

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

**Sciences et technologies du design et des métiers d'art
(STD2A)**

PHYSIQUE-CHIMIE

Sujet « zéro » n°1

La calculatrice est autorisée dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Les parties A et B sont indépendantes.

PARTIE A

(SUR 10 POINTS)

LE DESIGNER ET L'INGÉNIEUR COLLABORENT

Dans l'industrie automobile, la conception d'une automobile est soumise à de nombreuses contraintes techniques, économiques et écologiques dont vont devoir tenir compte les ingénieurs et les designers. Parmi ces contraintes, on distingue la volonté d'alléger le véhicule, de recycler les matériaux, d'améliorer le confort de l'automobiliste et enfin de respecter les normes de sécurité.

Contexte de travail

Il s'agit de participer au choix des matériaux pour une marque automobile soucieuse d'améliorer l'impact environnemental de ses véhicules, tout en garantissant le confort et la sécurité de ses passagers.

Cahier des Charges

Élément	Contrainte principale à retenir
A : CARROSSERIE	ALLEGEMENT du VEHICULE + RECYCLAGE
B : PARE-CHOCS	ALLEGEMENT + SECURITE
C : HABITACLE	CONFORT + RECYCLAGE
D : VITRAGE PARE-BRISE + VITRAGE LATERAL	SECURITE + CONFORT
E : LUNETTE ARRIERE	SECURITE + COUT

Travail demandé en s'appuyant sur les documents des pages suivantes

1. Donner la définition d'un thermoplastique. Préciser une conséquence en termes de recyclage.
2. Le chanvre est un agro-matériau de plus en plus utilisé dans la construction industrielle. Citer un des intérêts que ce matériau présente.
3. Présenter des propositions de choix de matériaux pour les trois éléments B, C et D du cahier des charges présenté ci-dessus en présentant la réponse soit sous la forme d'un texte, soit à l'aide de schémas, soit sous forme d'une affiche.
4. Proposer une analyse de la notion d'impact environnemental.

Document 1 : quels choix de matériaux pour la carrosserie des véhicules ?

Pour réduire l'épaisseur des pièces et leur densité, les solutions techniques disponibles sont : les aciers à très haute résistance, les alliages à base d'aluminium, les matériaux composites à base de fibres de verre, de carbone ou naturelles (comme le lin ou le chanvre).

Matériau	Masse volumique ($kg \cdot L^{-1}$)	Allègement envisageable par véhicule	Coût
Acier haute résistance	7,8	50 kg	Modeste
Aluminium	2,6	150 kg	Modéré
Composites	1,2	200 kg	Très élevé

D'après http://www.sra.asso.fr/sites/default/files/PDF/1_PSA_0.pdf

Document 2 : Composites thermoplastiques pour les pare-chocs et l'habitacle : tous les feux sont au vert...



A la fois légers, résistants et recyclables, les thermoplastiques constituent une solution d'avenir pour les équipements intérieurs et extérieurs des habitacles de voitures. Ces derniers présentant le même intérêt que les thermodurcissables en termes de gain de poids par rapport aux métaux, avec l'avantage d'être recyclables. Si les composites thermoplastiques ne pèsent aujourd'hui que 5 % du marché des composites, ils pourraient à terme représenter 50 %.

L'agence Française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) ne s'y est pas trompée en soutenant dès 2012 le projet Compofast, coordonné par Arlema. Son objectif : mettre au point des composites thermoplastiques destinés à l'allègement des véhicules qui respectent les contraintes de coûts et de cadence de la production d'automobile en grande série.

D'après [L'Usine Nouvelle](#)

Document 3 : Le vitrage automobile.

D'après l'article R316-3 du code de la route, « toutes les vitres doivent être en substance transparente telle que le danger d'accidents corporels soit, en cas de bris, réduits dans la mesure du possible. Elles doivent être suffisamment résistantes aux incidents prévisibles d'une circulation normale et aux facteurs atmosphériques et thermiques, aux agents chimiques et à l'abrasion ».

D'après http://www.verreonline.fr/v_plat/auto_01.php

➤ Caractéristiques physiques de plusieurs verres

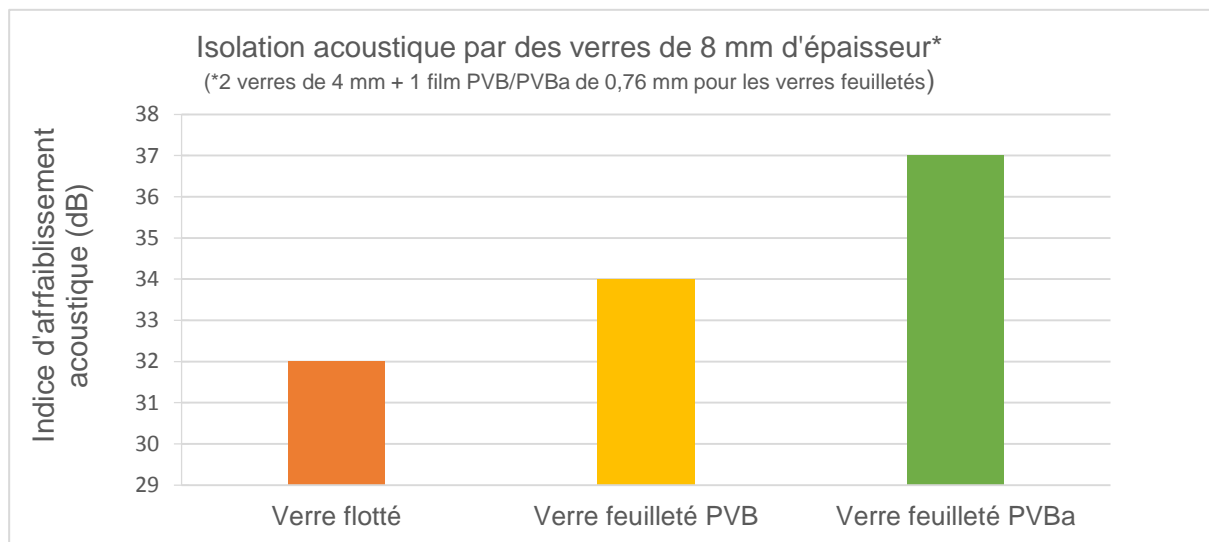
	Verre flotté	Verre trempé thermiquement	Verre feuilleté
Nature du verre	Verre non traité	A subi un traitement thermique visant à augmenter sa résistance et à modifier sa fragmentation	Se compose de deux plaques de verre séparées par un film de polyvinyle butyral (PVB - polymère de synthèse thermoplastique) à la fois tenace, élastique et extrêmement résistant à la déchirure
Résistance à la flexion	~ 45 N/mm ²	~ 120 N/mm ²	~ 45 N/mm ²
Résistance aux chocs thermiques	Rupture suite à une surcharge thermique d'environ 40 K	Rupture suite à une surcharge thermique d'environ 150 K	Rupture suite à une surcharge thermique d'environ 40 K
Coût	€	€€	€€€
Nature de la fragmentation après brisure	Fragmentation en toile d'araignée avec éclats de verre pointus et très coupants	Fragmentation en une multitude de granules sans tranchant	Fragmentation en toile d'araignée avec maintien des éclats par le film PVB, ce qui permet à la vitre de rester entière

D'après https://www.glastroesch.ch/uploads/tx_lwgtbrochures/bro_glas-und-praxis_fr.pdf

➤ Isolation phonique des verres

Le développement d'un film spécial « PVB acoustique (PVBa) » a permis d'améliorer les propriétés d'isolation acoustique des vitrages feuilletés classiques sans alourdir le véhicule.

D'après <http://saint-gobain-autover.com/fr/confort-acoustique>



D'après https://www.glastroesch.ch/uploads/tx_lwgtbrochures/bro_glas-und-praxis_fr.pdf

Document 4 : Quelques données techniques des matériaux utilisés dans la construction automobile.

Les matières plastiques					
Matériau	Masse volumique en $kg \cdot L^{-1}$	Rigidité en MPa	Résistance à la rupture en %	Conductivité thermique en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Remarques
PVC Souple	1,16 à 1,35	< 1000	200 à 500	0,16	Thermoplastique Sensible aux UV Auto-extinguible (qui s'éteint de lui-même au contact d'une source de chaleur)
PVC Rigide	1,4	2000 à 3000	20 à 70	0,16	
PA	1,1	2500	30	0,20	Thermoplastique Faible coût Peut être peint et « design-é » Résistance aux liquides
PP	0,9	1000 à 2000	< 20	0,20	Thermoplastique Bonne résistance aux chocs Bonne résistance à l'usure
PU	1,2	variable	variable	0,023 - 0,028	Thermodurcissable Hydrofuge

Autres matériaux			
Matériau	Conductivité thermique caractéristique du matériau en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Indice d'affaiblissement acoustique en dB	Recyclage
Acier	50	Très faible	Facile et peu coûteux
Aluminium	160	Très faible	Facile et peu coûteux
Laine minérale	0,045	50 dB pour 50 mm de laine minérale accolée à une paroi de base	Difficile et coûteux
Laine de chanvre	0,045	49 dB pour 30 mm de laine de chanvre accolée à une paroi de base	Très facile et peu coûteux

D'après <https://energieplus-lesite.be>

PARTIE B

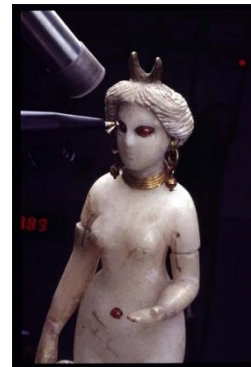
(SUR 10 POINTS)

LES YEUX D'ISHTAR

Découverte en 1862 dans une tombe près de Babylone (Mésopotamie), cette statuette est probablement une représentation d'Ishtar, la célèbre déesse babylonienne de l'Amour et de la Guerre. Par son style, sa typologie et la comparaison avec d'autres œuvres similaires, elle est datée de l'époque Parthe (1^{er} siècle avant J.C. - 1^{er} siècle après J.C.).

Ses yeux et son nombril sont incrustés de mystérieuses pierres rouges. Ces incrustations ont été analysées à partir de l'émission de rayons X induite par particules chargées (PIXE, *Particle induced X-ray Emission*) avec l'accélérateur AGLAÉ (Accélérateur Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire).

Source image : <http://www.laradioactivite.com/site/pages/identificationdemateriaux.htm>



Contexte de travail

L'origine géographique de ces pierres rouges doit être déterminée. On trouvera ci-dessous quatre documents qui y aideront.

Travail demandé en s'appuyant sur les documents des pages suivantes

1. Calculer l'énergie E d'un photon X de longueur d'onde $\lambda = 1 \text{ nm}$. On donnera le résultat en joules.
2. Déterminer les éléments chimiques présents dans les yeux d'Ishtar.
3. En déduire le type de pierres rouges qui ornent la statuette d'Ishtar.
4. Déterminer l'origine géographique de ces pierres. Justifier la réponse et la présenter soit sous la forme d'un texte, soit à l'aide de schémas ou sous forme d'une affiche.
5. Expliquer pourquoi on a préféré utiliser la technique PIXE plutôt qu'une méthode d'analyse chimique pour étudier la composition des pierres rouges de la statuette.

Document 1 : présentation de la technique PIXE

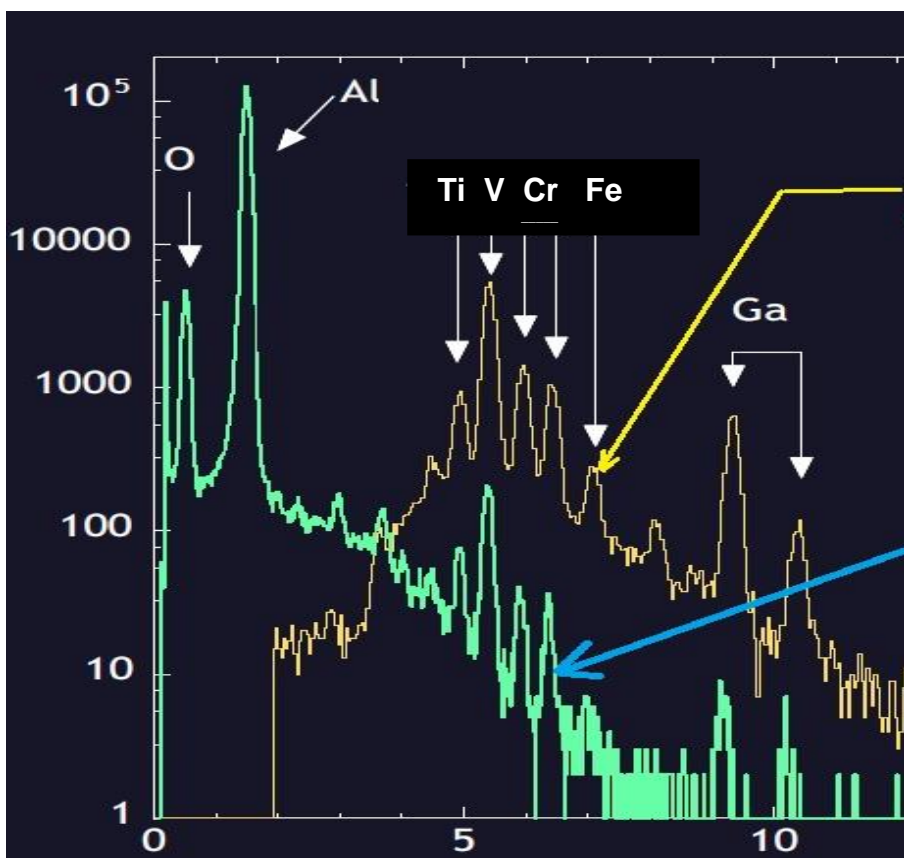
Son principe est simple : il s'agit de capter les rayons X émis par l'objet à analyser lorsqu'il est placé dans le faisceau d'un petit accélérateur d'ions. Deux détecteurs de rayons X permettent de doser simultanément les éléments majeurs et ceux présents à l'état de traces.

C'est une méthode d'analyse non destructive, sans prélèvement. Cependant elle ne mesure pas le carbone et l'azote et elle ne donne pas d'information sur les liaisons chimiques.

Longueurs d'onde λ des rayons X : entre 10^{-11} m et 10^{-8} m.

Relation entre λ et l'énergie E du photon correspondant : $E = \frac{h c}{\lambda}$ où $h = 7 \times 10^{-34}$ J.s est la constante de Planck et $c = 3 \times 10^8$ m.s⁻¹ est la vitesse de la lumière dans le vide.

Document 2 : spectre PIXE obtenu sur l'œil droit de la statuette.



Détecteur des éléments traces

Détecteur des éléments majeurs

Énergie des rayons X en keV

Symboles des éléments présents dans le spectre :

- O : oxygène
- Al : aluminium
- Ti : titane
- V : vanadium
- Cr : chrome
- Fe : fer
- Ga : gallium

D'après C2RMF

Document 3 : Composition élémentaire de quelques « pierres rouges »

Le grenat est constitué majoritairement de silicates (SiO_4)⁴⁻ et comporte à l'état de traces l'aluminium (Al), le fer (Fe), le chrome (Cr), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le manganèse (Mn).

La spinelle est un oxyde de magnésium et d'aluminium de formule MgAl_2O_4 .

Le rubis est un oxyde d'aluminium de formule Al_2O_3 contenant des traces d'éléments métalliques dont le chrome (Cr) qui est à l'origine de sa couleur rouge.

La jaspe est une roche contenant très majoritairement de la silice de formule SiO_2 contenant des traces d'hématite de formule Fe_2O_3 à l'origine de sa couleur rouge.

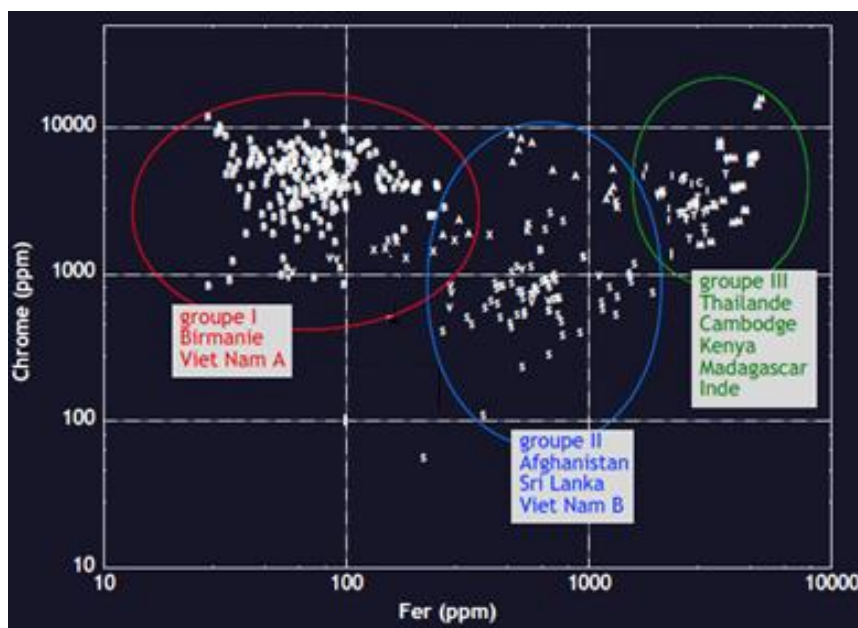
Document 4 : origine géographique de la pierre rouge.

La méthode PIXE permet de déterminer la nature d'une pierre précieuse, mais aussi son origine géographique.

Puisque lors de sa genèse, le cristal composant la pierre incorpore dans son réseau l'empreinte chimique du milieu environnant.

Pour mener cette comparaison, on a constitué une base de données de plus de 400 échantillons de référence classés en 3 groupes : I (Birmanie, Vietnam gisement A) ; II (Afghanistan, Sri Lanka, Vietnam B) ; III (Thaïlande, Cambodge, Kenya, Madagascar, Inde)

Le diagramme Cr/Fe présenté ci-contre, qui correspond à la comparaison des teneurs en éléments traces des pierres d'Ishtar et des gisements de référence nous permet de restreindre les provenances possibles.



Source : Art et sciences en TAA : activités et problèmes de physique et de chimie pour les élèves de terminale arts appliqués.