

- analyser le système ;
- décrire les lois d'évolution des grandeurs ;
- utiliser les lois et les relations entre les grandeurs;
- caractériser et justifier les écarts.



Caméra X-track

Inspiré du baccalauréat sciences de l'ingénieur 2014.

http://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/epreuve-de-sciences-de-lingenieur-juin-2014-metropole

Retransmission vidéo d'événements sportifs par caméra mobile

La retransmission d'événements sportifs est un enjeu majeur pour les différentes chaînes de télévision. Les investissements mis en jeu sont de plus en plus importants afin de séduire un nombre croissant de téléspectateurs. La part d'audience enregistrée a certes une influence sur l'image de marque de la chaîne, mais joue aussi un rôle important sur les revenus associés à cette retransmission (publicité, sponsor...).

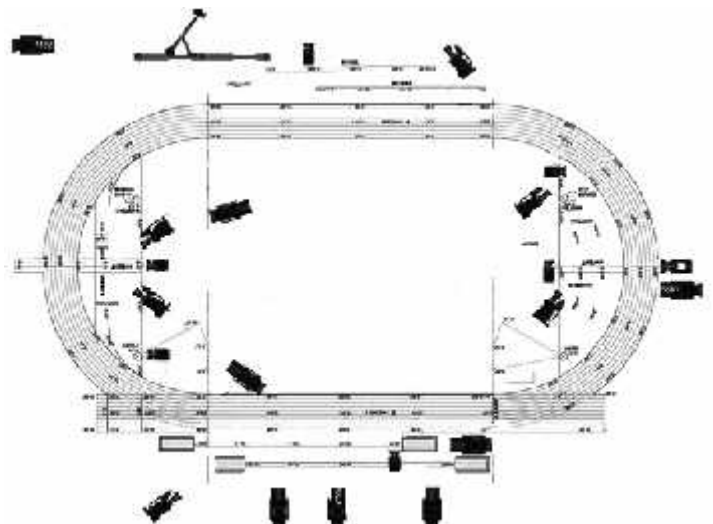
En athlétisme, l'événement qui suscite le plus grand engouement de la part des français est l'épreuve du 100 m masculin, notamment lors des Jeux olympiques (tableau 1).

Compétition	Nombre de téléspectateurs en France (en millions)	Part d'audience (en %)
2013 : championnats du monde d'athlétisme de Moscou	2,8	24
2012 : J.O. de Londres	10	56,7
2011 : championnats du monde d'athlétisme de Daegu	4,4	28,3
2009 : championnats du monde d'athlétisme de Berlin	4,3	22,4

Tableau 1 : audience lors de finales du 100 m masculin d'athlétisme

Cette retransmission doit donc être de grande qualité et le nombre de caméras nécessaire pour retransmettre cet événement sportif est important. La figure 1 schématise les emplacements des caméras autour d'un stade d'athlétisme.

Figure 1 : disposition des caméras lors d'un meeting d'athlétisme de la Diamond League



(Source mediaunautre regard.com)

Pour apporter plus de dynamisme à la retransmission et pour mieux s'adapter à des épreuves se déroulant sur de grands espaces, de nouvelles solutions de caméras mobiles sont utilisées.

Ces nouvelles caméras peuvent se situer :

- en hauteur, en utilisant un maillage de câbles de guidage permettant à la caméra de se déplacer n'importe où au-dessus du stade ;
- au sol, sur des rails afin de longer la piste.

Présentation du système

La société XD-motion utilise, pour filmer l'épreuve d'athlétisme du **100m**, le système X-track qui est une caméra motorisée sur rails (figure 2). Cette caméra est positionnée parallèlement à la piste (figure 3).

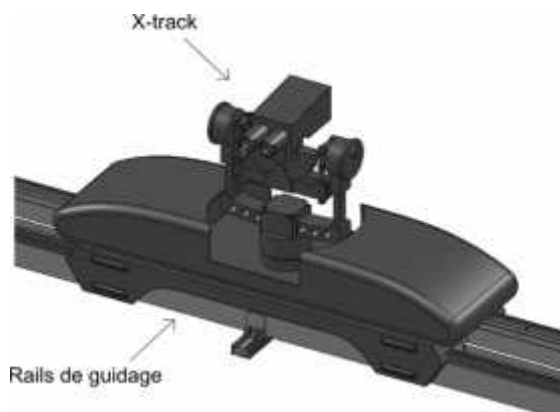


Figure 3 : vue en perspective

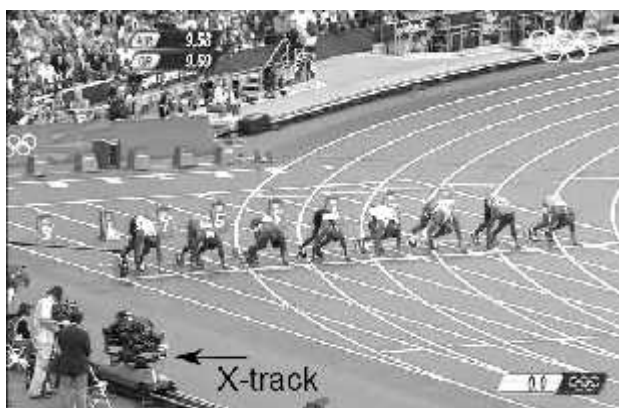


Figure 3 : position du système X-track

(source <http://www.olympic.org>)

Le X-track présente les avantages de réaliser une image de l'ensemble des athlètes avant le départ, de suivre la tête de la course durant l'épreuve et d'obtenir une vue d'ensemble des concurrents de tête sur le final. Ainsi, il donne l'impression au téléspectateur de courir à côté des athlètes.

Deux modes de déplacement, mode manuel et mode automatique, sont possibles. Afin de filmer en mode automatique les différentes épreuves du **100m** (phases de qualification, demi-finales et finale), le système de pilotage du X-track utilise une base de données contenant la liste des athlètes et leurs performances. Ainsi, lors de chaque course, en fonction des athlètes présents sur la ligne de départ, les paramètres de pilotage du déplacement du X-track peuvent être réglés.

Dans ce sujet, seront étudiées les solutions retenues pour l'initialisation et le déplacement du X-track, ainsi que le positionnement de la caméra sur le X-track.

Partie 1 Analyse du besoin et vérifications de performances

Objectifs de cette partie : **analyser** le besoin lors de la mise en œuvre d'une caméra mobile pour retransmettre une course de **100m** . **Vérifier** que, pour une course donnée, le modèle de la consigne de pilotage en vitesse de la caméra mobile est bien adapté au suivi des athlètes tout au long de la course.

Q1. Exprimer la fonction principale du X-track. **Indiquer** la contrainte principale à prendre en compte pour que le X-track remplisse correctement sa fonction en mode automatique, quel que soit le niveau de la compétition.

Dans le cas d'une course à laquelle participe le recordman actuel de cette épreuve (record de **9,58s** obtenu le 16 août 2008 aux championnats du monde de Berlin), la figure 4 présente la consigne de vitesse du X-track.

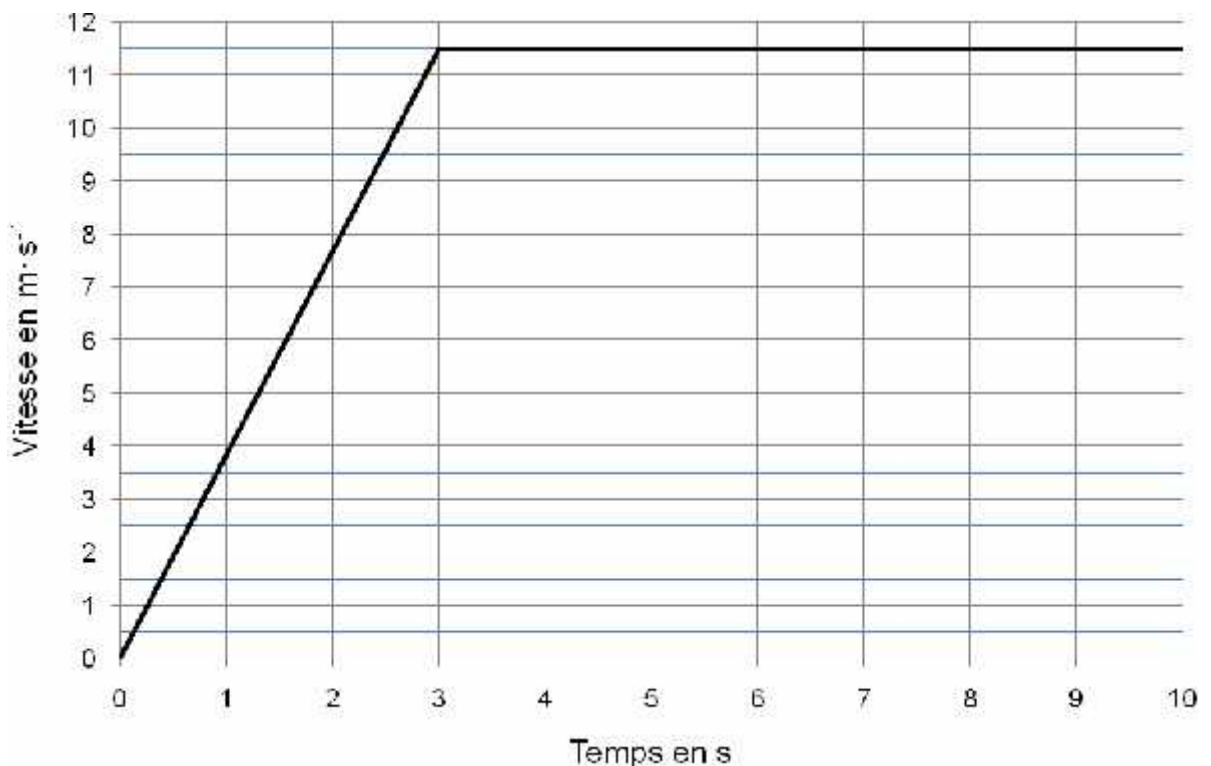


Figure 4 : consigne de vitesse du X-track

Q2. Caractériser la nature du mouvement du X-track pendant la phase 1 ($0\text{ s} \leq t \leq 3\text{ s}$) et la phase 2 ($3\text{ s} < t \leq 10\text{ s}$) .

La figure 5 montre la façon dont est positionné le X-track par rapport à la ligne de départ.

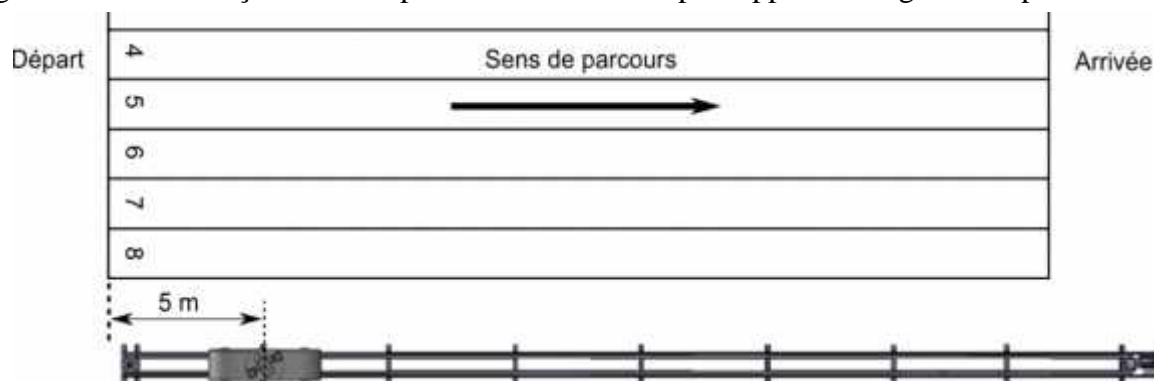


Figure 5 : position du X-track au départ de la course

Q3. En tenant compte du besoin exprimé, **proposer** deux raisons qui justifient le décalage du X-track par rapport à la ligne de départ.

Q4. **Déterminer** les équations de la position du X-track durant les phases 1 et 2. Sur le document réponse DR1, **compléter** le tableau et **tracer** la courbe de position du X-track.

Q5. **Indiquer** si le X-track est capable de filmer correctement toute la course avec cette consigne de vitesse. **Argumenter**.

Q6. **Préciser** qui de l'athlète courant le **100 m** en **9,58 s** ou du X-track arrive en premier. **Indiquer** l'écart (différence de position) entre le X-track et l'athlète à l'instant où ce dernier franchit la ligne d'arrivée.

Le X-track se déplace sur des rails, tracté par un câble à l'aide d'un moteur électrique. La commande de cette motorisation électrique met en œuvre un asservissement.

Q7. **Justifier** qu'il est pertinent, dans ce contexte, d'utiliser un asservissement pour commander le moteur du X-track.

Un logiciel de modélisation et de simulation multi-physique a permis de simuler le comportement du X-track pour différentes stratégies d'asservissement. Le document technique DT1 présente les courbes correspondantes en termes de position.

Q8. En comparant les différentes courbes proposées sur le document technique DT1, **déterminer** laquelle des trois stratégies de commande est la plus adaptée à un suivi fidèle de toute l'épreuve.

Partie 2 Positionnement de la caméra sur le X-track

Objectifs de cette partie : **valider** les performances de position en rotation de la caméra sur le X-track afin de centrer l'image sur les athlètes durant toute la course.

Pour permettre de voir l'ensemble des athlètes au départ (figure 6), puis suivre la course de côté (figure 7), la caméra doit pouvoir pivoter.

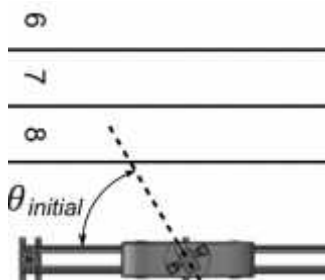


Figure 6 : angle initial de visée

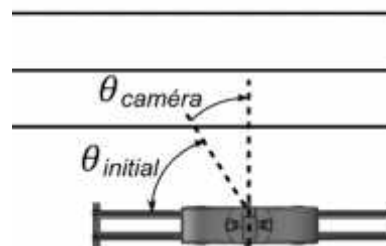


Figure 7 : angle final de visée

Le choix de la solution technique permettant ce mouvement est un moteur pas à pas McLennan23HSX-306, en raison de son faible coût et de sa facilité de mise en œuvre. Ce moteur est implanté dans une chaîne d'énergie dont la structure est illustrée sur la figure 8.

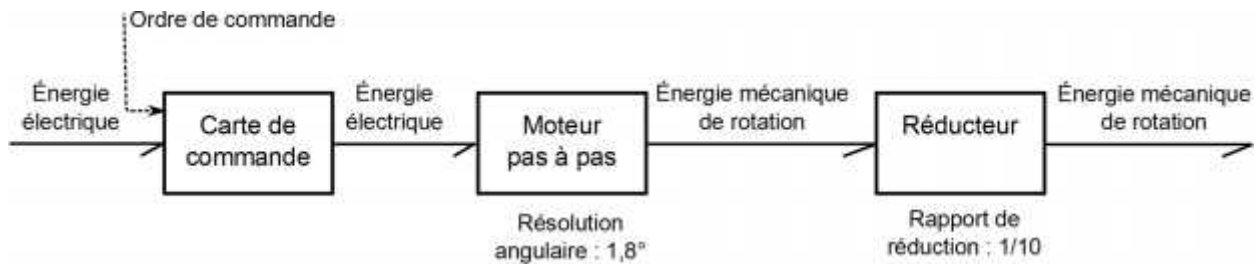


Figure 8 : structure de la chaîne d'énergie de rotation de la caméra

La carte de commande permet de traduire l'ordre de commande en une position angulaire en sortie du moteur (figure 9). Chaque impulsion de l'ordre de commande se traduit par la rotation d'un pas de l'arbre de sortie du moteur. Sur un tour, un moteur pas à pas possède un nombre fini (entier) de positions angulaires : ce qui définit la résolution angulaire

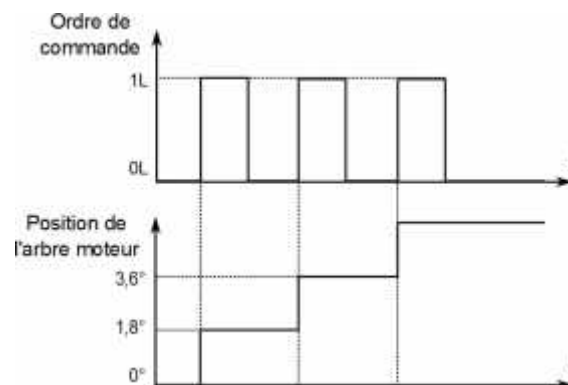


Figure 9 : évolution de la position de l'arbre moteur (résolution angulaire 1,8°)

Afin d'améliorer la précision de positionnement de la caméra, un réducteur de rapport $r = \frac{1}{10}$ est inséré entre le moteur pas à pas et la caméra.

La figure 10 fait apparaître le positionnement du X-track au début de la course. La caméra doit viser le milieu de la piste, entre les couloirs 4 et 5 (à $\pm 15\text{cm}$). Chaque couloir a pour largeur $1,22\text{m}$.

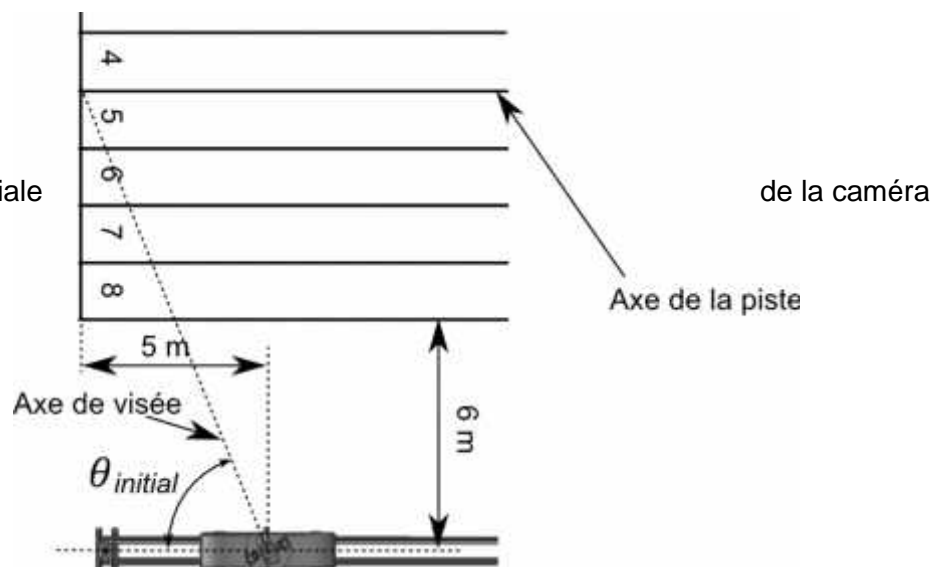


Figure 10 : position initiale

Q9. Déterminer l'angle théorique θ_{initial} (défini sur la figure 10) que forme l'axe de visée avec l'axe de la piste au moment du « top départ » en considérant que la caméra pointe le centre exact de la piste.

Sachant que l'angle final de la caméra par rapport à l'axe de la piste doit être de 90° , calculer l'angle $\theta_{\text{caméra}}$ (défini sur la figure 7) que doit parcourir la caméra.

Q10. En déduire l'angle de rotation θ_{moteur} de l'arbre moteur ainsi que le nombre entier N_{pas} de pas correspondant à cette rotation.

Un des principaux critères du cahier des charges est de suivre l'athlète pendant la course avec la caméra en position parfaitement perpendiculaire à la piste. En conséquence, l'arrondi réalisé sur le nombre entier de pas pour passer de la position initiale à la position finale entraîne un écart de visée quand la caméra est en position initiale.

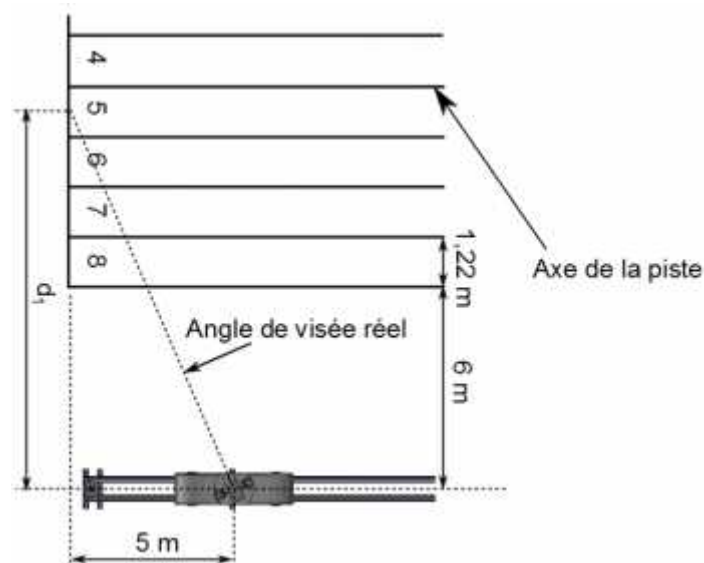


Figure 11 : visualisation de l'angle de visée réel

Q11. Calculer la distance $d1$ définie sur la figure 11 correspondant au centre de l'image réellement visé. Vérifier que la position du X-track respecte le cahier des charges.

Il est impératif de filmer en permanence le premier coureur. La caméra doit donc se trouver perpendiculaire à la piste à l'instant $t1$, lors duquel elle est rattrapée pour la première fois par ce dernier.

Q12. Localiser $t1$ sur le graphique du document réponse DR1. Indiquer sa valeur sur ce document.

Q13. Calculer la fréquence f_{pas} des impulsions de l'ordre de commande. Sachant que le constructeur précise que le moteur pas à pas ne peut pas être piloté à plus de 170Hz , conclure sur l'utilisation d'un tel moteur pour positionner la caméra.

Partie 3 Synthèse

Objectif de cette partie : proposer une synthèse du travail réalisé.

Q14. Au regard des différents points abordés tout au long de ce sujet, montrer que le X-track est bien en mesure de retransmettre une épreuve de 100m de haut niveau tout en permettant au téléspectateur de s'immerger au cœur de la course.

Réponse attendue sous forme d'un paragraphe argumenté d'une longueur maximale de 10 lignes.

Document technique DT1 Évolutions simulées du comportement du X-track en fonction de la stratégie mise en œuvre

