



**HAL**  
open science

## Description de procédures d'accouchement en vue de leurs implantations sur un Simulateur robotisé

O Olaby, O. Dupuis, R Silveira, Xavier Brun, Tanneguy Redarce

### ► To cite this version:

O Olaby, O. Dupuis, R Silveira, Xavier Brun, Tanneguy Redarce. Description de procédures d'accouchement en vue de leurs implantations sur un Simulateur robotisé. 18èmes Journées des Jeunes Chercheurs en Robotique, Sep 2004, Douai, France. hal-02069385

**HAL Id: hal-02069385**

**<https://hal.science/hal-02069385>**

Submitted on 20 Mar 2019

**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.

# DESCRIPTION DE PROCEDURES D'ACCOUCHEMENT EN VUE DE LEURS IMPLANTATIONS SUR UN SIMULATEUR ROBOTISE

O. OLABY <sup>a</sup>, R. SILVEIRA <sup>a</sup>, X. BRUN <sup>a</sup>, P. PISARD <sup>a</sup>, O. DUPUIS <sup>b</sup>  
osama.olaby@insa-lyon.fr

<sup>a</sup> Laboratoire d'Automatique Industrielle - LAI, Bât St Exupéry, 25 Av Jean Capelle INSA de Lyon, 69621 Villeurbanne Cedex  
<sup>b</sup> Service de Gynécologie - Hôpital Edouard Herriot, 5, place d'Arsonval - Pavillon L - 69437 Lyon3

**Résumé:** Cet article présente un cahier des charges permettant de simuler différentes procédures d'accouchement. Ces travaux font suite à la réalisation d'un prototype robotisé permettant de simuler un accouchement [1]. La partie mécanique a été réalisée à l'INSA de Lyon [2,3], l'objectif est aujourd'hui de réaliser l'automatisation du système, et d'effectuer la synthèse de loi de commande permettant d'effectuer des tâches d'asservissement, de régulation, de suivi de trajectoires en position, en effort et/ou en raideur.

**Mots clés :** Cahier des charges, robotique, simulateur, procédures d'accouchement.

## I INTRODUCTION

La naissance représente pour chaque être humain une journée très dangereuse. La sécurité de la naissance nécessite l'apprentissage rigoureux de procédures diagnostiques et thérapeutiques. 800 000 accouchements sont réalisés en France chaque année.

Entre 1985 et 1992, il y a eu une réduction de 22% du taux d'accouchement par forceps aux Etats-Unis [4]. Actuellement les jeunes obstétriciens font face à un système de formation. Pendant un accouchement l'enseignement du touché vaginal est difficile. Quand les étudiants réalisent un toucher vaginal, le professeur ne peut pas vérifier ce qu'il fait.

Actuellement les sages femmes et les obstétriciens sont obligés de se former lors de leurs passages en salle d'accouchement. Aucun simulateur ne permet d'apprendre à surveiller la descente de la position de la tête fœtale, ni de former les médecins aux extractions instrumentales (**forceps et ventouses**) par voie basse et aux manœuvres manuelles qui doivent être réalisées en urgence dans un contexte de stress important. L'urgence, la rareté et l'aspect vital de certaines manœuvres rendent l'utilisation de simulateur fonctionnel précieux.

Certains médecins ont proposé de faire des formations de forceps pendant une césarienne [5], mais ce type de procédure n'est pas sans danger [6]. D'autres spécialités comme l'oto-rhino-laryngologie [7], l'orthopédie [8] et la

gynécologie [9] ont développé des simulateurs pour l'entraînement de jeunes docteurs.

Les simulateurs existants utilisent des mannequins du bassin et de la tête du nouveau-né mais ne simulent ni les mouvements du nouveau-né à l'intérieur du bassin, ni l'interface entre les structures osseuses [10].

Des laboratoires et des entreprises dans le monde ont développé des simulateurs d'accouchements, comme par exemple l'Interactive Birth simulateur [11], basé sur un système interactif et dynamique pour l'entraînement des obstétriciens à fin qu'ils développent de l'expérience sur des accouchements compliqués. En Suisse, le Laboratoire d'Automatique et Contrôle travail sur un projet de simulateur d'accouchement ayant pour base le Knee Simulateur [12].

L'objectif de ce papier est double :

- présenter un simulateur mécanique d'accouchement développé en collaboration entre l'INSA de Lyon et le HCL (Hôpital Civile de Lyon). Il est appelé BirthSIM [1,2,3],
- présenter les futures capacités de BirthSIM à reproduire des procédures d'accouchement, décrites ici.

Par rapport aux simulateurs existants, BirthSIM se positionne avant tout comme un simulateur dynamique. BirthSIM prend en compte le mouvement de la tête du nouveau-né dans le ventre de la mère ainsi que les efforts liés aux contractions utérines.

A terme, ce type de simulateur doit permettre d'enseigner de manière réaliste et en toute sécurité les techniques médicales d'accouchement dans les écoles de sages femmes et dans les facultés de médecine.

Cet article est organisé de la manière suivante : la section II est consacrée à la description du simulateur mécanique d'accouchement. La section III présente la problématique de l'accouchement. Ensuite, les différentes procédures d'accouchement sont définies et serviront de cahier des charges pour la robotisation du simulateur. Leurs réalisations passent par l'automatisation du simulateur, cette phase s'inscrit dans les perspectives de nos travaux présentées dans la dernière section.

## II DESCRIPTION DU BIRTHSIM

### II.1 Présentation

Ce simulateur [1,2,3] est présenté par la figure 1. La description effectuée dans cette section concerne uniquement la partie opérative. Le choix des capteurs, la mise en œuvre de la partie commande seront effectués dans la suite de nos travaux après la synthèse du cahier des charges décrit à la section suivante.

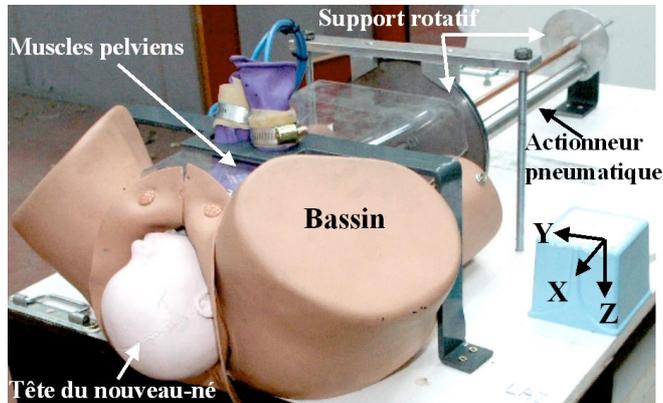


Figure 1 : BirthSIM

La partie opérative est constituée de trois sous-systèmes :

**1. Des mannequins anthropomorphes anatomiques** qui comprennent d'une part un modèle de bassin maternel et d'autre part un modèle de tête du nouveau-né. Ces mannequins sont composés de matière biomimétique. La tête fœtale est composée d'un matériau semi-rigide déformable, elle est équipée d'une articulation permettant de produire les degrés de liberté nécessaires.

**2. Une interface fonctionnelle** qui représente d'une part les contacts entre la tête fœtale et le bassin maternel et d'autre part ceux existant entre la cavité utérine et le corps du fœtus. Cette interface est composée d'un système pneumatique gonflable permettant de produire différentes pressions d'interface.

**3. Un actionneur pneumatique** qui produit l'avancement de la tête et oppose une résistance programmable à la force de traction. Cet actionneur est un vérin linéaire, double effet et simple tige qui supporte la tête du nouveau-né. Le vérin est posé sur un **support mécanique mobile**. Ce système permet de positionner le nouveau-né, et plus particulièrement sa tête dans l'espace :

**A. Une position de départ (axe x, figure 2).** Il est usuel dans le milieu médical de distinguer 11 niveaux (hauteurs) pour repérer la tête du nouveau-né dans le canal vaginal: -5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5 (graduations en cm). La référence de hauteur zéro correspond à la position dans laquelle le sommet de la tête du nouveau-né est tangent au plan des épines sciatiques. La hauteur +5 cm correspond à la position dans laquelle le sommet de la tête est visible de l'extérieur.

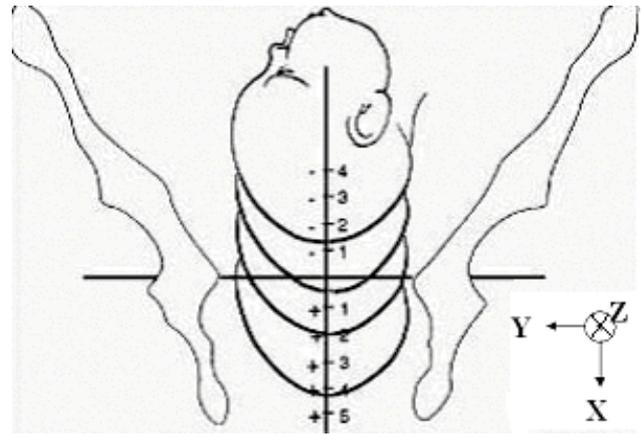


Figure 2 : Les onze niveaux de la tête du nouveau-né dans le canal vaginal

**B. Une présentation de départ (axes y et z)** obtenue par la rotation du **support mécanique mobile** précité. Ce dernier permet de présenter la tête dans 8 présentations différentes dans le plan y et z (figure 3). La position OP (Occipito-Pubienne) correspondant à la position la plus classiquement rencontrée lors de l'accouchement, le nouveau-né se présentant les yeux orientés vers le sol (lorsque la mère est couchée sur le dos).

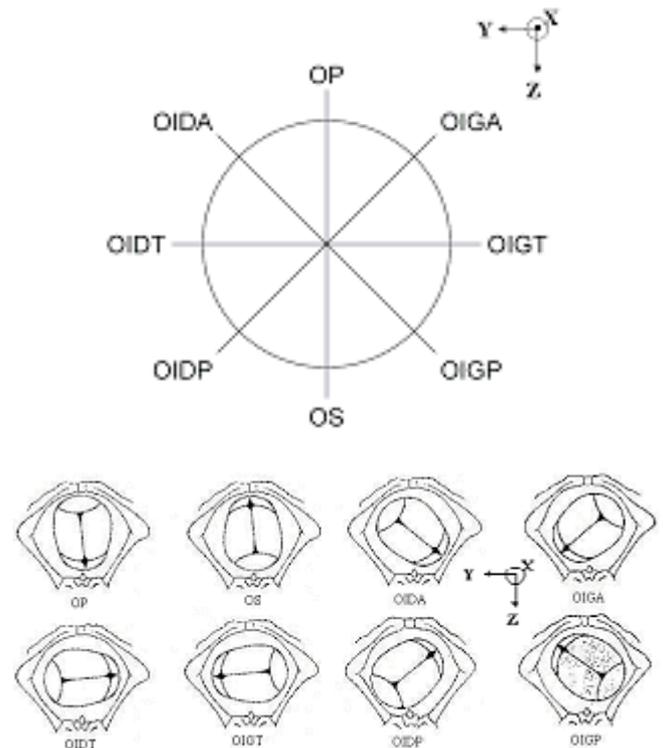


Figure 3 : Les huit présentations de la tête du nouveau-né dans le canal vaginal

### II.2 Objectifs

L'instructeur devra disposer d'un ordinateur lui permettant de choisir entre différents programmes de simulation : accouchement normal ou pathologique. Il pourra également :

- positionner automatiquement la tête du nouveau-né à différents niveaux et différentes présentations,
- régler la fréquence des contractions utérines,
- régler les efforts de poussée abdominale,

Le praticien en formation (sage femme ou obstétricien) disposera de différentes informations :

- tactiles : par un toucher vaginal il pourra évaluer le positionnement de la tête du nouveau-né,
- auditive (poussée abdominale),
- visuelle (existence ou non de contractions utérines).

Ces informations lui permettront de prendre la décision adéquate : appel du spécialiste, renforcement de la surveillance (pose d'électrode de scalp), attitude d'expectative ou attitude active (extraction instrumentale ou césarienne). Lors des essais, le système enregistrera les informations (position, vitesse, accélération, pressions, efforts...). La formation se poursuivra alors par l'analyse des décisions et des gestes qui auront été réalisés.

Le simulateur fonctionnel et anatomique d'accouchement permettra :

- d'évaluer scientifiquement la pertinence des critères cliniques classiques (niveau de descente de la tête, type de présentation);
- d'enseigner sans danger les techniques obstétricales (pose d'électrode de scalp, de saturomètre, de forceps, de ventouse, réalisation des manœuvres de Mac Roberts, de Jacquemier, de Ritgen) ;
- de vérifier les compétences des sages femmes et des médecins avant de permettre la prise de responsabilité en salle d'accouchement (spécialité à risque médico-légale élevée) ;
- de disposer d'un banc d'essai pour valider de nouvelles procédures ou de nouveaux instruments.

### III PROBLEMATIQUE

Pendant l'accouchement le nouveau-né est soumis à deux types de phénomènes. Le premier est la contraction utérine (CU), c'est une activité **involontaire** de la patiente engendrée par les muscles utérins. Le deuxième est l'effort expulsif qui est une activité **volontaire** de la patiente sollicitée par la sage femme ou le médecin.

#### III.1 La contraction utérine (CU)

Lors d'un accouchement normal, le nouveau-né avance à l'intérieur du canal vaginal à chaque CU. Dans le même temps, l'effort résistant de traction diminue. Les CU peuvent être identifiées car :

- A. La patiente peut les ressentir.
- B. L'obstétricien peut :
  - voir les CU s'afficher sur le tocographe,
  - palper la contraction sur le bas ventre de la mère,
  - sentir la tête avancer à chaque CU.

La figure 4 montre ce phénomène qui est naturel, périodique et involontaire. Les caractéristiques de ce phénomène varient d'une femme à l'autre.

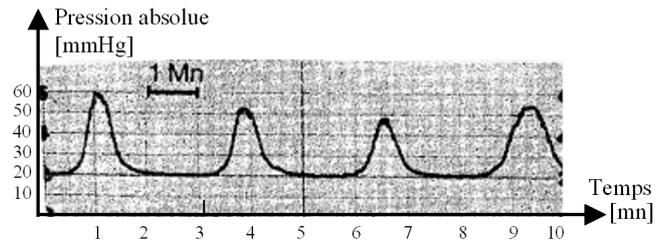


Figure 4 : Les contractions utérines [14]

La fréquence des CU est en moyenne de  $4.4 \pm 1.8$  contractions toutes les 10 minutes. La durée de chaque contraction varie entre  $74 \pm 16$  secondes et la pression vraie est de l'ordre de  $5.19 \pm 2.36$  kPa\* (voir figure 4).

#### III.2 Les efforts expulsifs

L'effort expulsif, est un phénomène **punctuel et volontaire**. Il s'ajoute au phénomène des CU. Ces efforts expulsifs sont traduits par la contraction des muscles abdominaux lors de l'accouchement et l'augmentation de pression intra abdominale. Ce phénomène est montré sur la figure 5. Il est provoqué par :

- A. La patiente quand celle-ci pousse le nouveau-né au moment où le médecin le demande.
- B. La sage-femme ou le médecin qui applique un effort extérieur avec les mains sur le ventre de la patiente. Ce cas se produit lorsque la patiente est fatiguée et est incapable de fournir un effort de poussée.

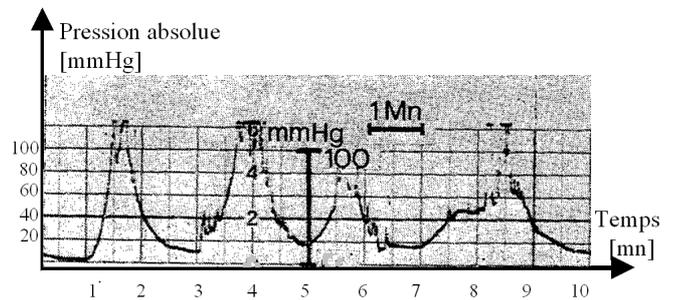


Figure 5 : Efforts expulsifs [14].

Il y a en moyenne 3 à 4 efforts expulsifs par minute [14]. Chaque effort dure entre 10 s et 30 s. L'effort dépend de chaque femme et peut dépasser 13.33 kPa (voir figure 5).

### IV ROBOTISATION DES PROCEDURES

L'objectif de cette partie est de présenter les différentes procédures d'accouchement qui devront être proposées par le simulateur BirthSIM.

\*100 mmHg = 13.33 kPa

#### **IV.1 Mettre en place de façon automatique une position et une présentation de la tête du fœtus ou nouveau né\***

Le simulateur doit être capable sur une demande de l'instructeur :

- de positionner automatiquement la tête à une des onze positions comprises entre -5 et +5 ;
- d'orienter la tête selon une des huit présentations (figure 3).

#### **IV.2 Simulation de la deuxième phase du travail d'un accouchement normal**

##### **Procédure n°1 :**

Le simulateur doit être capable de reproduire le scénario suivant :

Le sommet de la tête démarre en présentation OP au niveau 0 et va jusqu'à +15cm en un temps réglable compris entre 10 mn et deux heures (le temps réel d'accouchement auquel la tête peut entièrement sortir du bassin, naissance proprement dite [13]).

##### *Simulation des contractions utérines*

Entre 0 cm et +15 cm la tête doit avancer de manière régulière, quatre fois toutes les 10 minutes pendant 74 secondes. Pendant cette durée, le type de déplacement linéaire ou non linéaire de la tête doit être déduit de la forme des contractions utérines (figure 4).

##### *Simulation des efforts expulsifs*

A partir de +3 cm l'instructeur doit pouvoir en appuyant sur un bouton, au moment où l'opérateur dit «pousser madame» adresser au système un signal de consigne entraînant un déplacement complémentaire de la tête.

Ce déplacement doit être immédiat, d'une durée comprise entre 10 et 30 secondes et d'amplitude réglable : déplacement court (1 cm), moyen (3 cm) et long (7 cm).

Le type de déplacement linéaire ou non linéaire de la tête doit être déduit de la forme de l'effort expulsif (figure 5) pendant les 20 dernières minutes (si l'accouchement dure 2 heures) et pendant les 2 dernières minutes (si l'accouchement total dure 10 minutes).

Intérêts de la procédure :

- Apprentissage de la surveillance du travail par touché vaginal pour apprécier la hauteur de la tête entre 0 et +5.
- Apprentissage du dégagement de la tête.
- Examiner le comportement de l'opérateur si le déplacement est long (dans ce cas l'opérateur doit retenir progressivement la tête afin d'éviter le déchirement du périnée).

##### **Procédure n°2 : Idem à la procédure n°1 auquel est ajoutée une rotation de la tête pendant sa descente**

L'instructeur pourra commander en rotation le support mécanique, afin d'appliquer à la tête les huit déplacements suivants :

---

\* Par définition lorsque la tête est comprise entre les niveaux -5 et 0, le terme employé est fœtus, au-delà il s'agit d'un nouveau né.

- départ en OIGA ou en OIDA niveau 0, arrivée en OP en niveau +5 ;
- départ en OIDP ou en OIGP niveau 0, arrivée en OS en niveau +5;
- départ en OIDT ou OIGT niveau 0, arrivée en OP ou en OS niveau +5 ;

Intérêts de la procédure :

- Apprentissage de la surveillance du travail par touché vaginal pour apprécier la présentation et la hauteur de la tête dans le canal vaginal.
- Apprentissage du dégagement de la tête avec toutes les présentations possibles.

#### **IV.3 Simulation et apprentissage d'extraction à l'aide d'une ventouse ou de forceps dans trois situations: facile, difficile et très difficile.**

Les procédures 3 à 5 présentées ci-dessous se produisent lors d'un arrêt de la progression de la tête du nouveau-né dans le canal vaginal. Lorsque les obstacles (efforts expulsifs de faibles intensités, contractions utérines de faibles intensités, tête du nouveau-né assez grand, bassin petit) à l'accouchement sont supérieurs aux CU et efforts expulsifs, il importe de faire une extraction instrumentale.

##### **Procédure n°3 :**

###### **A. Situation de pose du forceps ou ventouse facile**

Manœuvre facile se fait quand le sommet de la tête est en OP au niveau +2. Il est nécessaire dans ce cas d'étudier quatre cas :

- Extraction facile : la traction développée sur la tête est faible.
- Extraction difficile : la traction développée sur la tête est moyenne.
- Extraction très difficile : la traction développée sur la tête est très forte.
- Extraction impossible : quelle que soit la force développée par l'opérateur la tête ne bouge pas.

###### **B. Idem A avec pose de forceps ou ventouse difficile**

Manœuvre difficile se fait quand le sommet de la tête est en présentation OIGA au niveau 0.

###### **C. Idem A avec pose de forceps ou ventouse très difficile et dangereuse**

Manœuvre très difficile se fait quand le sommet de la tête est en présentation OIDT au niveau -1.

Intérêt de la procédure :

- Apprentissage et entraînement des jeunes docteurs à utiliser l'instrumental obstétricien à différents niveaux de difficultés de part une variation de l'effort résistant, le niveau et la présentation étant fixés.

##### **Procédure n°4 :**

Pouvoir réaliser un forceps avec la tête initialement située à la hauteur du choix de l'instructeur (parmi les 11 hauteurs possibles) et avec la présentation déterminée par l'instructeur (parmi les 8 positions définies). Pour chaque position de la tête l'instructeur pourra changer l'effort nécessaire à l'extraction de la tête du canal vaginal.

Intérêt de la procédure :

- Apprentissage et entraînement des jeunes docteurs à utiliser les instrumentales à différents niveaux de difficultés (variation de l'effort résistant, variation du type du niveau et du présentation).

Attention il est important de comprendre que quelle que soit la position de départ de la tête, la position d'arrivée sera obligatoirement de type OP ou OS.

#### Procédure n°5 :

Pouvoir effectuer un forceps ou une ventouse avec les conditions énumérées dans la procédure n°3 en ajoutant le paramètre suivant : l'instructeur doit pouvoir en appuyant sur un bouton, au moment où l'opérateur dit «pousser madame» adresser au système un signal entraînant une diminution de l'effort que doit fournir l'opérateur. Cette diminution doit durer entre 10 et 30 secondes et doit pouvoir prendre trois intensités différentes: faible, modérée ou forte, représentant respectivement 10%, 30% et 60% de l'effort fourni par l'opérateur.

Intérêt de la procédure :

- Apprentissage de la synchronisation CU, efforts expulsif et la traction .
- Contrôle la qualité de l'extraction instrumentale.

## V AUTOMATISATION DU BANC D'ESSAI

Le cahier des charges présenté dans ce papier doit permettre d'élaborer l'automatisation du simulateur d'accouchement BirthSIM. Pour ce faire le choix de la partie mesure doit permettre en **temps réel** de pouvoir transmettre à l'opérateur le maximum d'informations :

- la position de la tête,
- la vitesse de déplacement de la tête, éventuellement son accélération,
- l'effort pneumatique développé par l'actionneur,
- l'effort de traction développé par l'opérateur,
- le positionnement des instruments d'aide à l'accouchement,....

Le positionnement de la tête du bébé sera assuré en translation par un vérin électropneumatique commandé par des servovalves. Le choix d'une architecture du pilotage de la partie pneumatique sera à effectuer. Certaines solutions ont déjà été étudiées au Laboratoire d'Automatique Industrielle [15].

La génération de trajectoires de consignes sera un problème important à résoudre afin de traduire ce cahier des charges médical, en problème d'automatisme. Il restera alors à réaliser les différentes procédures et à synthétiser des commandes robustes permettant de minimiser les erreurs de poursuite dans un domaine pluridisciplinaires fortement non linéaires.

## REFERENCE

- [1] Dupuis O., Dittmar A., Delhomme G., Redarce T., Betemps M., Silveira R., "Simulateur fonctionnel et anatomique d'accouchement". Numéro du brevet: 0309569. Date du brevet 01/08/2003

- [2] Silveira R., Dupuis O., Delhomme G., Dittmar A., Betemps M., Redarce T., Instrumented an Obstetrical Forceps. IEEE ICIT'02 – International Conference on Industrial Technology, Bangkok, Thailand, December 11-14, 2002. p 470-473.
- [3] Silveira R., Dupuis O., Pham M.T., Dittmar A., Redarce T., Betemps M.. Design of a Mechanical birth simulator. World Congress on Men's Health Medicine – WCMHM'04. Paris, France, 5-8 Aril 2004.
- [4] Ventura SJ, Martin JA, Curtin SC, Mathews TJ, "Report of final natality statistics 1996", Mon Vital Stat Rep, Vol. 46: p 1-99, 1998.
- [5] Locksmith GJ, Gei AF, Rowe TF, Yeomans ER, Hankins GDV, "Teaching the Laufe-Piper Forceps technique at cesarean delivery" J Reprod Med; Vol. 46, p 457-61, 2001.
- [6] Berman M, "Teaching the Laufe-Piper Forceps technique", J Reprod Med; Vol.47, p 693, 2002.
- [7] Edmond CV, Wiet GJ, Bolger B, "Virtual environments surgical simulation in otolaryngology", Otolaryngol Clin North Am, Vol. 31, p 369-81, 1998.
- [8] Smith S, Wan A, Taffinder N, "Early experience and validation work with Procedicus VA- the prosolvira virtual reality shoulder arthroscopy trainer", Stud Health Technol Inform, Vol. 62: p 337-43, 1999.
- [9] Pugh CM, Youngblood P, "Development and validation of assessment measures for a newly developed physical examination simulator", J Am Med Inform Assoc; Vol. 9, p 448-60, 2002.
- [10] Gonik B, Allen R, Sorab J, "Objective evaluation of the shoulder dystocia phenomenon" : effect of maternal pelvic orientation on force reduction", Obstet Gynecol, Vol. 74, Issue 4, p 4-7, 1989.
- [11] <http://www.incubators.org.il/25032.htm>
- [12] <http://www.vr-med.com>
- [13] Friedman, "A labor clinical evaluation and management", New York appleton century fox 1967, 397 p.
- [14] Thoulon J.-M., "Le monitoring électronique fœtal", 189 p, 2<sup>ème</sup> édition, 1991
- [15] Brun X., Thomasset D., Bideaux E., "Influence of the process design on the control strategy: application in electropneumatic field", Control Engineering Practice, Volume 10, Issue 7, July 2002, p 727-735.