



HAL
open science

Perceptual cooperation in circus art: performance and emotion

Benoît Bardy

► **To cite this version:**

| Benoît Bardy. Perceptual cooperation in circus art: performance and emotion. 2005. hal-00003689

HAL Id: hal-00003689

<https://hal.science/hal-00003689>

Preprint submitted on 20 Jan 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La coopération perceptive dans les arts du cirque : performance et émotion

Responsable scientifique : Benoît BARDY

Benoît BARDY

Centre de Recherches en Sciences du Sport (EA 1609),
Université Paris XI Bâtiment 335
91405 Orsay Cedex

Équipes partenaires :

- Centre National des arts du cirque, Châlons-en-Champagne.
- Centre de Recherche et composition chorégraphique, Fondation Royaumont.
- Laboratoire de Biomécanique du Mouvement, CNRS-Université de la Méditerranée.
- Laboratoire de recherche sur les facteurs humains, Université du Minnesota.

Résumé signalétique

L'objectif de ce préprojet était de débiter l'étude du rôle conjoint des informations visuelles, vestibulaires, et somato-sensorielles dans la régulation d'habiletés complexes telles celles issues des activités circassiennes (trapèze Washington). L'originalité du projet reposait sur la construction d'un dispositif expérimental permettant de manipuler conjointement les différentes entrées sensorielles. Elle consistait également à rapprocher chercheurs et chorégraphes autour d'un thème commun : celui des liens entre la performance et l'émotion.

Les actions entreprises pendant la durée du projet concernaient (1) un travail théorique entre les chercheurs du CRESS et les chorégraphes de la fondation Royaumont, (2) l'acquisition de données expérimentales au trapèze Washington, et sur stabilomètre, (3) le développement de collaborations scientifiques avec le Centre National des Arts du Cirque, (4) la réalisation d'un dispositif expérimental de perturbation des entrées sensorielles, (5) la modélisation du tenseur d'inertie, responsable du contrôle de l'orientation posturale, et la réalisation de trois expériences manipulant les propriétés du tenseur d'inertie. Les résultats obtenus dans ces expériences révèlent des mécanismes différenciés de contrôle de l'orientation spatiale.

Mots-clés : Intermodalité • Arts du cirque • Chorégraphie • Performance

Nombre de participants :

STAPS	5
Biomécanique	1
Informatique	1
Psychologie	1
Arts	2

Nombre total d'hommes-mois : 81

Rappel des enjeux et objectifs fixés à l'origine

Le projet initialement déposé avait pour objectif la construction du projet définitif sur la coopération perceptive dans les arts du cirque.

Il se proposait d'étudier le rôle conjoint des informations visuelles, vestibulaires, auditives et kinesthésiques dans la réalisation des habiletés circassiennes et dans la perception émotionnelle d'un spectacle de cirque.

Le problème de la coordination (e.g., Bernstein, 1967) rencontré dans les situations circassiennes met en exergue la nécessité pour l'artiste de prélever de façon rapide et précise les informations permettant une régulation efficace du mouvement. Pris séparément, les systèmes visuels, vestibulaire, ou kinesthésique n'y suffisent assurément pas. Une raison est l'absence de relation univoque entre les patrons optiques ou mécaniques générés par le mouvement de l'artiste et le mouvement lui-même (Stoffregen & Bardy, 2001). Des mouvements différents peuvent conduire, sur de courtes périodes, à une stimulation identique du système vestibulaire (e.g., Howard, 1986), ou visuel (Fouque et al., 1999) et les conséquences de cette ambiguïté perceptive dans les situations complexes peuvent conduire à la chute (celle du trapéziste). Cependant, combinées ensemble, les informations visuelles, vestibulaires et kinesthésiques spécifient de façon univoque la relation entre l'artiste et son environnement. L'écart

par exemple entre la direction du trapéziste et celle de l'équilibre à conserver est spécifié conjointement dans le flux vestibulaire et le flux kinesthésique (Riccio, 1993). Dans ces habiletés circassiennes à fortes contraintes spatiales et temporelles, nous faisons l'hypothèse que le succès dépend de la détection par l'artiste de l'information présente dans la *combinaison* des structures énergétiques venant stimuler ses récepteurs sensoriels (Gibson, 1966 ; Stoffregen & Bardy, 2001).

Nous faisons également l'hypothèse que l'émotion engendrée chez le spectateur trouve ses racines dans une organisation originale, surprenante, décalée, en tout cas gérée par l'artiste, des différentes sources d'informations liées aux déclinaisons de l'esthétisme des mouvements chorégraphiés, scénographiés (éclairage, musique, costume, performance, plastique, apport textuel vocal, effets comiques...) et devant aller au-delà de l'exploit produit ou du risque pris.

Le calendrier devait comporter trois phases chronologiques :

- Identification avec l'aide du comité des équipes partenaires ;
- Formulation des objectifs, du cahier des charges précis et rédaction du projet définitif ;
- Acquisition, grâce aux moyens en personnel et en matériel du CRESS, de données préliminaires (numéro de trapèze).

Résumé des résultats effectivement atteints

Quatre actions principales ont été entreprises depuis le début du projet.

Performance, chorégraphie et émotion

Une question essentielle qui sous-tend la construction d'une chorégraphie circassienne est celle du liant, c'est-à-dire la façon dont les différents éléments qui composent l'écriture chorégraphique sont assemblés afin de produire une forme. Deux aspects complémentaires de ce liant apparaissent comme essentiels dans la construction chorégraphique : les persistances qui caractérisent certaines propriétés invariantes des formes, et les changements, qui témoignent des variations, dans l'espace et dans le temps, de ces mêmes formes. Véritables attracteurs dans l'espace scénique, les persistances résultent de l'émergence de structures organisées, fruits de l'assemblage des différentes unités chorégraphiques. Par définition éphémères, les changements traduisent les réorganisations spatio-temporelles, plus ou moins discontinues, qui assurent la transition d'une persistance à une autre. L'emboîtement subtil des persistances et des changements constitue un aspect déterminant de l'appréciation d'un spectacle circassien. La première action menée a consisté à établir une collaboration avec une spécialiste de la construction chorégraphique (Susan Buirge, Fondation Royaumont) afin de mieux comprendre les liens entre performance et émotion (Buirge & Bardy, 2001). Une comparaison entre la danse contemporaine et le cirque a pour cela été menée. Cette collaboration a donné lieu à une conférence dans un colloque. Elle se poursuit actuellement par l'identification des structures

de coordination présentes dans les chorégraphies contemporaines.

Buirge, S., & Bardy, B.G. Persistances, changements, et construction chorégraphique. Colloque international « Forme et temps : La perception au fil de l'œuvre » Paris (France) : 6-8 juin 2001).

Acquisition de données au trapèze Washington

En second lieu, une expérience a été réalisée, en collaboration avec l'école de cirque d'Amiens, sur le maintien d'un équilibre renversé au trapèze ballant. La situation dans laquelle se trouve le trapéziste peut être décrite physiquement comme un pendule inversé oscillant sur un pendule dont le mouvement s'amortit au cours du temps. Les contraintes gravito-inertielles sont importantes : accélération brusque lorsqu'à son élévation maximale le trapèze repart en sens inverse et décélération progressive lorsque le trapèze dépasse la verticale gravitaire (G jouant le rôle d'accélérateur et de décélérateur). Enfin, les systèmes perceptifs sont également contraints dans de telles conditions.

Maintenir un appui tendu renversé sur une barre oscillante et fuyante nécessite d'aligner en permanence la direction de son corps à une direction gravito-inertielle continuellement changeante. Les contraintes d'équilibre sont extrêmes et l'écart, si minime soit-il, entre l'orientation du corps et l'orientation gravito-inertielle doit être immédiatement compensé. Conformément aux objectifs du préprojet, nous avons voulu identifier les mécanismes perceptivo-moteurs mis en jeu dans la régulation de cet équilibre précaire. Les résultats (voir la Figure 2 pour un exemple) indiquent une régulation continue

de l'écart entre la direction de l'équilibre et la direction du corps, à partir de couplages articulaires principalement distaux.

Nos résultats suggèrent la présence de régulations permettant au trapéziste de s'adapter aux contraintes de la tâche. Le passage à la verticale, par exemple, nécessite d'orienter le corps légèrement vers l'avant et ce avant le passage à la verticale afin d'anticiper les effets de la décélération. Ce décalage vers l'avant tend à se maintenir voire se réduire pendant toute la phase de décélération du trapèze jusqu'au pic d'élévation de celui-ci (cf. fig 1). L'analyse de la variabilité de l'écart d'orientation du corps par rapport au trapèze montre que celle-ci évolue au cours du ballant. Elle est minimale aux extrémités des ballants (pics avant et arrière) et atteint des valeurs maximales au passage à la verticale. Ces variations de la variabilité de l'orientation du corps semblent bien être le reflet d'adaptations fonctionnelles puisqu'elles covarient, mais de façon inverse, avec la variabilité de l'ouverture-fermeture de l'angle du coude. La variabilité de cet angle est maximale aux extrémités du ballant (régulation de l'équilibre) et minimale au milieu (cf. fig 2). Nous souhaitons poursuivre ce travail en collaboration avec la société BIOMETRICS, mais les moyens financiers permettant la location d'un système tridimensionnel d'analyse du mouvement manquent actuellement.

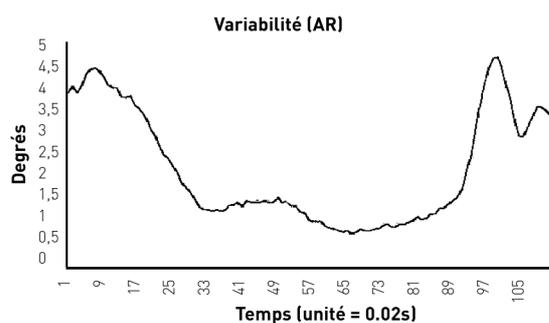


Figure 1. Évolution de la variabilité moyenne de l'écart angulaire corps-cable.

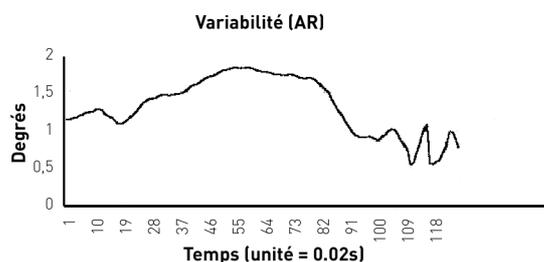


Figure 2. Variabilité de l'angle intersegmentaire du coude.

La difficulté technique d'enregistrer les mouvements du corps dans la situation du trapèze, ainsi que la volonté de manipuler expérimentalement les entrées sensorielles nous ont conduits à engager une série d'études sur le maintien d'un équilibre instable chez l'homme debout. Des sujets debout sur un stabilomètre avaient pour consigne de minimiser les déplacements du plateau dans diverses conditions expérimentales. L'objectif de ces

expériences était d'analyser l'effet de la manipulation des entrées visuelles non seulement sur les variables classiques responsables du maintien de l'équilibre (déplacements linéaires et angulaires des différents segments corporels, corrélations croisées entre les segments et le plateau), mais également sur des variables dynamiques capturant la géométrie du système postural.

La variabilité observée dans les trajectoires du centre de masse lors du maintien de la station droite a longtemps été interprétée comme la conséquence du bruit neuro-musculaire, et le contrôle postural a longtemps été considéré comme efficient lorsqu'il minimise ce bruit. Depuis quelques années, certaines études contredisent cette interprétation (e.g., Collins & DeLuca, 1993), arguant que les fluctuations observées dans la trajectoire du centre des pressions (CP) ou du centre de masse (CM) possèdent une structure dont la connaissance permet de mieux comprendre les variables impliquées dans le contrôle postural. Les outils mathématiques empruntés à la mécanique statistique non équilibrée et la dynamique stochastiques (coefficient de diffusion, de Hurst, exposant maximal de Lyapunov, dimension de corrélation...) offrent aujourd'hui les moyens (i) de quantifier la structure dynamique de CP et CM dans des conditions posturales variées, et (ii) d'analyser l'effet des entrées sensorielles sur ces variables dynamiques.

Les premiers résultats obtenus dans une situation de maintien d'un équilibre précaire (Mégrot, Bardy, & Dietrich, sous presse) indiquent une dynamique globale (CM) de dimension plus faible que les dynamiques locales (i.e., segmentaires) exprimant en ce sens le processus de réduction dimensionnelle mis en jeu par le sujet. Ils indiquent également une augmentation de la composante chaotique du mouvement (exposants de Lyapunov) en l'absence de vision, principalement au niveau de la tête.

Ces résultats ont des conséquences importantes pour ce projet. D'une part, ils suggèrent que la coordination segmentaire et la régulation de l'équilibre correspondent à une dynamique relativement simple (entre le point fixe et le cycle limite).

D'autre part, ils indiquent que les entrées sensorielles modulent principalement la dynamique des variables locales (déplacement de la tête) en préservant l'organisation générale du mouvement. Plus récemment, deux expériences complémentaires ont été réalisées avec le même protocole, mais sur une durée plus importante (6 jours, 1 h par jour) et avec des sujets d'expertise différentes (acrobates, nageurs, judokas, sédentaires). Les résultats sont en cours de traitement.

Centre National des Arts du Cirque.

Parallèlement, des contacts ont été initiés avec le Centre National des Arts du Cirque à Châlon-en-Champagne (Directeur Général : Bernard Turin) afin de mettre en œuvre les expériences prévues dans le projet (trapèze et mains-à-mains). Ces échanges se sont révélés constructifs et une phase de collaboration est désormais envisagée. Ces expériences sont consécutives aux données enregistrées avec l'école de cirque d'Amiens. Elles pourraient être réalisées fin 2002 sur le site du Centre National (Châlons-en-Champagne, avec une population d'élèves novices et experts du centre). Des contacts complémentaires avec le ministère de la Culture (Jean-Michel Guy, chargé de mission au Département des Études et de la Prospective, responsable des relations avec le monde des Arts

du Cirque) ont été initiés. Ils débouchent sur la participation du laboratoire à une collaboration tripartite entre le CNAC, le Ministère de la Culture, et le CRESS. Les moyens attribués n'ont pour l'instant pas permis de réaliser ces expériences.

Le rôle du tenseur d'inertie : modèle et données

Une quatrième action essentielle du projet a consisté à développer des outils théoriques, méthodologiques, et techniques, permettant d'appréhender le rôle joué par le tenseur d'inertie du corps dans le contrôle de l'orientation corporelle. Les réflexions, lectures et débats, menées au sein du laboratoire, mais également avec les partenaires extérieurs, nous ont peu à peu fait prendre conscience de l'importance de cette variable, à la fois pour le contrôle de l'orientation corporelle dans de nombreuses habiletés circassiennes, mais aussi comme support émotionnel pour le spectateur. Le tenseur d'inertie peut se définir comme une quantité mécanique invariante rendant compte de la distribution des masses du sujet et dont les valeurs sont indépendantes à la fois du temps et du système de coordonnées considéré. Plusieurs résultats expérimentaux (Pagano et Turvey, 1995, 1996) suggèrent que le contrôle proprioceptif de l'orientation de nos membres pourrait être organisé sur la base de l'extraction du tenseur d'inertie. Le contrôle orienté de nos mouvements s'effectuerait en prenant comme axe de référence les vecteurs propres du tenseur d'inertie, et signifierait que les masses du segment en mouvement sont symétriquement distribuées autour de l'axe de rotation pris comme référence.

La détermination de son rôle dans le contrôle directionnel du bras ayant fait l'objet d'analyses cinématiques récentes, la question suivante consistait à savoir plus généralement, si c'est sur la base de cet invariant que le sujet perçoit et contrôle l'orientation de son corps en coordonnant les différentes masses locales

segmentaires. Deux phases ont été menées cette année. 1) Réalisation d'un dispositif expérimental permettant de manipuler le tenseur postural. 2) Modélisation (collaboration Gilles Dietrich, Université de la Méditerranée) de la direction du tenseur au cours du mouvement et réalisation de 3 expériences comportementales. Ce point est développé dans le paragraphe suivant.

Modélisation du tenseur d'inertie et expérience comportementales.

Dans un premier temps, une collaboration (Gilles Dietrich) a été mise en place pour le développement d'outils d'analyses. Cette étape est un point fondamental de l'avancée des études théoriques, méthodologiques et expérimentales de cette problématique. Elle permet la modélisation et le calcul de la cinématique du tenseur d'inertie. La seconde étape a été centrée sur la réalisation de trois expériences dont deux effectuées en collaboration avec l'université de Toulon Var. Ces investigations ont consisté à tester le rôle du tenseur d'inertie dans la perception et le contrôle de l'orientation lors d'un geste de pointage. En découplant l'orientation du tenseur d'inertie, i.e. le vecteur propre, avec celles des membres contribuant à la tâche, nous avons mis en évidence différents modes de contrôle d'un geste pluri articulé. Une variabilité interindividuelle a été observée, basée sur l'utilisation de différents invariants directionnels pour le contrôle du bras. Afin de comprendre la contribution de la géométrie tensorielle dans le contrôle directionnel, un matériel spécifique d'analyse du mouvement a été utilisé (VICON 460). L'analyse de la cinématique du tenseur d'inertie est en cours.

L'étude préliminaire nous a permis de conclure que le tenseur d'inertie apparaît être un invariant informationnel pertinent, prélevé via la proprioception, essentiellement lors de petites modifications de la distribution des masses.

Publications issues du projet

- Bardy, B. G. Postural coordination dynamics in standing humans. In V.K. Jirsa and J.A.S. Kelso (Eds.), *Coordination Dynamics : Issues and Trends*, Vol.1 *Applied Complex Systems*. New York : Springer Verlag. Article soumis
- Isableu, B., Bernardin, D., Dietrich, G., & Bardy, B.G. (2002). Differential role of inertia tensor and articular geometry during reaching. Article en préparation.
- Mégrot, F., Bardy, B.G., & Dietrich, G. Changes in phase space during learning an unstable balance. Article en preparation.
- Mégrot, F., Bardy, B. G., & Dietrich, G. (2001). Dimensionality and the dynamics of unstable equilibrium. In G. A. Burton & R. C. Schmidt (Eds.), *Studies in perception and action VI* (173-176). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

- Mégrot, F., Bardy, B. G., & Dietrich, G. (2002). Dimensionality and the dynamics of unstable equilibrium. *Journal of Motor Behavior*, sous presse.
- Oullier, O., Marin, L., Stoffregen, T.A., Bootsma, R.J., & Bardy, B.G. Dynamics of human control of stance. In K. Davids, S. Bennet & K.M. Newell (Eds.), *Variability in the movement system : A multi-disciplinary perspective*. Human Kinetics. Article soumis.
- Stoffregen, T.A., & Bardy, B.G. An informational basis for direct multimodal perception. Article soumis.