

**BACCALAURÉAT SÉRIE S****Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE  
Évaluation des Compétences Expérimentales****Sommaire**

|  |   |
|--|---|
| I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS .....   | 2 |
| II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AU PERSONNEL DE LABORATOIRE .....            | 3 |
| III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT .....  | 4 |
| 1. Proposition d'une stratégie pour exploiter la séquence vidéo (20 minutes conseillées) ..... | 7 |
| 2. Modélisation du mouvement parabolique de la balle (20 minutes conseillées) .....            | 9 |
| 3. « Chute libre parabolique » de l'Airbus A300 Zéro-G (20 minutes conseillées) .....          | 9 |

## I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

|   |   |
|---|---|
| Tâches à réaliser par le candidat                           | <p>Le candidat doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• exploiter une vidéo ;</li> <li>• utiliser un logiciel de pointage ;</li> <li>• utiliser un tableur-grapheur ;</li> <li>• effectuer des calculs.</li> </ul>   |
| Compétences évaluées<br>Coefficients respectifs             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyser (<b>ANA</b>) : coefficient <b>2</b> ;</li> <li>• Réaliser (<b>RÉA</b>) : coefficient <b>2</b> ;</li> <li>• Valider (<b>VAL</b>) : coefficient <b>2</b>.</li> </ul>  |
| Préparation du poste de travail                             | <p><u>Avant le début des épreuves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• connecter le casque audio à l'ordinateur et démarrer celui-ci ;</li> <li>• placer sur le bureau de l'ordinateur les vidéos « vol parabolique » et « balles » ;</li> <li>• lancer le logiciel de visualisation de vidéo ainsi que la vidéo « balles » ;</li> <li>• lancer le logiciel de pointage et le tableur-grapheur.</li> </ul> <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• relancer le logiciel de pointage ;</li> <li>• relancer le logiciel de visualisation de vidéo ainsi que la vidéo « balles » ;</li> <li>• relancer le tableur et vérifier qu'aucune sauvegarde du fichier du candidat précédent n'a été effectuée ou n'apparaît à l'écran ;</li> <li>• vérifier la présence de la vidéo « vol parabolique ».</li> </ul> <p><u>Prévoir aussi :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une clé USB avec des fichiers de secours pour le pointage et les modélisations ;</li> <li>• une notice d'utilisation simplifiée du logiciel de pointage vidéo ;</li> <li>• une notice d'utilisation simplifiée du tableur-grapheur.</li> </ul> |
| Déroulement de l'épreuve.<br>Gestion des différents appels. | <p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proposition d'une stratégie pour exploiter la séquence vidéo (<b>20 minutes</b>)</li> <li>• modélisation du mouvement parabolique de la balle (<b>20 minutes</b>)</li> <li>• « chute libre parabolique » de l'Airbus A300 Zéro-G (<b>20 minutes</b>)</li> </ul> <p><u>Il est prévu deux appels obligatoires et un appel facultatif de la part du candidat.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lors de l'<b>appel n°1</b>, l'évaluateur vérifie que le candidat a bien choisi le début et la fin de la chute libre ainsi que le protocole.</li> <li>• Lors de l'<b>appel n°2</b>, l'évaluateur vérifie la réalisation du protocole et les modélisations proposés par le candidat.</li> <li>• Lors de l'<b>appel facultatif</b>, l'évaluateur vérifie le choix de la proposition fait par le candidat.</li> </ul> <p>Le reste du temps, l'évaluateur observe le candidat en continu.</p>  |
| Remarques   | Les fiches II et III sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année.  |

**II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AU PERSONNEL DE LABORATOIRE**

La version modifiable de l'ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT jointe à la version .pdf vous permettra d'adapter le sujet à votre matériel. Cette adaptation ne devra entraîner EN AUCUN CAS de modifications dans le déroulement de l'évaluation.

**Paillasse candidats :**

- une calculette type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur
- un logiciel de visualisation de vidéo
- la vidéo « vol parabolique », relative à l'Airbus A300 Zéro-G, déjà ouverte dans le logiciel de visualisation de vidéos
- la vidéo « balles » du mouvement de deux balles sur Terre (directement accessible depuis le bureau de l'ordinateur)
- un logiciel de pointage
- un tableur-grapheur
- un casque audio déjà branché à l'ordinateur

**Paillasse professeur :**

- une clé USB avec les fichiers d'aide pour le pointage et la modélisation, destinés au candidat qui n'aurait pas réussi à faire le pointage et/ou la modélisation

**Documents mis à disposition des candidats :**

- une notice d'utilisation simplifiée du logiciel de pointage
- une notice d'utilisation simplifiée du tableur-grapheur

## III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| NOM :             | Prénom :           |
| Centre d'examen : | N° d'inscription : |

Ce sujet comporte **sept** feuilles individuelles sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.  
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.  
En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.  
L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

**L'utilisation d'une calculatrice ou d'un ordinateur autres que ceux fournis n'est pas autorisée.**

**CONTEXTE DU SUJET**

Tout objet est attiré vers le centre de la Terre. Dans des conditions particulières, on peut néanmoins faire disparaître les effets de cette attraction. C'est ce qu'il se passe lors de « vols paraboliques » en avion, permettant pendant quelques secondes d'accéder aux conditions d'apesanteur tout en restant à proximité de la Terre.

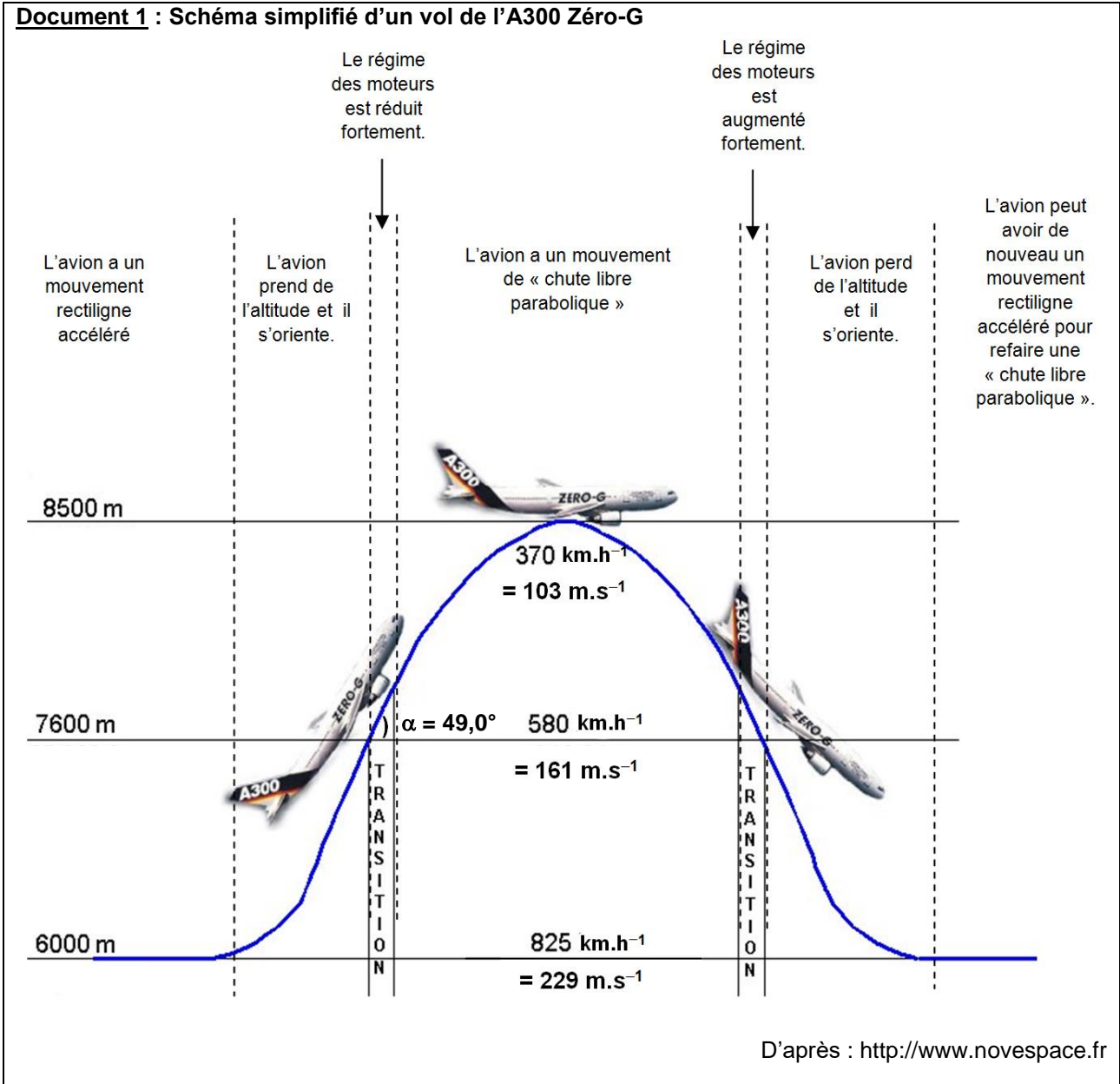
Depuis 1988, le Centre national d'études spatiales (CNES) mène un programme de vols paraboliques permettant de réaliser des expériences scientifiques en apesanteur sans recourir à un dispositif spatial coûteux. LE CNES utilise depuis 1997 un Airbus A300 spécialement aménagé : l'A300 Zéro-G.

Au cours de ces vols, l'avion monte puis pique du nez suivant la courbe de « chute-libre » d'un objet lancé en l'air : si la trajectoire est soigneusement suivie, l'intérieur de l'avion se retrouve en état d'apesanteur : tout y « flotte » comme si la pesanteur avait disparu.

D'après : <http://www.cnes.fr>  
<http://www.futura-sciences.com>

**Le but de cette épreuve est de modéliser la « chute libre parabolique » de l'A300 Zéro-G et d'évaluer la durée de cette chute.**

**DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT**



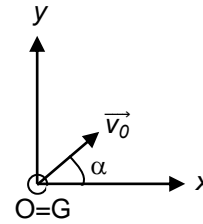
**Document 2 : « Chute libre parabolique » de l'A300 Zéro-G**

Pendant la phase de « chute libre parabolique », l'avion semble n'être soumis qu'à son propre poids. Les actions de l'air qui sont importantes sont compensées par la propulsion produite par les moteurs. On considérera que la valeur de l'intensité du champ de pesanteur entre 7600 m et 8500 m est  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

**Document 3 : Modélisation de la chute libre parabolique d'une balle**

Un repère  $(O,x,y)$  est placé au centre  $G$  d'une balle à l'instant  $t = 0$  s. Cet instant correspond au début de la chute libre parabolique.

La vitesse initiale de la balle est notée  $v_0$  et le vecteur vitesse correspondant  $\vec{v}_0$  fait un angle  $\alpha$  ( $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ ) par rapport à l'axe horizontal  $(O, x)$ .



Début de la chute libre parabolique de la balle  
( $t = 0$  s)

Les coordonnées  $\begin{pmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{pmatrix}$  du vecteur vitesse se calculent en dérivant les coordonnées  $\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix}$  du vecteur position par rapport au temps :

$$v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt} \text{ et } v_y(t) = \frac{dy(t)}{dt}$$

Les coordonnées  $\begin{pmatrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{pmatrix}$  du vecteur accélération se calculent en dérivant les coordonnées  $\begin{pmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{pmatrix}$  du vecteur vitesse par rapport au temps :

$$a_x(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} \text{ et } a_y(t) = \frac{dv_y(t)}{dt}$$

**Matériel mis à disposition du candidat**

- une calculette type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur
- la vidéo « vol parabolique » relative à l'Airbus A300 Zéro-G
- la vidéo « balles » contenant l'enregistrement de deux balles en mouvement sur Terre.  
**La hauteur réelle de la règle verticale présente sur cette vidéo est 1,14 m**
- un logiciel de visualisation de vidéo
- un logiciel de pointage avec une notice simplifiée d'utilisation
- un tableur-grapheur avec une notice simplifiée d'utilisation
- un casque audio déjà branché à l'ordinateur
- une notice d'utilisation simplifiée du logiciel de pointage
- une notice d'utilisation simplifiée du tableur-grapheur

**TRAVAIL À EFFECTUER****1. Proposition d'une stratégie pour exploiter la séquence vidéo (20 minutes conseillées)**

Visualiser la vidéo « vol parabolique ».

Par la suite, on simulera ce « vol parabolique » par la chute libre d'une balle.

À l'aide du logiciel de pointage vidéo, visualiser la vidéo « balles ».

On choisit la balle venant de la gauche pour modéliser le mouvement parabolique de l'Airbus A300-Zéro G. Ainsi la « chute libre parabolique » de l'avion est modélisée par la chute libre d'une balle.

Expliquer pour quelle raison la vidéo de cette balle n'est pas exploitable dans sa totalité.

Au début, la balle est dans la main → Inexploitable

A la fin, la balle rebondit et sort de l'image → Perte de la trajectoire initiale

Indiquer les numéros des images entre lesquelles il est possible d'étudier la vidéo de cette balle.

A partir de l'image où la balle est lâché, jusqu'à son 1<sup>er</sup> rebond ( ~ 5 → 25 )

Pourquoi aurait-il été moins judicieux d'étudier la balle venant de la droite pour conduire cette modélisation ?

Étant donné que les rebonds sont courts, nous ne pouvons pas avoir une grande précision.

Dans cette partie, on considère **uniquement la balle venant de la gauche et les images sélectionnées précédemment.**



Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer les équations horaires numériques du mouvement  $x(t)$  et  $y(t)$ . On indiquera aussi comment déterminer, à partir de la modélisation précédente, les équations horaires numériques des coordonnées  $\begin{pmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{pmatrix}$  du vecteur vitesse  $\vec{v}$ , et  $\begin{pmatrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{pmatrix}$  du vecteur accélération  $\vec{a}$  du centre  $G$  de cette balle.

Protocole :

Étalonner la vidéo, c'est-à-dire : Ajouter une unité (Du bas vers le haut /!), Définir le repère (Sur la balle de préférence), puis pointer la vidéo.

Après avoir déterminé les coordonnées de la balle, modéliser par la courbe adéquate les 2 grandeurs. (Si je me souviens bien, nous avons  $X(t)$  représenté par une droite (de la forme  $at + b$ ), et  $Y(t)$  par une parabole (de la forme  $at^2 + bt + c$ ).

Après avoir modélisé, nous avons les coordonnées du vecteur position. Il ne reste plus qu'à dériver ces équations pour obtenir les coordonnées du vecteur vitesse, puis de dériver à nouveau pour obtenir les coordonnées du vecteur accélération !

| APPEL n°1   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>Appeler le professeur pour lui présenter les réponses aux questions et le protocole ou en cas de difficulté</b> |  |



**2. Modélisation du mouvement parabolique de la balle (20 minutes conseillées)**

Mettre en œuvre le protocole puis recopier ci-dessous les équations horaires numériques obtenues.  
On rappelle que dans la vidéo « balles », la hauteur réelle de la règle verticale présente est 1,14 m.

Le logiciel de traitement vidéo vous donnera a, b et c. En revanche b et c étant proche de zéro, nous pouvons les considérer comme nul pour notre modélisation.

Vecteur position :



Vecteur vitesse :

Vecteur accélération :

$$\vec{OG}(t) \begin{cases} x(t) = at + b \\ y(t) = 1/2 * at^2 + bt + c \end{cases}$$

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = a \\ v_y(t) = at + b \end{cases}$$

$$\vec{a}(t) \begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = a \end{cases}$$

| APPEL n°2   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté</b> |  |

**3. « Chute libre parabolique » de l’Airbus A300 Zéro-G (20 minutes conseillées)**

À l’aide des résultats expérimentaux obtenus dans la partie 2, indiquer parmi les trois propositions suivantes, celle qui modélise le mieux le mouvement du centre G de cette balle.

| Proposition n° 1  | Proposition n° 2   | Proposition n° 3   |
|---|--|--|
| $\vec{a}(t) \begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{cases}$  | $\vec{a} \begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = g \end{cases}$   | $\vec{a} \begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{cases}$  |
| $\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y(t) = -g \cdot t - v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$                                | $\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y(t) = g \cdot t - v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$                                | $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y(t) = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$                                |
| $\vec{OG}(t) \begin{cases} x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 - (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t \end{cases}$ | $\vec{OG}(t) \begin{cases} x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y(t) = \frac{1}{2} g \cdot t^2 - (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t \end{cases}$ | $\vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t \end{cases}$ |

Proposition choisie : n° 3

| APPEL FACULTATIF |
|------------------|
|------------------|



Appeler le professeur pour lui présenter la réponse  
ou en cas de difficulté



La proposition retenue précédemment (n° 1, n° 2 ou n° 3) pour modéliser le mouvement parabolique du centre G de la balle est transposable au mouvement parabolique de l'Airbus A300 Zéro-G en chute libre.

Les équations de la proposition retenue avec un axe (Oy) ascendant permettent de déterminer les expressions suivantes :

| Vitesse de l'avion au sommet S de la parabole | Altitude de l'avion au sommet S de la parabole   | Durée totale de la « chute libre parabolique » de l'avion |
|---|--|---|
| $v_S = v_0 \cdot \cos \alpha$                 | $h_s = -\frac{1}{2} g \cdot t_s^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t_s + 7600$ avec $t_s = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$ | $\Delta t = \frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$            |

Exploiter les données des documents 1 et 2 pour calculer la vitesse et l'altitude de l'avion au sommet S de la parabole ainsi que la durée totale de sa « chute libre parabolique ».

Simple application numérique :  $V_s = 161 \cdot \cos(49) \approx 106 \text{ m.s}^{-1}$

$$H_s = -\frac{1}{2} * 9.81 * \left(\frac{161 \sin(49)}{9.81}\right)^2 + (161 * \sin(49)) * \frac{161 * \sin(49)}{9.81} + 7600 \approx 8353 \text{ mètres}$$

$$\Delta t = (2 * 161 * \sin(49)) / 9.81 \approx 25 \text{ seconde}$$

Vérifier que les résultats des calculs sont cohérents avec des valeurs extraites du document 1 et de la vidéo « vol parabolique ».

On peut remarquer que les résultats obtenus sont très proche des résultats du document 1 et de la vidéo, (il y est dit que le temps de chute libre était d'environ 22 secondes) et donc que les résultats obtenus sont cohérents !

(PS : Je vous accorde que le calcul de  $H_s$  est compliqué avec une calculatrice collègue, mais bon, c'est faisable)