition. Elle développe plus particulièrement des boîtes de vitesses s'adaptant à tout type de véhicule (rallye, course sur piste,...). La boîte de vitesses étudiée est associée à un différentiel à glissement limité.

Le bureau d'études a en charge d'adapter un différentiel à glissement limité électronique de manière à :

- augmenter le couple et la puissance transmissibles en toute situation ;
- garantir une bonne motricité même en cas de perte partielle d'adhérence.

Déroulement de l'épreuve :

Pour structurer la démarche, il vous est conseillé de suivre ces étapes :

Partie 1 : Analyse du système mécanique.

Partie 2 : Modélisation du différentiel pour exprimer le couple transmissible aux roues. En fin de partie 2 (question 2-3), vous donnerez votre avis sur les évolutions proposées.

Partie 3 : Études pour l'intégration des modifications.

Les parties 1 et 2 sont à préparer pendant la phase de préparation. La partie 3 sera fournie par l'interrogateur et traitée pendant l'interrogation.

Partie 1 : Analyse du système mécanique.

Temps de préparation conseillé : 20 min

1-1 FONCTIONNEMENT EXTERNE ET MISE EN ŒUVRE

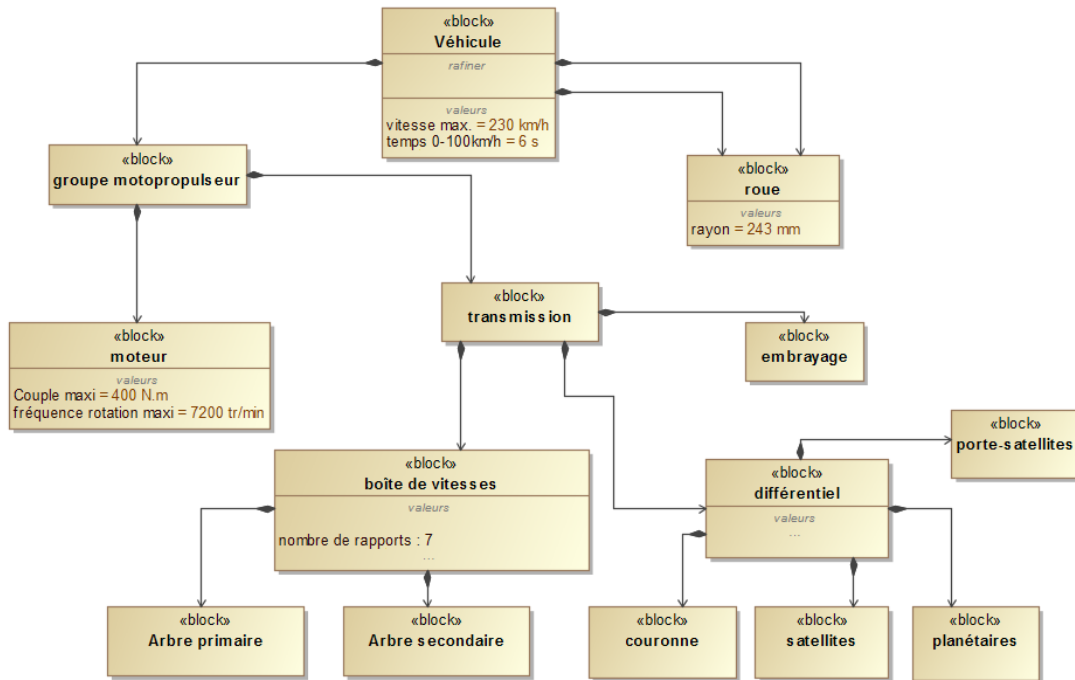


Figure 2 : diagramme de définition de blocs partiel du véhicule

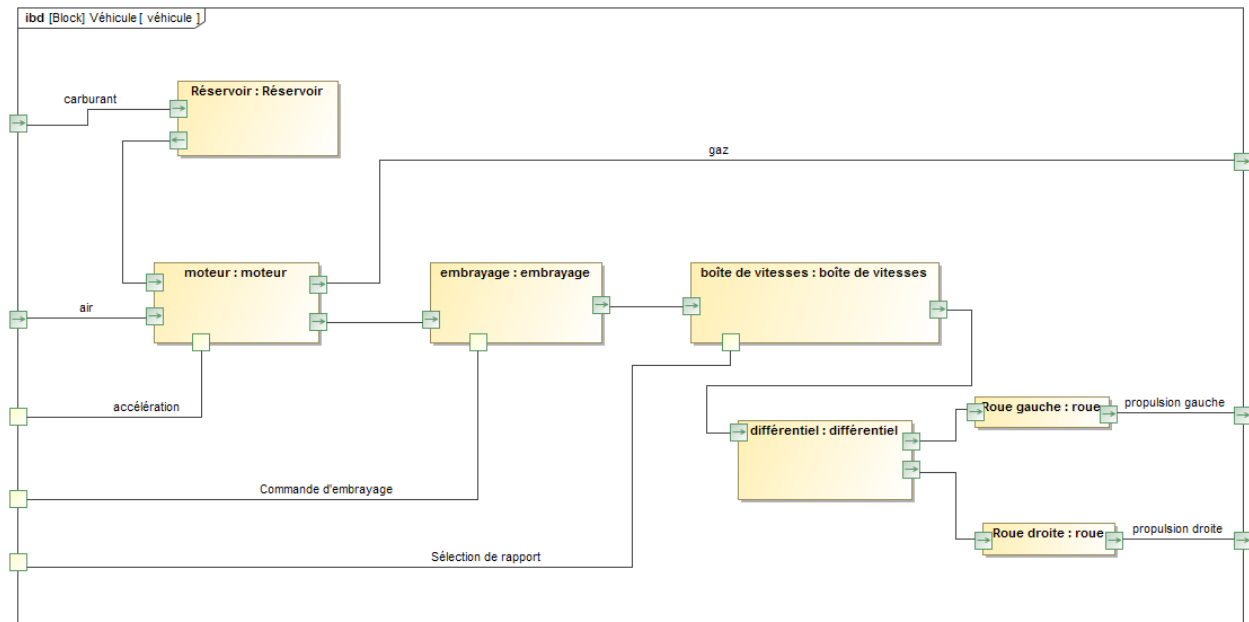


Figure 3 : diagramme de bloc interne du véhicule

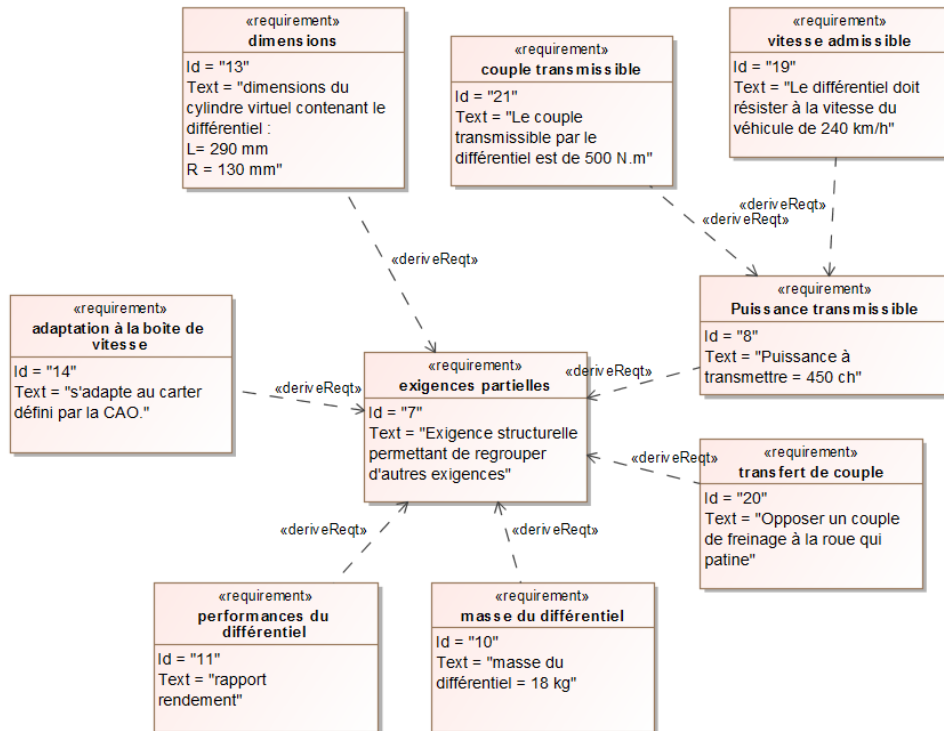


Figure 4 : diagramme des exigences du différentiel

1.1.a

A partir de la Figure 4, présenter les performances auxquelles répond le bloc différentiel.

1.1.b

Le plan étant limité à la boîte de vitesses et au différentiel, localiser les différents blocs du diagramme de définition de bloc présents sur le plan d'ensemble.

A partir du diagramme de bloc interne et du plan d'ensemble, décrire les flux matière, énergie, informations.

1-2 ANALYSE DE SOLUTIONS TECHNIQUES ET ÉVALUATION DU COMPORTEMENT TECHNOLOGIQUE

Pour chacune des liaisons ou des composants suivants, analyser (le type de liaison, l'architecture, les conditions fonctionnelles), justifier et critiquer la solution technologique retenue :

1.2.a

Liaison entre le sous-ensemble cage {56,57;...} et le sous-ensemble carter {1;3;...}

Liaisons entre le sous-ensemble carter {1;3;...} et les éléments 65.

1.2.b

Liaisons entre le sous-ensemble cage {56,57;...} et les noix 63.

Liaison entre le sous-ensemble les noix 63 et les satellites 59.

1-3 ANALYSE DE FONCTIONNEMENT ET DE COMPORTEMENT INTERNE

Lors de la transmission de puissance, le satellite 59 écarte les noix générant un effort presseur sur les disques et contre-disques comme le montre la Figure 6.

1.3.a

Décrire le fonctionnement interne du différentiel visible coupe A-A dans les 2 cas suivants :

- le véhicule est en ligne droite, les roues sont en parfaite condition d'adhérence ;
- le véhicule est en virage, les roues sont en parfaite condition d'adhérence.

1.3.b

Décrire le fonctionnement du différentiel à glissement limité en ligne droite lorsqu'une des deux roues patine en vous aidant de la Figure 5.

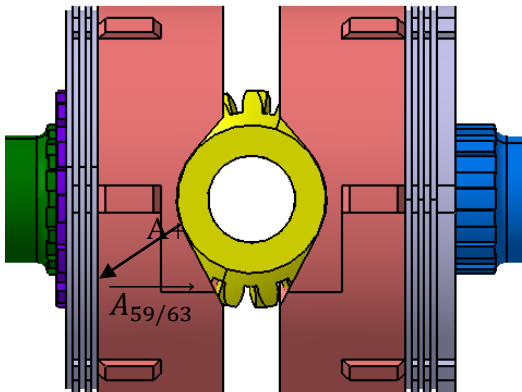


Figure 6 : action du satellite sur la noix

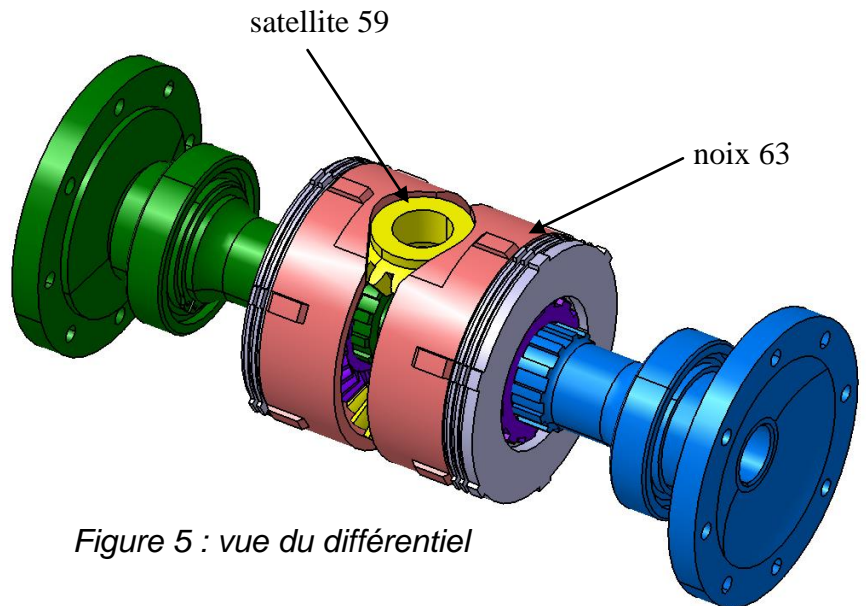


Figure 5 : vue du différentiel

Partie 2 : Modélisation

Temps de préparation conseillé : 20 min

Dans cette partie on propose d'étudier le couple transmis aux roues dans 2 cas :

cas 1 : le différentiel à glissement limité est inactivé, il se comporte donc en différentiel classique.

cas 2 : le différentiel est activé dans le cas d'un manque d'adhérence d'une des roues. L'effort presseur N pousse la noix 63 vers la gauche, plaque en conséquence les disques et contre-disques les uns contre les autres. Cet effort est supposé connu. Il se passe par symétrie la même chose sur la droite du différentiel.

2-1

On se place dans le cas 1.

Proposer un modèle paramétré en explicitant les hypothèses pour déterminer la relation qui lie les couples de chacune des roues au couple venant de l'arbre secondaire de la boîte de vitesses. Pour cela s'appuyer sur les résultats de la partie 1.3.

2-2

Déterminer cette relation et en déduire la limite d'utilisation d'un différentiel classique.

2-3

On se place dans le cas 2.

Grâce aux réponses apportées aux questions précédentes, déterminer alors la relation qui relie le couple de freinage imposé à la roue qui patine et le couple récupéré par la roue qui adhère. Conclure quant à l'intérêt de piloter l'effort normal N en fonction des conditions de course.

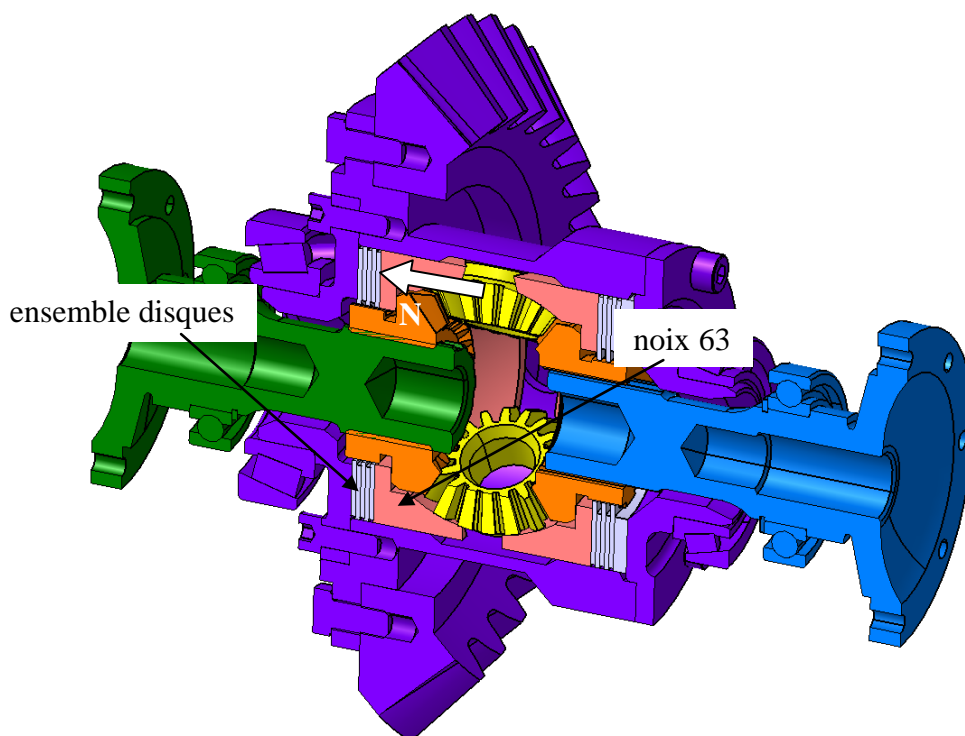


Figure 7 : écorché du différentiel

Partie 3 : Intégration du différentiel piloté

L'intégration d'un différentiel à glissement limité est une solution répandue dans le milieu de la compétition. Toutefois, ce type de différentiel a l'inconvénient de freiner / bloquer la roue qui tourne le plus rapidement quelques soient les conditions de course, y compris en virage. Ceci provoque un comportement sous-vireur du véhicule (le véhicule a tendance à aller tout droit). Pour pallier à cet inconvénient, il a été décidé de développer un différentiel à glissement piloté par électronique.

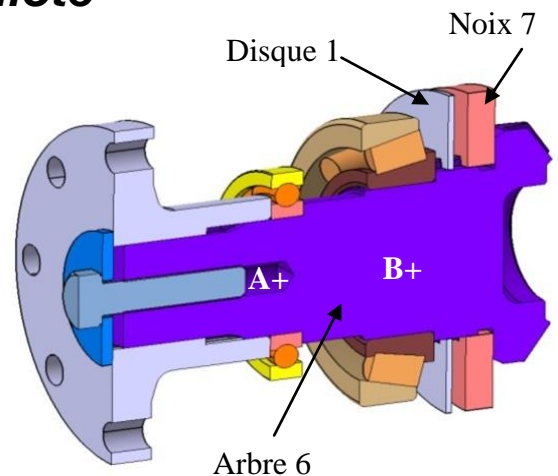


Figure 8 : conception partielle du nouvel arbre

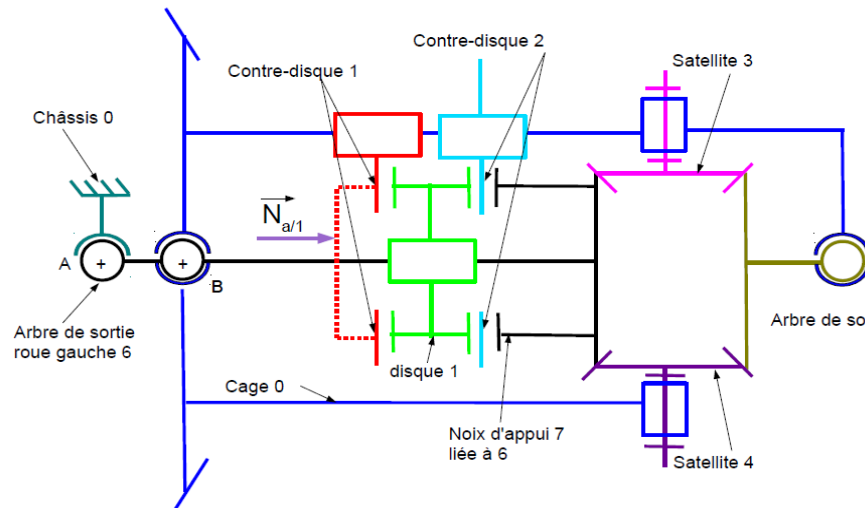


Figure 9 : Schéma du différentiel piloté

Les modifications envisagées nécessitent l'adaptation de la boîte de vitesses. Il s'agit :

- d'intégrer un différentiel à glissement piloté pour améliorer la motricité du véhicule ;
- de contrôler ce différentiel électroniquement ;
- d'augmenter la puissance transmise aux roues.

Pour la suite de l'étude (partie 3), l'examineur vous propose de traiter l'une des 2 parties ci-après :

- **Fabrication** : Proposer un couple procédé-matériau pour la construction du nouvel arbre secondaire.
- **Automatique** : proposer une stratégie de pilotage de la boîte de vitesses.

Fabrication :

Ce nouveau différentiel va nécessiter la fabrication d'un nouvel arbre de sortie pour la roue gauche visible. Il s'agit de moyenne série. De plus, la pièce devra avoir les caractéristiques suivantes :

- Résistance élastique supérieure à 250 MPa
- Dureté de Vickers : 200 HV
- Tenacité : $120 \text{ MPa.m}^{1/2}$

3-1

Identifier et interpréter les spécifications proposées 1,2 et 3 Figure 10. Expliquer leur rôle fonctionnel au regard du schéma et de la conception proposée Figure 8 et Figure 9.

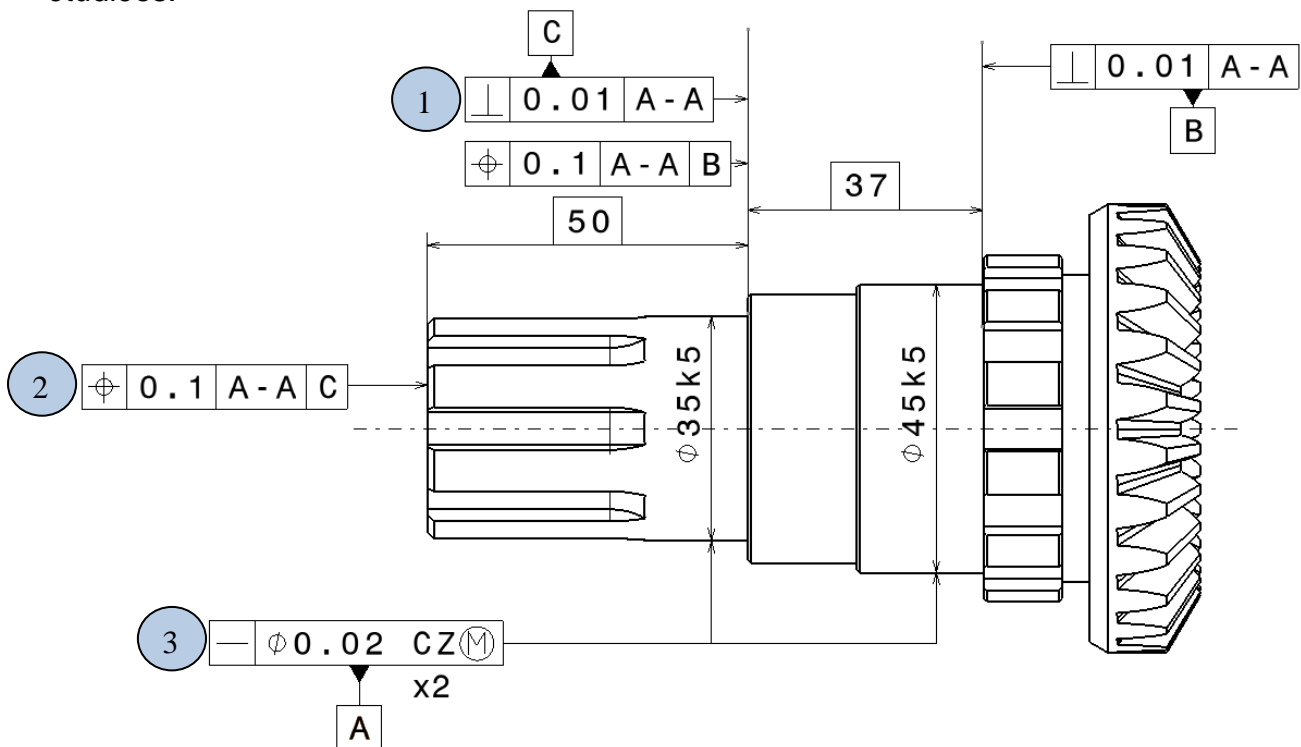
3-2

Choisir un matériau pour l'obtention du brut de l'arbre. Justifier ce choix au regard des Figure 11 et Figure 12. Proposer et justifier les traitements thermiques éventuels et leur influence sur les performances visées.

3-3

Proposer une cinématique machine permettant de respecter les spécifications proposées.

Remarque: Les phases de taillage de la denture et des cannelures ne seront pas étudiées.



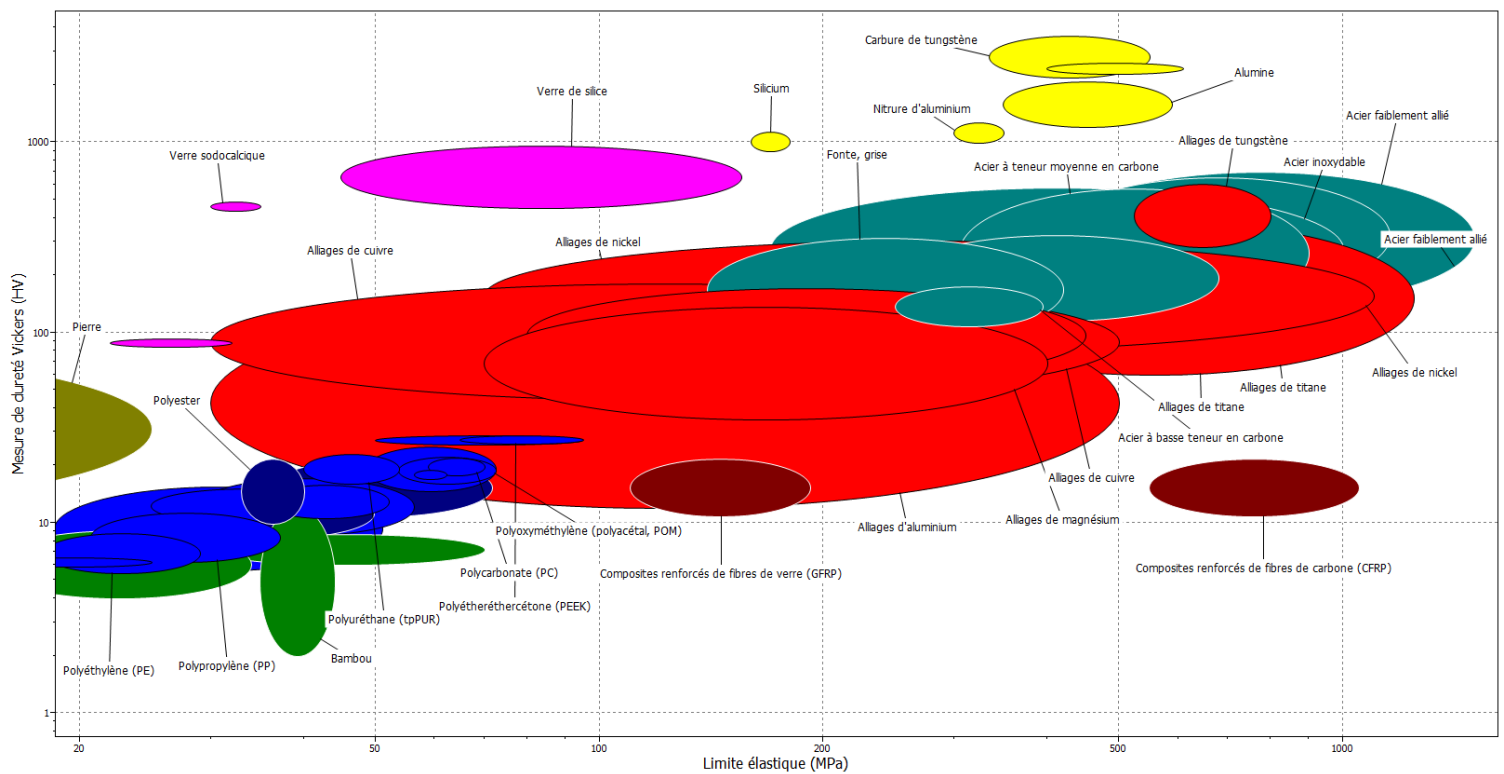


Figure 12 : Propriétés comparées des matériaux, limite élastique/dureté

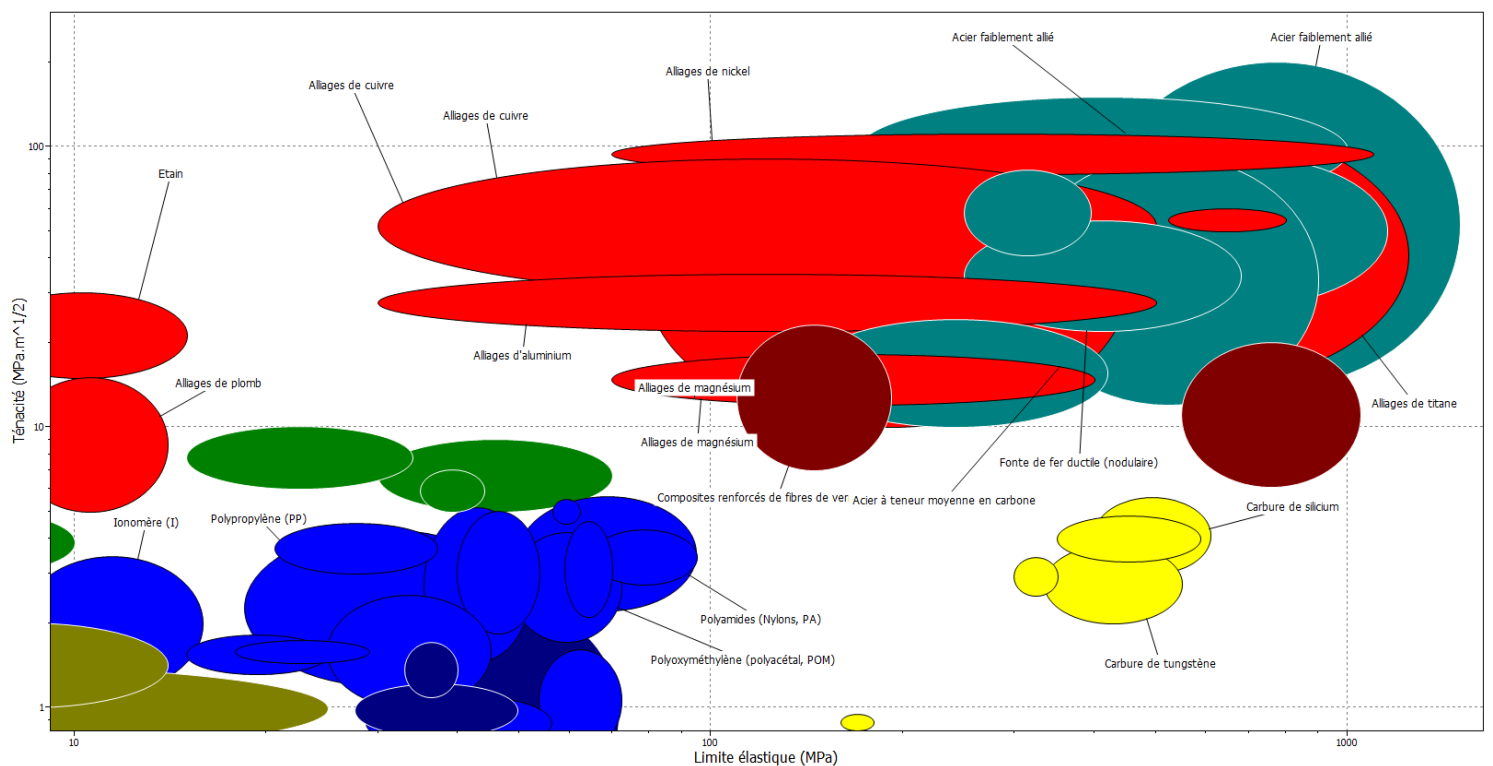


Figure 11 : Propriété comparée des matériaux, Limite élastique/ténacité

Automatique :

Afin de transmettre du couple à la roue en adhérence, une solution consiste à freiner la roue qui patine. Comme en témoigne l'étude de la partie 2, cette solution permet de reporter ce couple de freinage sur la roue qui adhère. Pour améliorer les performances du différentiel à glissement limité, il faut agir sur :

- le seuil de déclenchement du différentiel. Pour éviter qu'il ne freine la roue qui est à l'extérieur du virage.
- proposer une loi de freinage progressif de la roue qui patine de manière à optimiser la motricité.

Pour freiner la roue rapide, on utilise un embrayage multidisque actionné par un électro-aimant. Ce-dernier génère un effort $N_{a/1}$ plaquant les disques et contre-disques les uns contre les autres, générant alors le frottement nécessaire au freinage.

3-1

Proposer les capteurs nécessaires à l'asservissement du système. Justifier les technologies choisies.

3-2

Proposer un schéma-bloc permettant de piloter le différentiel.

3-3

Parmi les 4 réponses proposées sur les courbes suivantes, choisir celle qui paraît la plus exploitable sur une course. Expliquer les incidences sur le comportement du véhicule pour chacune d'entre elles. Proposer alors une stratégie de pilotage du différentiel.

