

1 – Mise en situation

Avoir une piscine chez soi est un vrai plus, surtout quand il fait beau. Les constructeurs de piscine rivalisent d'inventivité pour proposer des objets à la fois « design » mais aussi assurant toute la sécurité requise dans leur utilisation.

Une piscine peut être équipée d'un plongeur. C'est d'ailleurs cet accessoire qui fait l'objet de l'étude proposée.

L'intérêt du plongeur est d'augmenter la dimension ludique associée à la piscine, au fait de se baigner, chez soi. C'est en quelque sorte sa fonction principale.

Aux concepteurs de plongeur se pose bien entendu des (fonctions) contraintes liées à la sécurité des usagés : les risques de glissements/dérapages doivent être limités, les risques d'écorchures/égratignures aussi.



Figure 1 : Piscine domestique avec plongeur

Concernant la dimension ludique, sensationnelle pourrait-on dire, elle passe avant tout par deux aspects :

- ⇒ L'utilisateur est placé à une hauteur donnée par rapport à la surface libre de l'eau,
- ⇒ Le saut (ou plongeon) que l'utilisateur va faire peut être précédé de rebonds dont le nombre et l'amplitude sont à son appréciation ; c'est comme il veut ⇔ il s'amuse...

i Cet aspect peut être dénommé « **dynamique du saut sur un plongeur** ». Nous serons amenés à l'étudier.

2 – Problématique

On se propose de dimensionner correctement le plongeur pour qu'il respecte au mieux :

- ⇒ les caractéristiques liées à la dynamique du saut (le côté ludique doit être là),
- ⇒ les conditions de sécurité de l'utilisateur,
- ⇒ les conditions de résistance du plongeur,
- ⇒ l'esthétisme, c'est-à-dire les formes générales imposées par un designer,
- ⇒ un coût minimum, essentiellement lié à la quantité de matière utilisée pour fabriquer un plongeur.

On le voit, la tâche est multicritère, complexe, il y a du travail...

Dans le supérieur, on vous dirait peut être « allez-y, débrouillez vous ! » ; mais puisque vous n'êtes qu'en terminale, on va vous dire comment procéder. Suivez le guide...

Il se décline en cinq parties :

PARTIE A : analyse de la présentation et des données pour bien comprendre la situation.

PARTIE B : étude de la « dynamique du saut » ; il s’agira de définir les propriétés qui caractérisent un saut avec des rebonds et d’en déduire celles que doit avoir le plongeur. Une approche énergétique sera envisagée.

PARTIE C : Recherche de l’effort maximal exercé par l’utilisateur sur le plongeur.

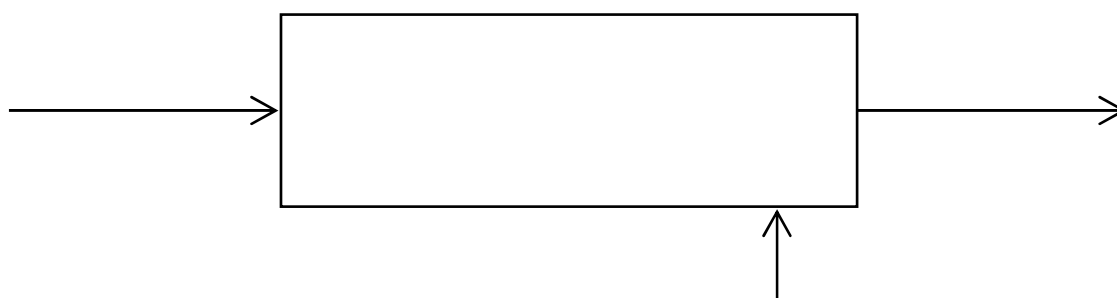
PARTIE D : dimensionnement du plongeur dans le respect des points imposés dans la problématique.

PARTIE E : synthèse générale.

PARTIE A

Analyse de la présentation et des données

Q1 – Compléter l’actigramme SADT « A-0 » du plongeur (dans le contexte de la présentation).

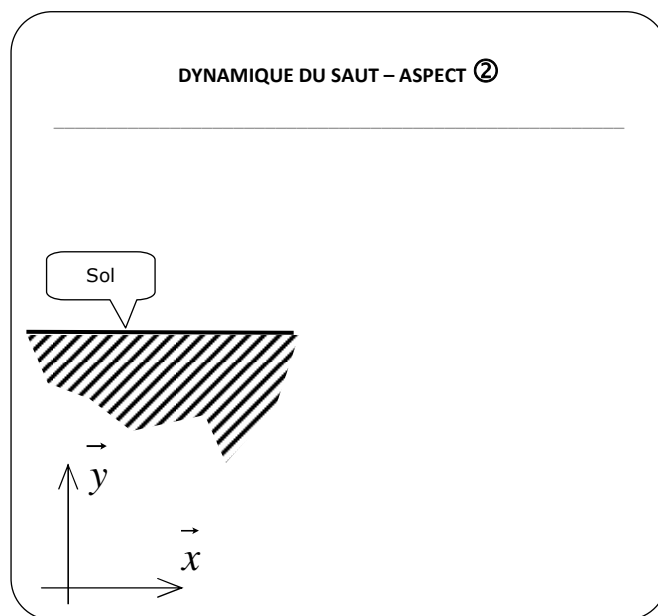
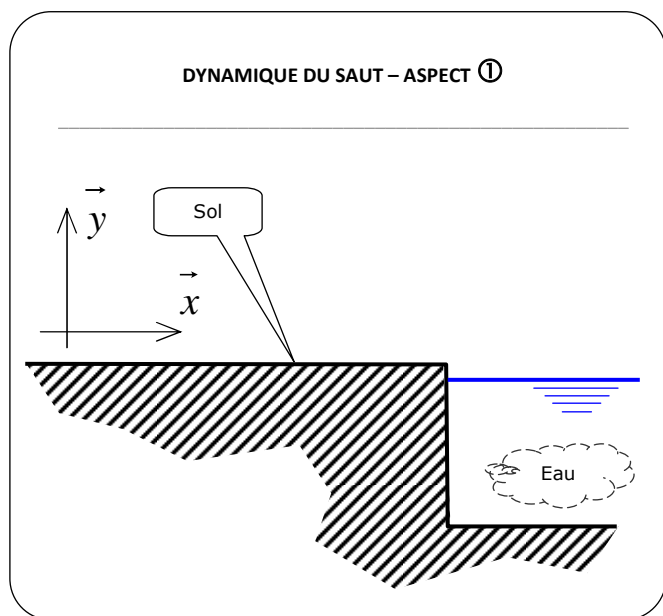


Q2 – Rappeler les risques que l’utilisateur prend et que le concepteur doit chercher à limiter au maximum.

Q3 – Pour chacun des risques identifiés, proposer des (pistes de) solutions techniques pour les limiter.

Q4 – Expliquer chacun des deux aspects liés à la dynamique du saut à l'aide d'un schéma.

☞ On aura soin de faire apparaître les cotes (dimensions) caractéristiques.



PARTIE B

Etude détaillée de la « dynamique du saut »

→ Définition de la « personne de référence » :



Observer la vidéo fournie.

Q5 – Caractéristiques de la personne de référence :

☞ Certaines informations relèvent de l'estimation ; on fera preuve de bon sens.

☞ Commencer par évaluer l'âge de l'utilisateur.

☞ Pour la masse et la taille, l'âge étant fixé, utiliser le document des courbes de croissance (pdf).

⇒ Sexe : _____ ⇒ Age : _____ ⇒ Masse : _____ ⇒ Taille : _____

→ Définition du « saut de référence » :

Recherchons maintenant les caractéristiques du saut de référence ; il s'agit de deux choses :

⇒ La hauteur à laquelle elle saute à l'issue de la dernière impulsion donnée avec les pieds sur le plongeur ; on notera h_0 la hauteur du saut de référence,

⇒ Les sources d'énergie mises en œuvre (exploitées) pour réaliser le saut.

Observer à nouveau la vidéo mais aussi les deux positions singulières données ci-après.

Q6 – Identifier et positionner sur les figures ci-après le point remarquable (le plus adapté et propice) à considérer pour déterminer la hauteur du saut h_0 .

☞ Nommer ce point à bon escient.



DEBUT DU SAUT : personne au « point mort bas »

DATE t_1



FIN DU SAUT : personne au « point mort haut »

DATE t_2

h_0

Q7 – Finaliser la cote h_0 correspondant au dénivelé du saut (sur la verticale entre les points de la Q6).

Q8 – Faire le nécessaire sous *Synchronie* pour déterminer la cote h_0 . On trouve $h_0 =$ _____



La hauteur du saut est donc maintenant connue ; il reste à voir l'aspect énergétique du saut (c'est lui qui va mettre en relation l'utilisateur et le plongeur...).

En plus des deux positions singulières vues plus haut, une troisième existe entre celles de début et de fin de saut ; c'est la position dans laquelle l'utilisateur quitte le contact avec le plongeur.

On formule ici les hypothèses suivantes : (très globalement réalistes)

- ⇒ Dans la position de « rupture de contact » le plongeur est horizontal.
- ⇒ La propulsion de l'utilisateur est intégralement due à l'action du plongeur (les tensions musculaires génératrices « d'effet ressort » sont négligées).
- ⇒ La masse du plongeur est suffisamment faible pour être négligée : $m_{\text{plongeur}} = 0$.
- ⇒ La résistance de l'air est négligée.

Q9 – Compléter les trois encarts ci-dessous.

- ☞ La position $h(t)$ est comptée positivement vers le haut et à partir du point identifié et nommé à la Q6.
- ☞ Utiliser Synchronie pour trouver $h(t_R)$.



DEBUT DU SAUT

personne au « point mort bas »

Date : $t_1 =$ _____

Position : $h(t_1) = 0$

Vitesse utilisateur : $v(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie potentielle utilisateur : $E_{Pu}(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie cinétique utilisateur : $E_{Cu}(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie de déformation utilisateur : $W_u(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Flèche du plongeur : $y_l(x)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie potentielle du plongeur : $E_{Pp}(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie cinétique du plongeur : $E_{Cp}(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie de déformation du plongeur : $W_p(t_1)$

Nulle Min Max > 0 < Max



RUPTURE DE CONTACT

personne en « chute libre »

Date : $t_R =$ _____

Position : $h(t_R) =$ _____

Vitesse utilisateur : $v(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie potentielle utilisateur : $E_{Pu}(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie cinétique utilisateur : $E_{Cu}(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie de déformation utilisateur : $W_u(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Flèche du plongeur : $y_l(x)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie potentielle du plongeur : $E_{Pp}(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie cinétique du plongeur : $E_{Cp}(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie de déformation du plongeur : $W_p(t_R)$

Nulle Min Max > 0 < Max



FIN DU SAUT

personne au « point mort haut »

Date : $t_2 =$ _____

Position : $h(t_2) = h_0 =$ _____

Vitesse utilisateur : $v(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie potentielle utilisateur : $E_{Pu}(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie cinétique utilisateur : $E_{Cu}(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie de déformation utilisateur : $W_u(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Flèche du plongeur : $y_l(x)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie potentielle du plongeur : $E_{Pp}(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie cinétique du plongeur : $E_{Cp}(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Energie de déformation du plongeur : $W_p(t_2)$

Nulle Min Max > 0 < Max

Q10 – Exprimer l'énergie mécanique totale du système isolé $\{S\} = \{\text{utilisateur} + \text{plongeur}\}$ pour chacun des trois instants étudiés. (Voir fiche de cours en énergétique)

⇒ A chaque instant, l'énergie totale du système isolé $\{S\}$ est :

$$W_{TOTAL} = E_{Pu} + E_{Cu} + W_u + E_{Pp} + E_{Cp} + W_p$$

⇒ Donc, aux trois instants particuliers t_1 , t_R et t_2 on a :

$$W_{TOTAL 1} = + + + + +$$

$$W_{TOTAL R} = + + + + +$$

$$W_{TOTAL 2} = + + + + +$$

Q11 – Appliquer le principe de conservation de l'énergie mécanique au système isolé {S} entre les dates t_1 et t_2 et en déduire la relation $W_p(t_1) = E_{Pu}(t_2)$. (Voir fiche de cours en énergétique)

Q12 – Calculer en J l'énergie de déformation $W_p(t_1)$ du plongeur.

$W_p =$ _____



Alors voilà : pour l'instant on ne s'est absolument pas préoccupé des formes et du matériau du plongeur ; nous savons par contre qu'il devra fournir à l'utilisateur une énergie $W_p =$ _____ moyennant une flèche $y_1(x_u) =$ _____ (flèche considérée comme satisfaisante).

PARTIE C

Recherche de l'effort exercé par l'utilisateur sur le plongeur

Les propriétés requises par le plongeur sont ses formes et son matériau ; elles vont être mises en relation au travers d'étude en déformations et en contraintes par simulations numériques sous Inventor. Mais pour cela, nous avons besoin de **connaître l'effort exercé par le plongeur sur le plongeur...**

Notons \vec{F} l'action exercée par le plongeur sur le plongeur lorsqu'il est au « point mort bas » et admettons qu'elle soit verticale et vers le bas (ce qui pourrait se démontrer mais on vous fait grâce de cela). On montre que l'intensité de cette force est donnée par la relation $F = \frac{W}{y}$ avec W l'énergie de déformation de la poutre et y la flèche à l'abscisse du point d'application de \vec{F} .

☞ Une démonstration de cette formule vous sera faite en math ou en SI quand vous saurez calculer des intégrales...

Q13 – Calculer en N l'intensité de la force F avec une énergie de déformation $W_p(t_1)$ et une flèche $y_1(x_u)$.

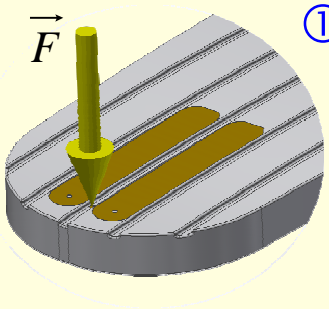
$F =$ _____

PARTIE D

Dimensionnement du plongeur dans le respect des points imposés

On donne sous Inventor deux modèles numériques du plongeur, l'un en ABS, l'autre en polystyrène.

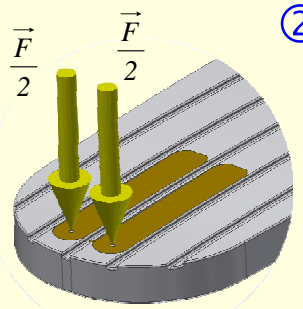
- ⇒ Ouvrir le fichier choisi (si à l'ouverture des fichiers supplémentaires sont demandés, faire « Ignorer tout »).
- ⇒ Observer un peu la morphologie générale du plongeur.
- ⇒ Se placer dans l'environnement « Analyse des contraintes » et créer une nouvelle étude.
- ⇒ Bloquer la(les) surface(s) qui doive(nt) l'être (à vous de voir...).
- ⇒ Concernant l'action de l'utilisateur sur le plongeur, elle peut être modélisée de différentes façons :



①

Action du plongeur concentrée en un point.

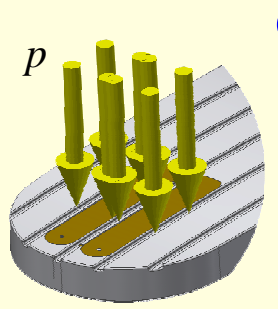
$F =$ _____



②

Action du plongeur concentrée sur deux points.

$F / 2 =$ _____



③

Action du plongeur répartie sur deux surfaces.

$p =$ _____

Q14 – Pour chacun des modèles de chargement proposés, donner sa caractéristique (charge concentrée en Newton (N) ou pression de contact* en Méga-Pascal (MPa) selon le cas).

* on peut dire aussi « charge répartie ».

⇒ Mesure sous Inventor de la surface totale d'appui : $S =$ _____

⇒ Calcul de p ici : _____

Q15 – Choisir le modèle censé représenter le plus fidèlement l'action du plongeur sur le plongeur :

modèle 1

modèle 2

modèle 3

Pour des raisons de fabrication mais aussi de masse, on impose comme matériau du polystyrène ou de l'ABS.

Q16 – Relever (sous Inventor) les caractéristiques des matériaux utiles à l'étude en contrainte et déformation.

⇒ Caractéristiques utiles « ABS » : _____

⇒ Caractéristiques utiles « polystyrène » : _____

On donne ci-dessous le détail des critères que le plongeur doit satisfaire.

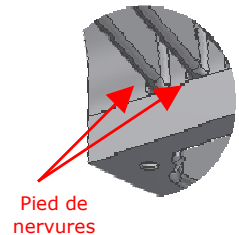
→ Critères « d'esthétisme » :

- Il est interdit de toucher aux formes du plot de fixation au sol.
- Il est interdit de toucher à certaines formes du plongeur comme sa courbure générale ou encore les rainures sur la face supérieure (ni leur nombre, ni leurs dimensions).

☞ Consulter **impérativement** le fichier « modifications.pdf » pour plus d'informations.

→ Critère « de résistance » :

- On s'impose un coefficient de sécurité minimum $s_{min} = 1$ en tout point de la structure hors pied de nervures.



→ Critère « de service » :

- La flèche à l'aplomb du plongeur est $0,9 \times y_1(x_u) \leq y \leq 1,1 \times y_1(x_u)$ avec $y_1(x_u) =$ _____
⇒ soit $y_{min} =$ _____ et $y_{max} =$ _____

→ Critère « économique » :

- La minimisation du volume de matière mis en œuvre sera recherchée.

→ Éléments sur lesquels on peut jouer :

- Le choix du matériau est limité au polystyrène ou à l'ABS.
- Certaines données géométriques du plongeur.

☞ Consulter **impérativement** le fichier « modifications.pdf » pour plus d'informations.

Q18 – Moyennant une démarche itérative, rechercher sous Inventor une solution visant à respecter au mieux l'ensemble des critères imposés.

☞ Pour vous aider dans ce travail, on propose un classeur Excel utile pour rassembler et synthétiser l'ensemble des données et résultats nécessaires à la prise de décision.

☞ La première ligne du tableau est déjà complétée ; ses valeurs sont celles de l'étude réalisée à partir du fichier pièce tel qui vous est donné (pour un matériau donné, ABS ou polystyrène).

PARTIE E

Conclusion générale

Nom : _____

Q19 – Au travers d'un texte bien construit, synthétiser l'ensemble de l'activité.

Sur la forme : on veillera à proposer une « belle » calligraphie, une orthographe et une grammaire correcte. Les éléments importants pourront être soulignés, etc. Une ébauche au brouillon semble donc indispensable...

Sur le fond : on pourra :

- ⇒ Rappeler l'objet de l'étude, les grandes étapes du travail effectué et les résultats clé,*
- ⇒ Evoquer les matériaux envisagés et interpréter/comparer leur valeurs de E et de R_e ,*
- ⇒ Préciser les limites des hypothèses faites ici ou là, sur les quantités négligées (masse du plongeur, etc.) sur la modélisation de l'effort du plongeur sur le plongeur ; ces hypothèses sont de nature à sur-dimensionner le plongeur ? A le sous-dimensionner ?*
- ⇒ Le modeleur, a probablement donné des « avertissement » ; qu'en faire en termes d'analyse de résultats ?*

Poursuivre au dos si nécessaire...