



Université des Sciences et Technologies de Lille

Thèse

Présentée pour obtenir le titre de Docteur spécialité
Automatique, Génie Informatique, Traitement du Signale et
Images

par

Jalloul ELFEHRI

SUPPORT MEDICAL AVANCE ANTI-ESCARRES
APPROCHE SYSTEME

Thèse soutenue le 18 novembre 2010, devant la commission d'examen formée de :

Ahmed RACHID	Professeur à l'Université de Picardie	Rapporteur
Laurence SCHACHER	Professeur à l'Université de Haute- Alsace	Rapporteur
Abdellah GHENAIM	Professeur à l'INSA de Strasbourg	Examineur
Vladan KONCAR	Professeur à l'ENSAIT	Directeur de Thèse
Christian VASSEUR	Professeur à l'Université de Lille1	Co-directeur de Thèse
François BOUSSU	Maitre de conférences à l'ENSAIT	Co-directeur de Thèse

À la mémoire de mon père

À ma mère

À ma femme

À ma famille

À mes amis

Remerciements

Le présent travail est le fruit d'une collaboration et non le résultat d'un effort individuel.

Durant ces années de recherche un nombre de personnes m'ont aidé à traverser cette expérience riche humainement autant qu'en valeur scientifique.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mon Directeur de thèse Vladan KONCAR, ainsi que mes Co-Directeurs de thèse, Christian VASSEUR et François BOUSSU, pour leur disponibilité et leur aide précieuse. C'est grâce à leurs conseils judicieux et à leurs encouragements constants que j'ai pu mener à bien ce travail.

Je suis honoré que les professeurs Ahmed RACHID, et Laurence SCHACHER aient bien voulu être rapporteurs de mon travail de thèse. Je les remercie.

Un grand merci à monsieur Abdellah GHENAIM, d'avoir accepté d'être Examineur de cette thèse.

Enfin, je suis reconnaissant à ma femme Nezha, à ma famille et à mes amis pour la patience dont ils ont fait preuve durant ces années.

Sommaire

Introduction générale	10
1 Chapitre 1 : Etude bibliographique de l'escarre	14
1.1 Introduction	14
1.2 Définition de l'escarre	15
1.3 Mécanisme de formation d'escarre	16
1.3.1 Pression excessive et prolongée	16
1.3.2 Chocs traumatiques	17
1.3.3 Le cisaillement.....	17
1.3.4 La macération.....	17
1.3.5 La température	18
1.4 Localisation et répartition des escarres	19
1.4.1 Localisation des escarres.....	19
1.4.2 Répartition des escarres	20
1.5 Solutions Anti-Escarre	21
1.5.1 Les supports statiques	21
1.5.2 Les supports dynamiques.....	28
1.5.3 Système de mesure de pression d'interface.....	31
1.6 Conclusion.....	34
2 Chapitre 2 : Solution anti escarres active	36
2.1 Introduction	36
2.2 Vue globale du système.....	37
2.2.1 Principe général	37
2.2.2 Principe de répartition de la pression.....	39
2.3 Système de détection de pression.....	41
2.3.1 Traitement de la matrice de capteurs.....	42
2.3.2 Classification automatique supervisée monodimensionnelle	42
2.3.3 Classification automatique supervisée multidimensionnelle	44
2.4 Modèle mécanique du corps humain.....	47

2.4.1	Modélisation du corps humain.....	47
2.4.2	Calcul de la répartition des Pressions.....	47
2.5	Système de commande	50
2.5.1	Commande des actionneurs.....	51
2.5.2	Convergence de l'algorithme de commande	52
2.6	Conclusion.....	59
3	Chapitre 3 : Simulation et optimisation du système anti escarre.....	60
3.1	Introduction	60
3.2	Simulation du système de cartographie de pression.....	61
3.2.1	Simulation de la classification automatique monodimensionnelle	61
3.2.2	Simulation de la classification multidimensionnelle	66
3.3	Simulation du système de répartition des pressions.....	75
3.3.1	Calcul des hauteurs de consigne	76
3.3.2	Résultats des simulations	79
3.4	Optimisation après simulation.....	83
3.5	Conclusion.....	84
4	Chapitre 4 : Prototype du dispositif anti-escarres.....	86
4.1	Introduction	86
4.2	Mécanisme des plots mobiles.....	88
4.2.1	Systèmes d'actionneurs.....	89
4.2.2	Capteurs de Position.....	93
4.2.3	Capteurs des Pressions.....	94
4.3	Partie commande	96
	Conclusion	105
	Références Bibliographiques	110

Introduction générale

Avec le vieillissement de la population dans les pays développés les problèmes liés à l'hospitalisation dans des établissements spécialisés ou à domicile deviennent de plus en plus importants [1,2]. En parallèle avec les maladies nosocomiales, la formation d'escarres sur les zones de corps soumises à de fortes pressions pendant des périodes longues représente la cause principale de la dégradation généralisée de l'état des patients. La persistance de ces pressions entre certaines parties du corps et le support médical (matelas ou chaise roulante) existent essentiellement chez les patients immobiles. De plus, les phénomènes tels que la macération, l'échauffement et le frottement au contact de la peau accélèrent la formation d'escarres. Cependant, la cause principale d'apparition de ces nécroses dermatologiques est une pression élevée durant un temps long car elle empêche la circulation sanguine normale susceptible d'apporter de l'oxygène aux cellules d'épiderme. Ainsi, la meilleure prévention possible consiste à contrôler en temps réel la pression sur toutes les parties du corps en contact avec le support textile afin d'agir et de les minimiser ou de les faire disparaître. Pour aboutir à ce résultat il est indispensable de suivre la procédure suivante :

- Mesure des pressions en temps réel entre les différentes parties du corps et le support médical ;
- Analyse de l'évolution de ces pressions afin de ne pas dépasser le seuil critique pression x temps susceptible de provoquer les escarres ;
- Action sur les différentes parties du support médical afin de diminuer les pressions sur les zones critiques identifiées au cours de l'étape précédente ;
- Vérification des pressions et suivi des paramètres à risque concernant la macération, l'échauffement et le frottement au contact de la peau.

Dans le cas idéal la procédure doit être suivie pendant toute la durée des soins.

Concernant l'action sur le support médical, pour diminuer ou faire disparaître les pressions à risques il y a deux possibilités. La première dite « passive » ou « statique » consiste à choisir un support textile telles que les pressions soient réparties sur des zones

plus larges et ainsi les pics de pressions sur les zones d'appui seront minimisés. La deuxième action possible, développée dans le cadre de ce travail de recherche, est dite « active », car on agit sur le support médical directement en contact avec les zones d'appui afin de déplacer dans le temps les zones à risque ou de les faire disparaître. Cette action « active » nécessite des moyens plus importants :

- pour mesurer les pressions en temps réel,
- pour calculer la morphologie idéale du support médical en fonction de la position du patient
- pour pouvoir modifier la morphologie du support médical et l'adapter au patient en temps réel.

La contribution scientifique de notre travail de recherche se situe au niveau du développement de la méthode de commande, tenant compte des pressions mesurées, de la morphologie du patient et des données médicales (dermatologiques et générales), capable de diminuer la probabilité de formation d'escarres. Dans un deuxième temps, un prototype de support médical utilisant la méthode développée et pouvant modifier sa morphologie a été réalisé et présenté dans ce rapport. La convergence de la méthode de commande est également démontrée analytiquement afin d'assurer la stabilité du système et un compromis optimal entre l'efficacité médicale et le confort du patient. Dans le cadre d'une seconde thèse de doctorat au sein du laboratoire GEMTEX, un drap intelligent comportant des capteurs de pression piezzo résistifs est en cours de développement. Ces capteurs sont réalisés à base de mousse chargée en nano tubes de carbone. Le travail sur les capteurs est complémentaire au développement de la méthode de commande qui correspond à l'approche système de la problématique « anti – escarre ».

Le mémoire est organisé de la manière suivante :

Le Chapitre 1 est consacré à l'étude bibliographique de l'escarre, des phénomènes à l'origine de sa formation et des solutions existantes pour diminuer les risques de son apparition. Une analyse critique des méthodes existantes est présentée afin d'identifier les meilleurs moyens possibles pour endiguer sa formation.

Le deuxième chapitre présente la solution que nous avons développée en respectant l'approche globale « système ». En partant de l'idée d'un support médical composé de

Introduction générale

plots mobiles, nous avons envisagé et développé l'algorithme de commande décentralisée adapté à la morphologie humaine. La technique de diminution de pression basée sur la répartition de pression élevée sur le voisinage est utilisée. La convergence mathématique garantissant également un confort relatif du patient est présentée dans ce chapitre.

La simulation de la méthode globale « anti escarre » est donnée en Chapitre 3. Suite à des résultats obtenus, une optimisation de la méthode a été réalisée consistant à augmenter la résolution en termes de nombre de capteurs du système de mesure.

Le Chapitre 4 est consacré à la présentation du prototype fonctionnel de la méthode anti escarre composé de 12 plots afin de tester dans les conditions réelles d'utilisation notre algorithme.

Finalement la conclusion générale avec les perspectives et futurs développements est exposée.

Chapitre 1 : Etude bibliographique de l'escarre

1.1 Introduction

L'application de l'automatique dans le domaine médical a permis de grands progrès dans ce dernier. Actuellement la chirurgie intègre des systèmes robotisés ainsi que des outils de traitement d'images dans le but d'assister les chirurgiens.

D'autres domaines peuvent également bénéficier de ces développements pour résoudre des problèmes qui s'avèrent être sans solution efficace jusqu'à aujourd'hui. La formation des escarres est l'un des ces problèmes récurrents nécessitant une solution efficace.

Dans un état normal, une personne allongée bouge souvent, même dans son sommeil. Ces mouvements permettent de modifier la répartition de la pression d'interface corps-matelas. Ils assurent une meilleure circulation du sang et la dissipation de la fatigue corporelle.

Les personnes âgées ou celles ayant une motricité réduite sont les plus exposées au développement d'escarres.

C'est ainsi que la prévention de l'escarre est devenue une préoccupation importante des établissements de soins, des hôpitaux et des établissements de long séjour, accentuée par le vieillissement de la population et l'augmentation du risque d'une infection nosocomiale.

L'objectif de ce projet est d'étudier les supports médicaux Anti-Escarre déjà existants afin de mettre en place un système automatisé, autonome et performant, avec intégration des textiles intelligents et des méthodes de commande avancées. La détermination des différentes causes ou phénomènes physiques entrant en jeu nous permettra de mieux choisir l'approche optimale pour traiter ce problème.

1.2 Définition de l'escarre

Une **escarre** est une lésion cutanée d'origine ischémique liée à une compression des tissus mous entre un plan dur et les saillies osseuses [2,3 ,4].

L'escarre est également décrite comme une plaie de dedans en dehors de forme conique, à base profonde, ce qui la différencie des abrasions cutanées. Son origine est multifactorielle, cependant le rôle de la pression alliée à la perte de mobilité est prédominant .

Une pression de 60 à 80 mmHg (*), maintenue pendant 2 à 3 heures, peut provoquer des escarres [4,5]. De même, l'occlusion des capillaires, responsable de l'ischémie, est rapidement atteinte avec des pressions de l'ordre de 60 mmHg [6].

Une conférence de consensus française a décrit en 2001 trois types d'escarres selon la situation [7]:

- l'escarre « accidentelle » liée à un trouble temporaire de la mobilité et/ou de la conscience ;
- l'escarre « neurologique », conséquence d'une pathologie chronique, motrice et/ou sensitive : la topographie est surtout sacrée ou trochantérienne. L'indication chirurgicale est fréquente selon les caractéristiques (surface et profondeur), l'âge et les pathologies associées. Le risque de récurrence est élevé, d'où la nécessité d'une stratégie de prévention et d'éducation ;
- l'escarre « plurifactorielle » du sujet confiné au lit et/ou au fauteuil, polypathologique, en réanimation, en gériatrie ou en soins palliatifs, où prédominent les facteurs intrinsèques : les localisations peuvent être multiples, le pronostic vital peut être en jeu, l'indication chirurgicale est rare, le traitement est surtout médical.

(*) $1\text{ mm Hg} = 133,32\text{ pascals}$

1.3 Mécanisme de formation d'escarre

1.3.1 Pression excessive et prolongée

Une pression excessive peut être définie comme une pression qui ferme les vaisseaux sanguins cutanés, voire sous-cutanés, provoquant une hypoxie tissulaire.

Il est difficile de définir la valeur de la pression limite qui provoque cette fermeture. Elle varie certainement selon les individus, voire selon les parties du corps. Par contre, on peut aisément identifier quels sont les points du corps sur lesquels s'exercent les plus fortes pressions, ce qui permet de déterminer les localisations à risque, où l'on pourra exercer une surveillance accrue [2, 4, 5, 8].

La pression excessive va supprimer la circulation sanguine, créant progressivement une hypoxie des tissus, mais l'escarre ne se formera que si cette fermeture se prolonge [7] (Fig 1).

L'hypoxie tissulaire se définit comme une carence d'apport d'oxygène à des tissus (Fig 2). Tout tissu corporel ayant besoin d'oxygène pour vivre, l'hypoxie entraîne le dépérissement irrémédiable des tissus. Ceci peut toucher non seulement les tissus superficiels comme la peau, mais aussi des tissus profonds comme les muscles. L'hypoxie tissulaire ne se voit pas directement, on en constate les conséquences lorsque l'escarre apparaît [2].

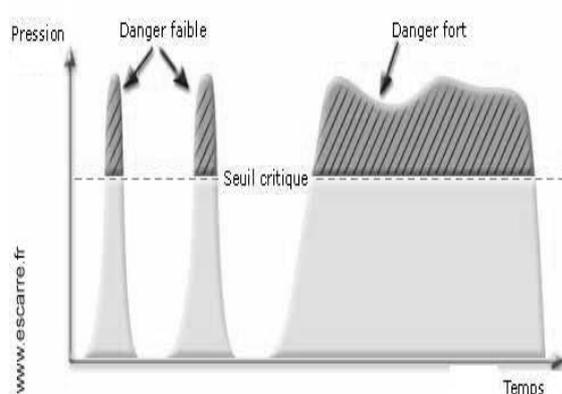


Fig.1 Effet d'une pression prolongée

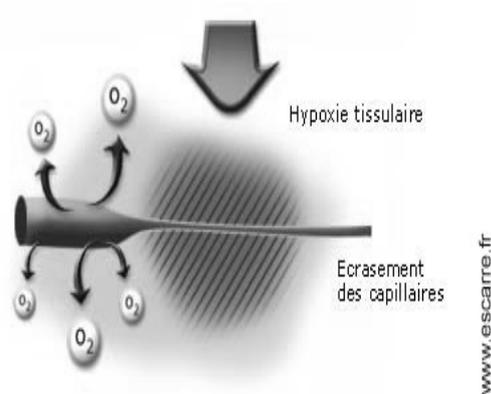


Fig.2 Hypoxie causée par la pression

1.3.2 Chocs traumatiques

Une pression forte suite à un choc violent va provoquer une lésion au niveau des tissus et des vaisseaux sanguins, ainsi qu'un œdème local. Ces facteurs ne provoquent pas directement une escarre mais créent un contexte très favorable à son développement [2, 9].

1.3.3 Le cisaillement

Le cisaillement correspond à la conjonction de deux forces de surface opposées parallèles à la peau. Ces deux forces résultent en général du frottement de la peau lorsque le patient glisse sur un support (*Fig.3*). Le cisaillement entraînerait des tensions ou lésions mal connues au niveau des capillaires sanguins. Quoi qu'il en soit, il est à éviter au maximum dans une démarche tant de prévention que de traitement de l'escarre.

Certaines positions favorisent le cisaillement. Le patient doit en être averti afin de ne pas les adopter. Les vêtements glissants (certaines matières synthétiques, survêtements...) favorisent aussi le cisaillement et sont donc à éviter [2, 3, 8].

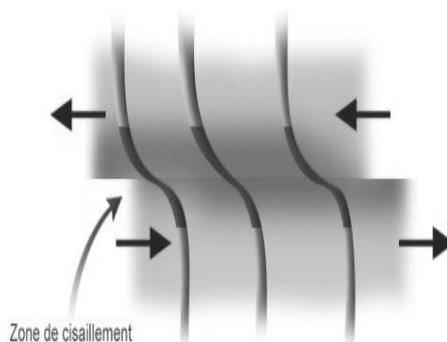


Fig.3 Cisaillement des vaisseaux sanguin

1.3.4 La macération

Elle est causée par la transpiration, les pertes d'urine et de selles. Le contrôle de la macération dépend du matériau du support qui ne doit pas augmenter la transpiration naturelle, être perméable à la vapeur d'eau (taux de transmission de la vapeur d'eau du

matériau : MVTR Moisture Vapor Transmission Rate) et permettre un flux d'air autour du corps. La macération d'une peau sur un support à perte d'air est 87% inférieure à celle d'une peau sur un matelas standard après un test de 3 heures [3,8].

1.3.5 La température

Si la température de la peau descend en dessous de 33°C, les capillaires se ferment et la perfusion diminue, d'où l'intérêt d'un dispositif de réchauffement du patient. A contrario, l'hyperthermie affaiblit la peau et facilite l'action négative de la friction, d'où l'intérêt dans ce cas d'un support ayant un dispositif de perte d'air (mesurable en m³ à l'heure), le flux d'air permettant de dissiper la chaleur [6, 8, 10].

Classement des facteurs mécaniques par ordre d'aggravation de l'escarre [6] :

PRESSION > MACERATION > CISAILLEMENT > CHOCS > TEMPERATURE

1.4 Localisation et répartition des escarres

1.4.1 Localisation des escarres

- ✓ L'escarre du trochanter est une escarre peu fréquente mais très dangereuse [4, 11, 12, 13]. Elle apparaît principalement chez les patients alités en position latérale (*Fig 4*).



Fig. 4 Localisation Escarre Trochanter

- ✓ L'escarre ischiatique est fréquente chez les patients assis (*Fig 5*). C'est l'escarre courante chez le paraplégique [2, 4, 11, 12].



Fig. 5 Escarre Ischiatique

- ✓ L'escarre sacrée apparaît principalement chez les patients assis en position affaissée vers l'avant, ou chez des patients alités en position semi-assise [2, 4,] (*Fig. 6*).



Fig. 6 L'escarre Sacrée

- ✓ L'escarre des talons est une localisation fréquente chez les patients alités en position dorsale. C'est la plus facile à guérir mais aussi dont la prévention est la plus aisée (adaptation de la position ou soulagement par accessoire) [2, 4, 11].

1.4.2 Répartition des escarres

40 % des escarres siègent au sacrum et 40% aux talons. Les autres localisations les plus fréquentes sont les ischions et le trochanter, ainsi que l'occiput en pédiatrie [4, 6].

1.5 Solutions Anti-Escarre

Afin de contrôler la pression responsable de l'apparition des escarres, des coussins et des matelas anti-escarre ont été développés. L'objectif de ces matelas/coussins est de maintenir une faible pression sur tout le corps.

Il existe un grand nombre de solutions, l'ensemble de ces solutions peut être classé en trois catégories, des supports statiques, des supports dynamiques et des systèmes de détection de pression.

1.5.1 Les supports statiques

1.5.1.1 Les supports en mousse de polyuréthane

Plusieurs types de supports polyuréthane existants sont définis ci-dessous [14, 15, 16] :

- mousse monobloc de même densité en forme de gaufrier obtenu par découpe (*Fig7*),
- mousse monobloc de même densité en forme de gaufrier obtenu par moulage,
- mousse constituée de plusieurs strates de mousse de type et de densité différentes,
- cadre de mousse avec des modules centraux,
- support en mousse formé de plots amovibles.

Tous ces supports statiques en mousse assurent un confort satisfaisant et ont un rapport « qualité/prix » considéré comme moyen. La plupart sont légers et faciles à installer, mais leur longévité est variable car ils s'affaissent avec le temps. Les mousses en forme de gaufrier découpées seraient plus fragiles que les mousses obtenues par moulage qui ont plus de résistance au déchirement. Les supports à plots quant à eux, nécessitent un plan rigide sous-jacent et une adaptation des plots pour chaque patient. Ils sont difficiles à utiliser dans des unités de soins où il existe un turn-over important (temps d'installation, temps de démontage pour le nettoyage).

Ils ont en revanche un intérêt dans les services de long séjour ou à domicile.

Ils sont utilisés pour la prévention de risque faible à moyen de l'escarre.

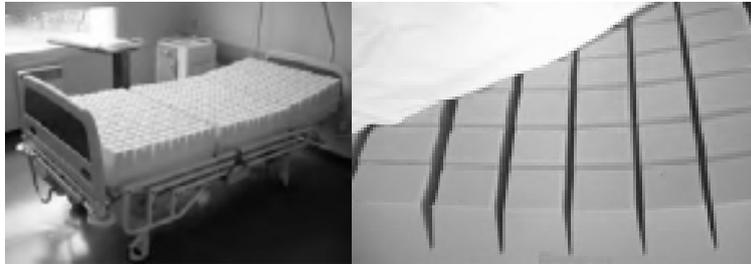


Fig. 7 Lit en mousse de Polyuréthane

Avantages :

- La forme gaufrier permet une assez bonne répartition des pressions ;
- La circulation de l'air entre les plots limite la macération ;
- La mobilité du patient n'est pas gênée ;
- La version en trois blocs facilite le stockage ;
- Ce matériel est facilement disponible et accessible en ville comme à l'hôpital, c'est le support le plus couramment utilisé.

Inconvénients :

- Longévité variable ;
- Fragile ;
- Le stockage en version monobloc est volumineux.

1.5.1.2 Les supports en mousse de polyuréthane visco-élastique

Ce sont les derniers nés des produits en mousse, qui sont utilisés pour la fabrication de coussins, de surmatelas et de matelas. Ils présentent d'une part une bonne efficacité mesurée sur la pression d'interface, d'autre part, ils sont d'un confort remarquable. Certains ont des qualités antibactériennes et antifongiques et leur entretien est aisé [2, 4, 13, 14, 15, 16], ils sont utilisés pour la prévention de risque moyen

Avantages :

- Ce support est très confortable ;
- Le stockage est facilité pour la version en trois parties superposables.

Inconvénients :

- La mousse viscoélastique diminue la possibilité de mobilisation volontaire au lit pour les personnes à mobilité déjà réduite ;
- Le phénomène de macération est important ;
- Ce support ne convient pas aux personnes qui transpirent beaucoup ;
- Le stockage de la version monobloc est volumineux.

1.5.1.3 Les Supports en Gel

Il existe actuellement deux catégories physico-chimiques de gels pour les supports [3, 14, 15, 16]:

- Gel viscoélastique en polyuréthane ou en silicone : élément qui conserve sa forme initiale, dans un temps limité, lorsqu'on enlève le film protecteur. Les gels de silicone seraient d'une plus grande efficacité que les gels de polyuréthane, mais leur coût en est nettement plus élevé.
- Gel fluide aqueux : élément qui ne conserve pas sa forme initiale lorsqu'on enlève leur film protecteur.

Utilisées dans le cadre d'une prévention à faible risque d'apparition d'escarre.

Avantages :

- Support stable, la mobilité du patient est facilitée ;
- Ce matériel est insonore.

Inconvénients :

L'efficacité du gel est très discutée ;

- Ce support n'est pas efficace s'il est placé sous les talons ;
- Le gel ne convient pas à une personne trop mince ;
- L'enveloppe du gel induit un effet hamac nocif ;
- L'enveloppe est très fine et se déforme : il se crée des cloques qui, lorsqu'elles se rompent, exposent le gel à l'air ;
- Le gel se refroidit lorsque le malade quitte le support ;
- Ce matériel est lourd.

1.5.1.4 Les supports en fibres creuses siliconées :

Il s'agit de fibres creuses recouvertes de silicone ce qui leur permet de glisser les unes sur les autres sans s'agglutiner entre elles [4, 15, 16]. Ces matériaux sont utilisés comme coussin, comme protection de fauteuil roulant et comme sur-matelas. Les sur-matelas sont très confortables et sont faciles à nettoyer (*Fig 8*), on les utilise pour la prévention de risque faible à moyen.



Fig. 8 Sur-matelas en fibres siliconées

Avantages :

- Ce support est très confortable, procure un effet «cocoon», recommandé pour les patients douloureux ;
- Le matériel est aéré ;
- Le côté tissu limite la macération ;
- Ce support est léger, facilement maniable.

Inconvénients :

- A l'utilisation, les fibres se tassent ;
- Le stockage est volumineux.

1.5.1.5 Les supports à eau

Ils sont recouverts de polyuréthane ou de PVC. Ils sont utilisés comme sur-matelas, ou plus rarement comme coussins. Ces supports sont efficaces, mais ils sont lourds (110 kg pour un sur-matelas), ils peuvent se percer, ils nécessitent un remplissage et un maintien de l'eau à température ambiante ainsi que l'adjonction d'un produit anti-algues. Certains supports disposent d'un système de chauffage de l'eau. La stabilité du patient est médiocre, ce qui peut générer des sensations équivalentes au « mal de mer », mais elle est améliorée par le cloisonnement intérieur [4, 15, 16] (*Fig. 9*). A utiliser chez les patients sans escarre ayant un risque d'escarre peu élevé.



Fig. 9 Sur-matelas à eau

Avantages :

- L'eau permet une bonne répartition des pressions au niveau du sacrum ;
- Le stockage est peu volumineux ;
- Ce matériel est peu onéreux.

Inconvénients :

- Le phénomène de macération est favorisé ;
- La répartition des pressions n'est pas bonne au niveau des talons ;
- Le réglage du remplissage d'eau en fonction du poids du patient n'est pas prévu ou très approximatif ;
- L'eau se refroidit lorsque le malade quitte le lit ;
- L'eau crée une instabilité ;
- Le patient peut éprouver une sensation de mal de mer ;
- Le matériel est très lourd une fois rempli ;
- Le risque de crevaison est réel ;
- Il existe un risque lors de l'utilisation sur un lit électrique.

1.5.1.6 Les supports à pression constante

Les matériaux utilisés sont le PVC, le polyuréthane, le néoprène ou le caoutchouc, dont on se sert pour mouler les alvéoles de différentes hauteurs et de différentes formes. La qualité du matériau est inégale selon les marques [4, 15, 16].

On dispose de sur-matelas (réalisés en 4 parties pour faciliter la mise en place et s'adapter à la taille du patient), de coussins et d'accessoires formés de cellules pneumatiques individuellement déformables. Ces supports sont légers et aisés à désinfecter. Les alvéoles peuvent exceptionnellement se percer, mais leur réparation est possible.

Le réglage du support doit être fait pour chaque patient, en fonction de son poids et de sa morphologie. Les alvéoles peuvent être contrôlés par des manomètres, mais aussi de façon empirique, par des manœuvres manuelles simples. Il importe surtout de ne pas surgonfler le support.

Les patients avec un mauvais équilibre du tronc en position assise ont parfois une sensation d'instabilité. Il suffit alors de choisir un support comportant des zones de gonflage cloisonnées.

Pour tous ces supports, il existe une réduction des pressions par utilisation d'un matériau conforme (augmentation de la surface portante liée aux capacités d'immersion du matériau du support). Ils sont utiles pour la prévention d'escarre de risque faible à moyen

Avantages :

- Ce matériel est léger ;
- Le stockage n'est pas volumineux ;
- Les supports à pression constante sont confortables.

Inconvénients :

- Le phénomène de macération est favorisé ;
- L'air crée une instabilité ;
- Le risque de crevaisson est réel ;
- Le réglage du gonflage n'est pas adaptable.

1.5.2 Les supports dynamiques

1.5.2.1 Supports dynamiques ou à pressions alternées

Il s'agit de matelas ou de lits munis de compresseurs dont le fonctionnement repose sur une réduction efficace des pressions (inférieure à 32 mm Hg (*), mais en alternance avec le changement de point d'appui toutes les 5 minutes dans la plupart des cas). Il s'agit donc d'un travail en discontinu. Certains sont munis de capteurs de pression. Ils sont très onéreux à l'achat, l'entretien est réalisé au mieux par le fournisseur, et la location est donc très intéressante [4, 15, 16].

Utilisées pour la prévention de risque moyen.

Avantages :

- Ce type de support permet d'avoir des bons résultats pour l'aide à la prévention et au soin ;
- Le phénomène de macération est limité ;
- Ce matériel est léger ;
- Le stockage est peu volumineux.

Inconvénients :

- En cas d'absence ou de mauvaise utilisation des sangles de fixation au matelas hôtelier un glissement du matériel vers le pied de lit peut provoquer une surpression au niveau des talons ;
- La mobilité du patient peut être rendue difficile sur ce type de support ;
- Le réglage du poids s'il est non automatique nécessite une surveillance ;
- Le bruit de certains compresseurs et/ou leurs vibrations sont parfois gênants ;
- L'alternance gonflage/dégonflage peut être mal supportée par le patient ;
- Le risque de panne est bien réel ;
- Il existe un risque de perforation du matériel ;
- Le branchement électrique limite les déplacements.

1.5.2.2 Support à basse pression

Il s'agit de matelas à air livrés avec des unités centrales permettant l'adaptation de la pression en fonction du poids du patient (*Fig 10*). Ils permettent une réduction efficace des pressions en continu, toujours inférieures à 32 mm Hg [4, 6, 15, 16].

On trouve dans cette famille les matelas et les surmatelas à perte d'air ; ces appareils sont alimentés en air par un ventilateur. Les pressions obtenues étant directement liées au débit d'air, à la morphologie ainsi qu'au positionnement des patients.

Ces supports motorisés sont plus chers que les supports statiques, on les utilise donc pour des patients nécessitant une efficacité plus importante, donc utilisées pour la prévention de risque élevé.



Fig.10 Lit à basse pression

Avantages :

- Ce support procure une bonne répartition des pressions ;
- La circulation de l'air entre les cellules limite la macération ;
- Les forces de frottement et de cisaillement sont très diminuées ;
- Ce support est confortable ;
- Ce matériel est léger ;
- Le stockage est facilité.

Inconvénients :

- Le réglage du gonflage nécessite un réel apprentissage et une surveillance régulière ;
- Le patient peut être d'avantage en difficulté pour se mouvoir en cas de troubles du tonus musculaire ;
- Le risque de crevaison est réel.

1.5.2.3 Les lits à perte d'air

Ces matériels très efficaces fonctionnent sur un principe simple : un ou plusieurs ventilateurs insufflent de l'air dans des coussins formant de 3 à 5 zones plus ou moins indépendantes selon les fabricants. Le débit d'air est calculé de façon à ce que le patient « flotte » sur ce support avec une surface de contact maximale. Les pressions de contact sont donc réduites et très inférieures aux 32 mm Hg. Ce dispositif est intégré à une structure de lit médical, équipé ou non d'un système de chauffage et/ou d'une pesée (cet ensemble spécialement conçu n'a rien à voir avec un lit médical sur lequel on poserait un matelas) [15, 16].

Utilisées pour la prévention de risque moyen

Avantages :

- Ce support procure une bonne répartition des pressions ;
- Ce support est confortable.

Inconvénients :

- Le risque de crevaison est réel.

1.5.2.4 Les lits fluidisés

Il s'agit historiquement du premier appareil « lourd » dans ce domaine, décrit par Hargest en 1963 puis commercialisé en France dans les années 70. Des microsphères (microbilles de 70 à 100 μm de diamètre) sont mises en suspension dans une cuve par un flux d'air réchauffé, produit par de puissants ventilateurs, pour atteindre une densité d'environ **1.5**, [15, 16].

Afin d'éviter que ces microsphères quittent la cuve, un drap filtre perméable à l'air dont la taille des mailles (35 à 40) est inférieure à celle des microbilles recouvre la cuve. Le patient repose sur cet ensemble de faible densité et flotte ainsi sur ce fluide sec (*Fig 11*).



Fig. 11 Lit fluidisé

Aujourd'hui, bien que toujours aussi efficace, son poids, son prix et sa maintenance difficile le réservent principalement au traitement de certains types de brûlés, et dans certains services de chirurgie plastique. Ils assurent une Prévention pour les risques moyens.

Avantages :

- Ce support est confortable ;
- Utilisé pour les grands brûlés.

Inconvénients :

- Maintenance difficile ;
- Plus utilisés sauf certains cas ;
- Risque de crevaison réel.

1.5.3 Système de mesure de pression d'interface

La pression d'interface est définie comme l'action perpendiculaire par unité de surface du support médical sur le corps du patient [17]. La pression est mesurée à l'aide de capteur de pression qu'on positionne entre le corps du patient et le support médical.

Ces dispositifs peuvent être utilisés pour détecter les régions en surpression, et dans le cas d'une sur-exposition, une alerte est envoyée au patient et à l'équipe médicale sous forme d'une carte de couleur ou plus simplement par un signal sonore. Les zones à risque sont ainsi identifiables.

On utilise aussi ce dispositif pour la prescription des sièges roulants ou de lits thérapeutiques qui s'adaptent le mieux à la morphologie du patient, ou bien pour la validation des solutions de recherche [18].

Ces solutions sont principalement proposées soit par Tekscan avec le *BPMS™* (Body Pressure Measurement System) soit par Xsensor qui propose le X3 Medical Pressure Imaging Systems [19,20].



Fig.12 X3 Medical Pressure Imaging Systems, xsensor.

Trois différentes technologies existent pour la mesure de la pression d'interface :

1.5.3.1 Les transducteurs électroniques

Les transducteurs électroniques se présentent sous la forme de composants déformables auxquels on rajoute une composante piézo-électrique, piézo-capacitive ou piézo-résistive [17,18]. La force appliquée crée soit une variation de la tension, de la résistance ou de la capacité.

Ces variations peuvent être mesurées à l'aide d'instrument d'acquisition électronique.

Les avantages de ces capteurs est la fréquence d'acquisition élevée, la possibilité de mesures en temps réel et la possibilité d'avoir une haute résolution spatiale (Afin d'obtenir une cartographie complète de la pression d'interface).

D'un autre coté, ce genre de capteur est très sensible à la tension de surface. Si un transducteur est fixé par un ruban, la tension du ruban peut créer des erreurs. L'hystérésis est une autre source d'erreurs des transducteurs, ces erreurs se traduisent par une différence des résultats entre une variation de pression croissante par rapport à une variation de pression décroissante [17].

1.5.3.2 Les capteurs pneumatiques

Un capteur pneumatique est formé d'une cellule d'air connectée à un réservoir d'air. Avec un manomètre on mesure la pression à l'intérieur de la cellule.

On gonfle la cellule placée sous le sujet, sa pression interne augmente. Lorsqu'on dépasse la pression appliquée par le sujet sur le capteur, le volume de la cellule augmente brusquement, ce qui provoque une chute brutale du taux de croissance de la pression.

La pression d'interface est prélevée comme la pression dans le réservoir d'air, juste avant que le taux de croissance de pression chute.

Une matrice de capteurs permet de cartographier la pression d'interface. Cette technique présente un nombre de défauts, le premier est le temps d'enregistrement, car chaque cellule doit être mesurée indépendamment, plus le nombre de cellules est grand, plus les mesures sont lentes.

Le capteur ne peut mesurer la pression que si elle est appliquée sur au moins 50% de la cellule [17,18].

1.5.3.3 Les capteurs électropneumatiques

Les capteurs électropneumatiques sont en réalité des capteurs pneumatiques améliorés.

A l'intérieur d'une cellule pneumatique on place des contacts électriques flexibles sur la surface [16]. Dans ce cas, l'augmentation brutale du volume de la cellule provoque l'ouverture des contacts, ainsi on identifie plus facilement la pression de surface.

Avec ce système on peut enregistrer en même temps l'ouverture de différentes cellules en parallèle. Cette technologie peut avoir les avantages de la technologie pneumatique sans ses inconvénients, si elle est bien maîtrisée [18].

1.6 Conclusion

L'escarre présente l'une des occupations majeures des centres médicaux et de long séjour, car environ 10% des personnes hospitalisées développent des escarres. De plus 70% des personnes affectées ont plus de 65 ans, ce pourcentage peut considérablement augmenter dans les prochaines années à cause du vieillissement de la population [12, 21].

Sachant qu'une escarre augmente considérablement la durée d'hospitalisation, cette maladie ne présente alors plus simplement un problème de santé, mais aussi un problème économique.

Pour agir contre cette maladie, plusieurs produits ont été développés. Ces systèmes n'ont pas le même niveau d'efficacité, mais qu'ils soient statiques ou dynamiques, ils traitent l'escarre d'une manière globale en répartissant la pression uniformément. Dans certains cas il est important de minimiser au maximum la pression sur des zones sensibles ou localisées à proximité des plaies. Par exemple si l'état général du patient n'est pas bon les critères de répartition de pression sont susceptibles de changer car l'escarre a plus de chance d'apparaître.

Pour la détection de la pression de surface d'autres solutions sont envisageables et parmi elles, l'utilisation des nanotubes de carbones et leur intégration au sein de structures textiles dans le but de créer des capteurs flexibles (Smart Textiles).

Chapitre 2 : Solution anti escarres

active

2.1 Introduction

Les solutions anti escarres existent en grand nombre et avec différents niveaux d'efficacité. L'analyse montre la diversité des solutions existantes ; cependant la gestion de la prévention de l'escarre nous apparaît non suffisamment automatisée et intelligente. Ainsi nous proposons de mettre au point une solution qui intégrera une gestion complètement automatisée et autonome en régulation.

Nous nous intéressons essentiellement dans notre étude à la problématique de la pression car ce facteur physique est le plus influant sur la formation de l'escarre [1, 2, 4, 6]. Les solutions existantes agissent sur le corps en répartissant la pression d'une manière globale et identique sans prendre en considération la diversité morphologique ainsi que l'état de santé du patient. Le but de cette étude est de concevoir un lit, permettant une diminution de l'apparition d'escarres de façon efficace et autonome en introduisant la notion de valeurs seuils de pression. L'intérêt majeur de la régulation autonome de différentes valeurs de pression à exercer sur le corps doit apporter du confort au patient. Cela se traduira par des mouvements dynamiques de répartition de pression dont la vitesse réduite et modérée assure un confort aux zones de corps du patient qui restent statiques.

Le corps humain est décomposé en plusieurs parties et chaque partie est associée à une valeur de pression seuil définie comme résistance à l'apparition d'escarre. Les valeurs seuils dépendent de la morphologie du patient, de son poids et de l'état d'avancement de l'escarre ainsi que de son état clinique général.

Les valeurs sont déterminées par le spécialiste. L'idée est donc de maintenir chaque partie du corps en dessous de la valeur seuil de pression qui lui est associée.

2.2 Vue globale du système

Comme indiqué précédemment l'objectif de notre système est de contrôler la pression d'interface entre le corps du patient et le lit.

2.2.1 Principe général

Afin de lutter contre la formation d'escarre, une solution a été développée capable d'agir localement sur une zone à risque, cette stratégie d'action nécessite un changement de la structure actuelle des lits.

Cette modification porte sur la décomposition d'un lit en plusieurs zones de surface égale, chaque zone est représentée par un plot en mousse de 10 cm sur 10 cm de surface. L'ensemble de ces plots est disposé de manière matricielle de 10 colonnes et 20 lignes. Ces plots ont la particularité de changer de hauteurs grâce à des vérins électriques, le mouvement du vérin provoque une modification de la pression locale sur cette zone de contact. Pour les mesures de la pression, chaque plot ou cellule est équipé(e) d'un capteur de pression qui permettra de mesurer la pression en temps réel (*Voir Fig 13*). Le système agit afin d'éviter une pression importante qui provoquera une hypoxie tissulaire ou une pression importante sur des zones sensibles ou de plaie.

Pour cela une pression seuil est affectée à chaque partie du corps, la pression seuil représente la valeur maximale qui ne doit pas être dépassée sur cette zone du corps. Le système agira par la suite pour respecter ces pressions seuils (*Voir Fig. 14*).

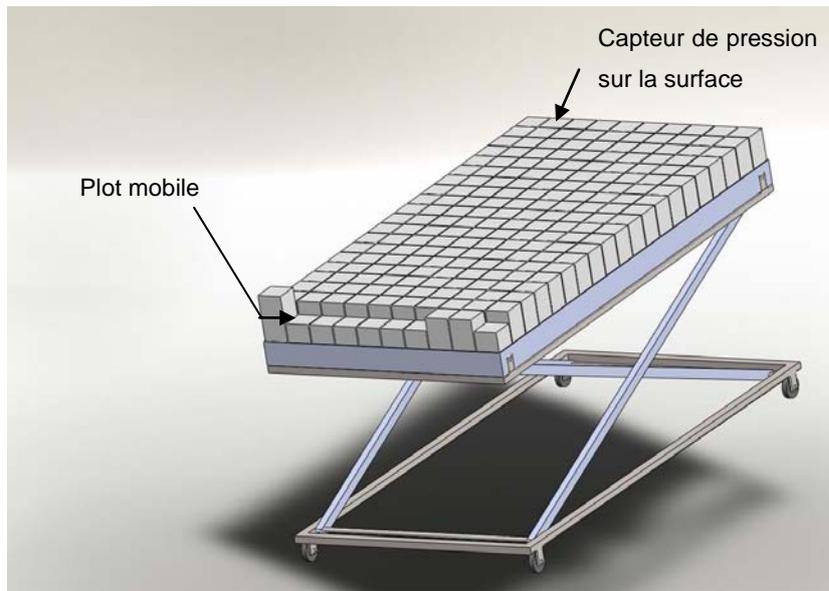


Fig. 13 Schéma de fonctionnement du système

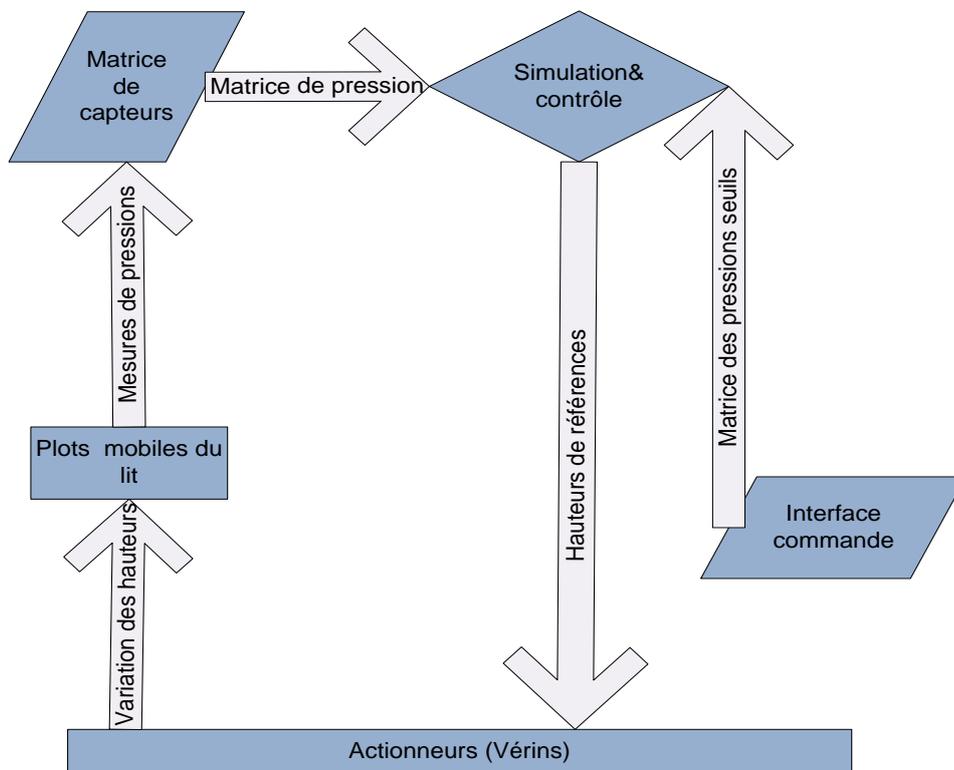


Fig. 14 Principe de régulation autonome du système

2.2.2 Principe de répartition de la pression

La pression est une grandeur physique qui peut être définie comme le quotient d'une force F (en newton) sur l'aire de la surface S (en m^2) sur laquelle elle s'applique, alors modifier la pression revient à agir soit sur la force ou la surface soit sur les deux en même temps [22].

Dans notre cas le poids du patient représente la force et la surface correspond à l'interface de contact entre le patient et le lit. Le poids du patient peut être considéré comme une constante, alors que les surfaces d'appuis et les pressions locales peuvent changer.

$$\sum_{i=1}^n P_i \times S_i = Poids = Cste$$

P_i : pression localisée sur le point d'appui (i) [Pression en Pa]

S_i : surface correspondant à l'appui (i) [Surface en m^2]

Poids : Le poids du patient [Newton N]

n : nombre d'appuis

En augmentant le nombre n, la surface d'appui augmente, ce qui provoque une diminution des pressions élémentaires P_i , d'un autre côté, la variation de la pression locale P_i permettra d'alléger les zones à pression critique.

Remarque : le nombre de points d'appui dépend de la morphologie et de la position du patient.

Dans un premier temps le système détecte les pressions engendrées par le patient, ensuite il effectue une comparaison par rapport aux pressions seuils, les zones à risque sont ainsi

identifiées. Le système agit alors sur le voisinage des zones critiques afin d'alléger les pics de pression. La modification des hauteurs des plots qui composent le lit produira une variation de la surface totale de contact et par conséquent une variation des pressions locales. (Voir Fig. 15).

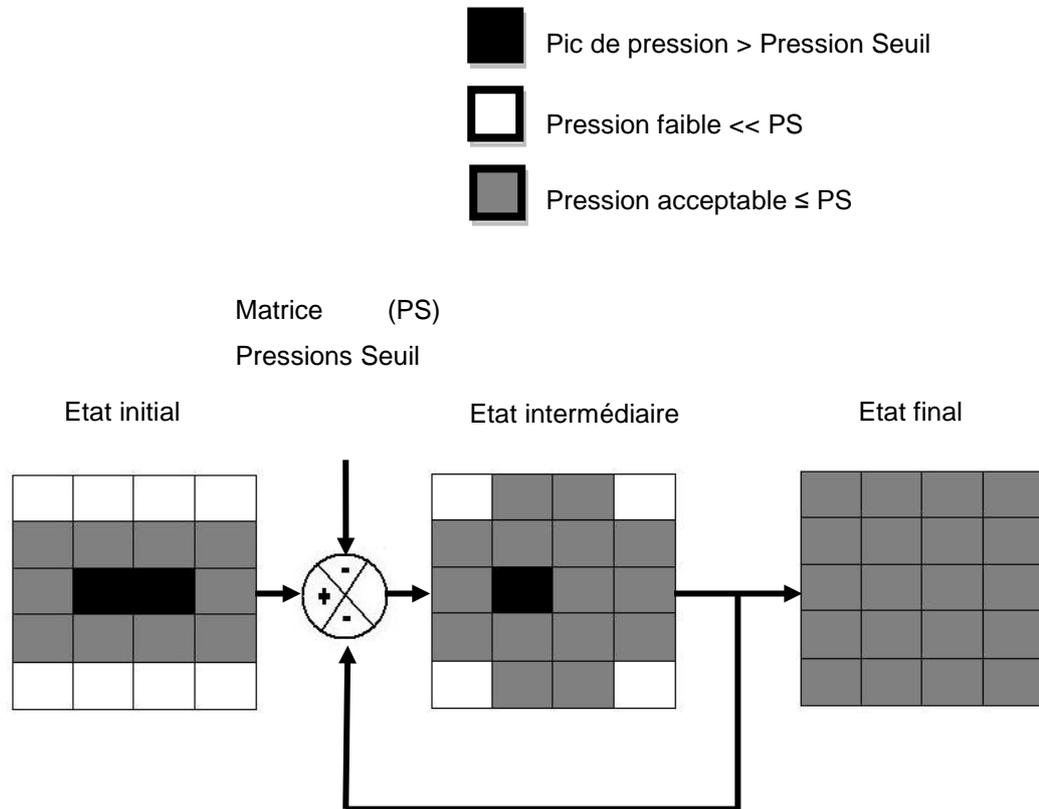


Fig. 15 Principe de régulation des zones de pressions

2.3 Système de détection de pression

Dans cette partie le système de détection de pression d'interface entre le patient et le support est développé. Il est constitué d'un système matriciel de capteurs de pression (*Fig 16*).

Chacun des capteurs couvre une zone de 10 cm sur 10 cm. On dispose donc de 200 capteurs en total (10x20), couvrant une surface de 2m par 1m.

Cette matrice de capteurs sera considérée par analogie comme une matrice CCD « Charge-Coupled Device » [23], pour laquelle chaque capteur représente un pixel.

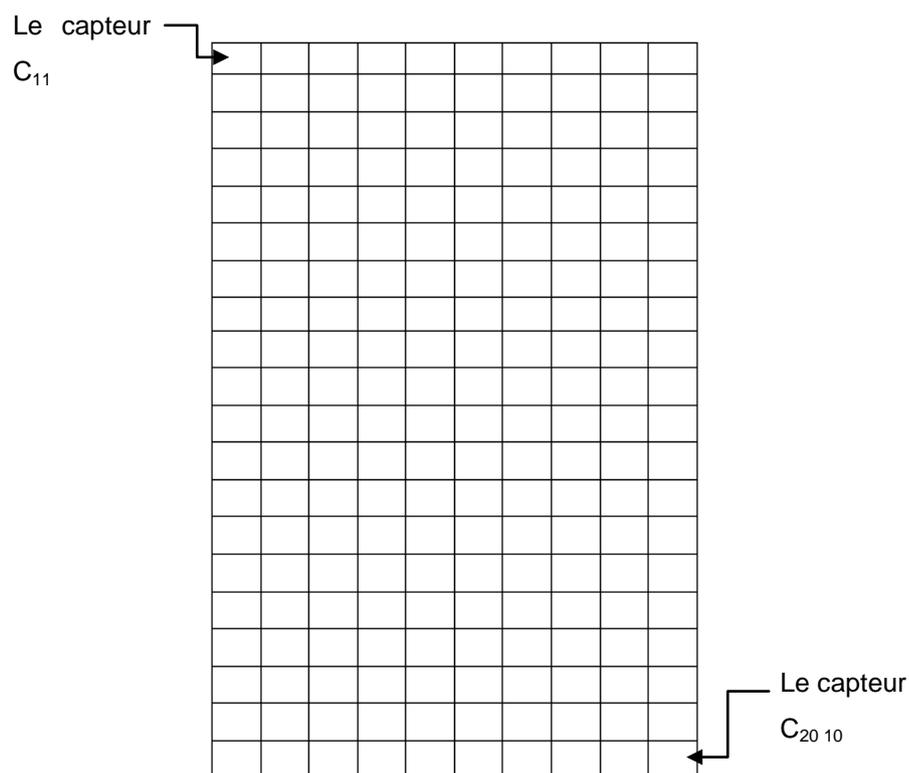


Fig. 16 Disposition des capteurs

2.3.1 Traitement de la matrice de capteurs

Cette matrice de pression est considérée comme une image. Pour que cette image puisse être traitée, il est nécessaire d'extraire les informations utiles et de rejeter les superflus[24].

Le cas de notre système matriciel de pression est certes moins compliqué qu'un système de vision vue la taille de la matrice de pression et le nombre limité d'informations, mais cet avantage peut être considéré en même temps comme une faiblesse qui peut se manifester lors de la détection des formes.

Dans un premier temps, une segmentation par classification automatique supervisée est mise en place [24,25], cette opération consiste à distinguer les zones du lit occupé par le patient de celles qui sont vides, et par la suite une classification des différentes parties du corps (main droite, main gauche, tête, abdomen et thorax, bassin, jambe droite et jambe gauche) est nécessaire.

2.3.2 Classification automatique supervisée monodimensionnelle

L'objectif général de la classification automatique est de pouvoir étiqueter des données en leur associant une classe d'une manière automatique. Si seuls des exemples sans étiquette sont disponibles et que les classes et leur nombre sont inconnus, on parle alors de classification non supervisée. A contrario, nous nous plaçons dans le cadre d'une classification supervisée, c'est-à-dire que les classes possibles sont connues et que des exemples sont fournis avec l'étiquette de leur classe [24, 25, 26].

Dans un premier temps, une classification de la zone occupée par le patient sera effectuée. Pour cette classification un seul paramètre est retenu, c'est la pression donnée par les capteurs qui sera considérée comme un niveau de gris.

C₁ : Classe des capteurs soumis à une pression générée par le patient.

C₂ : Classe des capteurs qui ne sont pas dans le domaine occupé par le patient.

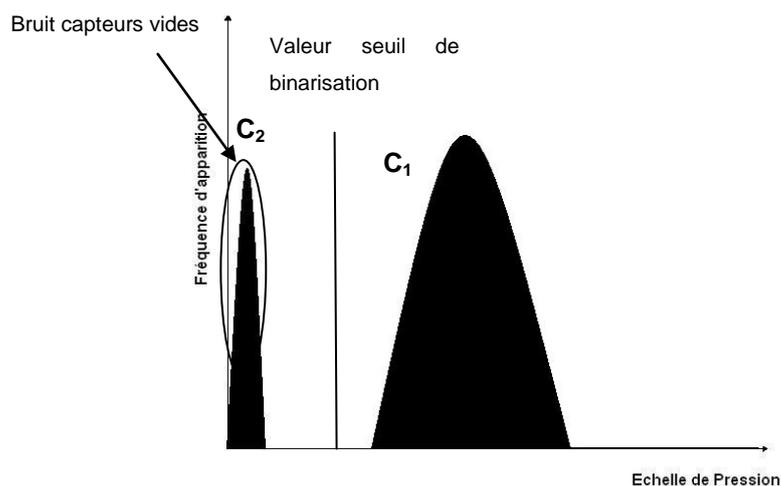


Fig. 17 Histogramme des pressions

L'allure de l'histogramme des pressions de la Figure 17 est en fonction de la morphologie de la personne. Dans le cas illustré ci-dessus, il est possible d'effectuer la classification car, il n'y a pas de chevauchement entre les classes. Dans la réalité, il se peut que les classes ne soient pas aussi disjointes, dans un tel cas il n'est pas possible de faire une classification sans erreurs.

Dans ce cas une simple binarisation est suffisante pour classer les différents pixels en deux classes.

Une binarisation revient à affecter à chaque pixel la valeur 1 ou 0 (vrai ou faux), tous les capteurs qui ont une pression inférieure à la valeur seuil de binarisation (voir Fig 17), auront la valeur 0 et tous les capteurs ayant une valeur supérieure à la valeur seuil auront la valeur 1 [24, 25, 26].

Pour l'exemple de la Figure 17 les capteurs appartenant à la classe C1 auront une valeur binaire de sortie égale à 1 et tous les autres une valeur égale à 0.

2.3.3 Classification automatique supervisée multidimensionnelle

Actuellement on s'intéresse à la classification des différentes parties du corps.

En plus de la faible définition de la matrice des capteurs on trouve un autre obstacle qui est la continuité entre les différents éléments constituant le corps.

Pour résoudre ce problème on rajoute un autre attribut, la position de chaque pixel en ligne et en colonne (*Fig. 18*).

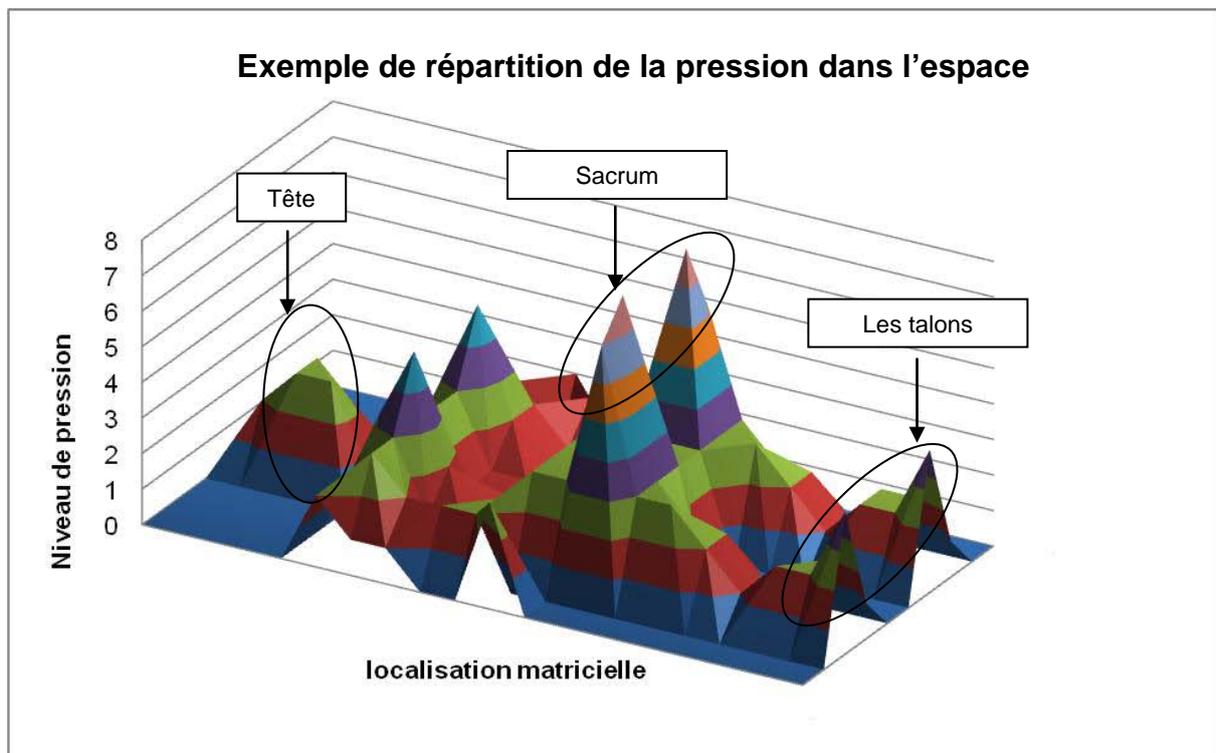


Fig. 18 Surface des pressions dans l'espace

Dans le cas actuel, le problème devient multidimensionnel avec un vecteur d'attribut V :

$$V = [L, C, P]$$

L : le numéro de la ligne

C : le numéro de la colonne

P : la valeur de la pression

Nous disposons de 7 classes notées C_q , $q=1, 2, 3 \dots 7$.

7 classes correspondant aux parties du corps (main droite, main gauche, tête, abdomen et thorax, bassin, jambe droite et jambe gauche).

On désigne par $p(V|C_q)$ la fonction de densité de probabilité conditionnelle d'un attribut V .

Soit :

$P(C_q)$ la probabilité a priori de cette classe avec $\sum_{q=1}^{q=7} P(C_q) = 1$

$P(C_q|V)$ la probabilité a posteriori sachant V et que le point pixel appartient à la classe C_q :

$$P(C_q|V) = \frac{p(V|C_q).P(C_q)}{p(V)}$$

ou :

$$p(V) = \sum_{q=1}^7 p(V|C_q).P(C_q)$$

$p(V)$ est la fonction de densité de probabilité du mélange pondéré des fonctions de densité des 7 classes.

Faire la classification consiste à passer par le choix d'une règle de décision, mais avant on introduira la notion de pénalisations lors d'une mauvaise classification. On notera $r(C_s|C_q)$ la pénalisation subie lorsqu'un élément de la classe C_q est affecté à la classe de sortie C_s .

Dans ce cas une pénalisation dite symétrique est utilisée, toutes les erreurs sont pénalisées de la même façon.

$$r(C_s|C_q) = \begin{cases} 0 & \text{si } s=q \\ & s=1,2,3\dots 7 \\ 1 & \text{si } s \neq q \end{cases}$$

$$R(C_s|V) = \sum_{q=1}^7 r(C_s|C_q) \cdot P(C_q|V)$$

$$R(C_s|V) = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq s}}^7 P(C_q|V)$$

$$R(C_s|V) = 1 - P(C_s|V)$$

La pénalisation totale escomptée $R(C_s|V)$ est minimale lorsque $P(C_s|V)$ est maximale donc [24]:

$$P(C_s|V) > P(C_q|V), \quad \forall q \neq s$$

D'après les règles de Bayes, l'appartenance à la classe C_s est décidée si :

$$P(C_s|V) P(C_s) > P(C_q|V) P(C_q), \quad \forall q \neq s$$

La figure suivante montre comment cette classification sera implantée

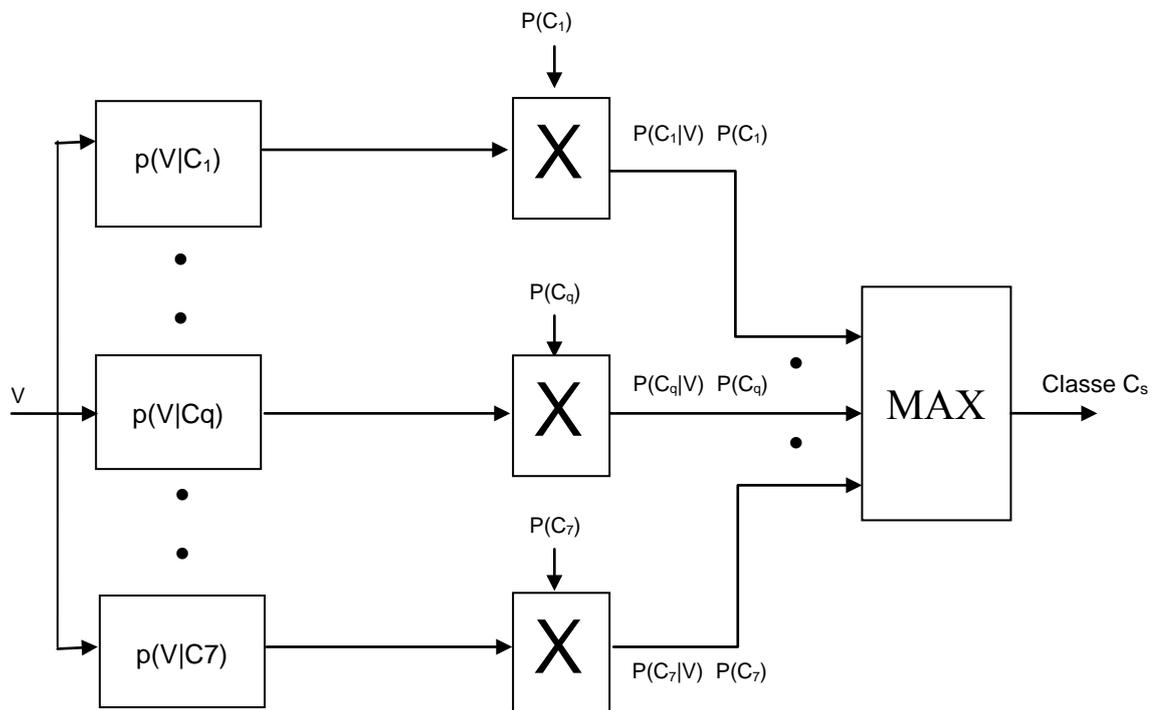


Fig. 19 Procédure de décision avec règle de pénalisation symétrique [24]

2.4 Modèle mécanique du corps humain

Dans la description du fonctionnement de système, il est indiqué que la variation des hauteurs des plots produisait une variation des pressions locales, mais on ne peut prédire l'impact de cette variation sur le reste des zones. Sans un modèle capable de donner les évolutions des pressions le système ne peut fonctionner, d'où l'élaboration d'un modèle mécanique du corps humain. Ce modèle doit être capable de prédire les valeurs des pressions si on agit sur l'un des plots. Il nous apparaît que le corps humain est un corps déformable non homogène et non isotrope, en raison de la diversité des éléments le constituant. Ainsi la modélisation du corps humain par la méthode des éléments finis peut s'appliquer à notre modèle mais la complexité de sa modélisation et le temps de calculs nécessaire nous empêche dans notre cas d'application d'obtenir une réponse instantanée nécessaire à la régulation du système anti-escarres [27,28]. Un grand nombre de travaux, dédiés au secteur des transports, ont été réalisés. Ils sont généralement orientés vers la simulation des crash-test ou l'évaluation d'impact vibratoire [29, 30, 31, 32].

2.4.1 Modélisation du corps humain

Le corps humain peut être assimilé à un ensemble de poids qui sont liés par des liaisons mécaniques. Généralement ce sont des liaisons rotules ou pivots [33]. Quand on observe les torseurs de transmission de force de ces liaisons [34], on peut prévoir pour une position donnée le transfert de charge possible. Ainsi, on peut isoler des sous parties du corps humain.

Pour mettre en œuvre le modèle plusieurs données sont requises, tels que les différents types de liaison, leurs axes et le poids du patient.

2.4.2 Calcul de la répartition des Pressions

La complexité du corps humain rend difficile la détermination avec exactitude des transferts de force [35]. La décomposition du corps en sous systèmes mécaniques avec un transfert d'effort limité dans le sens du poids permettra de faciliter la problématique.

L'étude des torseurs statiques des liaisons mécaniques permet de décomposer le corps en 7 zones (main droite, main gauche, tête, abdomen et thorax, bassin, jambe droite et jambe gauche). Chaque zone présente un sous système isolé avec son propre poids

Pour calculer la répartition des pressions et leurs évolutions dans un sous système on affecte à chaque cellule un facteur de majoration.

Ces facteurs de majoration sont initialement obtenus au démarrage du système ou quand le patient s'allonge sur le lit, alors on détecte une cartographie des pressions et suivant cette répartition les valeurs sont calculées. Ces coefficients permettront par la suite de calculer l'évolution de la pression si un changement s'opère.

Pour une zone de « L » lignes et « C » colonnes on dispose d'une matrice des pressions $P(i, j, k)$.

S= surface d'une cellule (i, j) ;

Pd = poids engendré par la partie du corps sur la zone occupée ;

k est l'indice d'itération (Fig. 20) ;

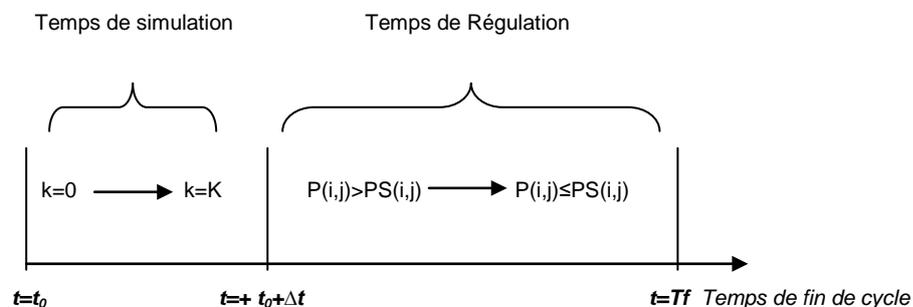


Fig. 20 Evolution du temps système

$P(i, j, k)$ est une matrice à trois dimensions de taille [L, C, K] ;

k=0 présente l'état initial.

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^C P(i, j, k) = \frac{Pd}{S}$$

On définit les coefficients de majoration $\alpha(i,j,k)$ tels que :

$$P(i, j, k) = \alpha(i, j, k) \times \frac{Pd}{S}$$

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^C \alpha(i, j, k) = 1$$

Etat initial ($k=0$), on dispose des $P(i, j, k)$ de Pd et S alors on peut calculer $\alpha(i,j,k)$;

$$\alpha(i, j, k) = P(i, j, k) \times \frac{S}{Pd}$$

A partir des $\alpha(i, j, k)$, $P(i, j, k)$ et $PS(i, j)$ (avec PS matrice des pressions seuils)

Initialisation avec $k = 0$,

Détection du premier $P(id, jd, k) > PS(id, jd)$.

Alors $P(id, jd, k+1)$ prend la valeur seuil $P(id, jd, k+1) = PS(id, jd)$

Le système calcule l'évolution des $P(i, j, k+1)$ avec ($i \neq id$ et $j \neq jd$).

$$\Delta P = P(id, jd, k) - P(id, jd, k + 1)$$

$$\alpha_t(i, j, k + 1) = \alpha(i, j, k) + \frac{\alpha(id, jd, k)}{(L \times C) - 1}$$

$$P(i, j, k + 1) = P(i, j, k) + (\alpha_t(i, j, k + 1) \times \Delta P)$$

$\alpha_t(i, j, k+1)$ est un coefficient de transition qui ne sert qu'à calculer $P(i, j, k+1)$.

On tourne en boucle jusqu'à la régulation de toutes les pressions.

2.5 Système de commande

Dans un premier temps le système effectue une classification des parties du corps, et affecte à chaque partie un ensemble d'actionneurs. A chaque cellule une valeur de pression seuil est affectée.

Le modèle mécanique représente le noyau de notre système de commande, les informations données par le capteur de pression permettent à l'algorithme de commander, de simuler et de calculer la meilleure configuration des actionneurs qui assurera une répartition de pression conforme à la matrice des pressions seuils (*Fig21*).

Si les consignes données aboutissent à un bon résultat le système marque un temps d'arrêt T ou attend toute modification externe, sinon le système refait un essai de régulation.

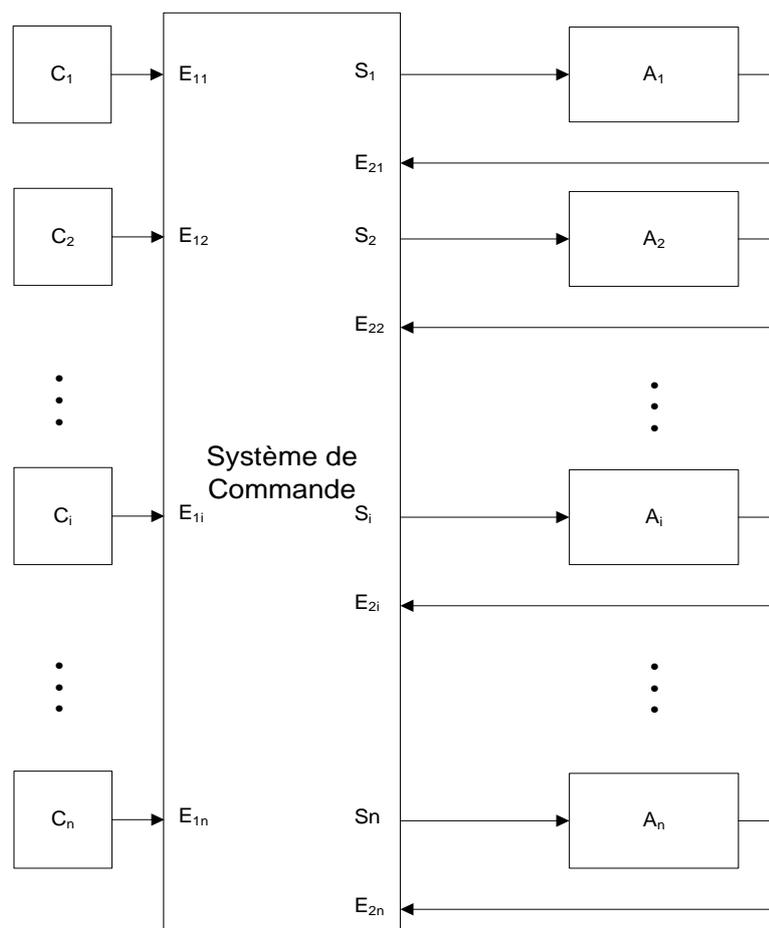


Fig. 21 Système de commande

2.5.1 Commande des actionneurs

La stratégie de commande décrite dans cette section se fonde sur le modèle mécanique décrit précédemment. Ce modèle permet de simuler l'évolution de la pression à partir de $\alpha(i, j, k)$, $P(i, j, k)$, $PS(i, j)$ afin de trouver les consignes des actionneurs.

La matrice PS correspondante, dont les valeurs maximales des pressions sont définies par l'algorithme de contrôle, commence avec l'initialisation $k = 0$,

On utilise cette formule pour calculer l'évolution des pressions comme indiqué auparavant.

$$\begin{aligned} \Delta P &= P(id, jd, k) - P(id, jd, k + 1) \\ \alpha_t(i, j, k + 1) &= \alpha(i, j, k) + \frac{\alpha(id, jd, k)}{(L \times C) - 1} \\ P(i, j, k + 1) &= P(i, j, k) + (\alpha_t(i, j, k + 1) \times \Delta P) \end{aligned} \quad (1)$$

Quand la matrice $P(i, j, k)$ pour $k \in [1, \dots, K]$ et $i \in [1, \dots, L]$, $j \in [1, \dots, C]$ est calculée (la condition $P(i, j, K) \leq PS(i, j)$, $\forall i, j$, doit être satisfaite). La matrice $P(i, j, k)$ est utilisée pour calculer les nouvelles positions des vérins qui permettront de satisfaire la condition de régulation $P(i, j) \leq PS(i, j)$, $\forall i, j$

Ainsi les nouvelles positions des parties mobiles sont appliquées et la nouvelle matrice des pressions est comparée à nouveau à la matrice seuil. Une autre régulation est faite dans le cas où la première n'a pas permis une satisfaction totale des conditions.

2.5.2 Convergence de l'algorithme de commande

Le but de notre algorithme était d'évoluer à partir d'une matrice P présentant la distribution initiale des pressions sur un lit, vers une matrice PS qui présente la configuration optimale de la distribution P .

Afin de réaliser cette évolution on définit une matrice $P(k)$ qui présente la variation de la matrice P à chaque instant k . Cette matrice est calculée comme suit :

On calcule $D(i,j,k)=P(i,j,k)-PS(i,j)$,

On détecte le plus grand des $D(i,j,k)$ et on l'indexe par (id,jd) ,

Ainsi on pose $P(id,jd,k+1)=PS(id,jd)$,

Et on calcule les autres $P(i,j,k+1)$ tels que :

$$P(i, j, k + 1) = P(i, j, k) + \left(\frac{P(i, j, k)}{Ks} + \frac{P(id, jd, k)}{(LC - 1)Ks} \right) D(id, jd, k)$$

$$\sum_L \sum_C PS = \sum_L \sum_C P = Ks$$

Dans ce cas il est impossible d'exprimer l'évolution de $P(i,j,k)$ d'une manière récurrente sans introduire des variables aléatoires liées à la sélection de l'élément (id,jd) . Alors la démonstration de la convergence de cet algorithme devient ainsi délicate.

Pour se faire on pose $\varepsilon_m(k)$ l'écart entre $P(k)$ et PS de la façon suivante :

$$\varepsilon_1(0) \geq \varepsilon_2(0) \geq \varepsilon_3(0) \geq \dots \geq \varepsilon_{L \times C}(0)$$

Ou m est l'indice suivant l'ordre d'écart décroissant $m \in [1, L \times C]$, et k présente le nombre d'itération du système.

Le plus grand écart $\varepsilon_1(0)$ pour l'état initial ($k=0$) est alors utilisé pour localiser l'élément id, jd de la matrice.

Par exemple:

$$P = \begin{bmatrix} 1.1 & 2 & 3.2 \\ 2.3 & 3 & 4 \\ 5.4 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

$$PS = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \\ 5 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

$$P - PS = \begin{bmatrix} -0.9 & 0 & 0.2 \\ 0.3 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Alors

$$(\varepsilon_1(0) = 0.4, (i, j) = (3, 1)) \geq (\varepsilon_2(0) = 0.3, (i, j) = (2, 1)) \geq (\varepsilon_3(0) = 0.2, (i, j) = (1, 3)) \geq (\varepsilon_4(0) = \varepsilon_5(0) = \varepsilon_6(0) = \varepsilon_7(0) = \varepsilon_8(0) = 0, (i, j) = (1, 2) \text{ and } (i, j) = (2, 2) \text{ and } (i, j) = (3, 2) \text{ and } (i, j) = (2, 3) \text{ and } (i, j) = (3, 3)) \geq (\varepsilon_9(0) = -0.9, (i, j) = (1, 1))$$

Le nombre d'itération k évolue comme suit, $k = n \times L \times C + m$, avec n le nombre de cycle et k le nombre d'itération

Pour $n=0$, $k \in [1,9]$

$$k=1 (id,jd)=(3,1)$$

$$k=2 (id,jd)=(2,1)$$

$$k=3 (id,jd)=(1,3)$$

$$k=4 (id,jd)=(1,2)$$

$$k=5 (id,jd)=(2,2)$$

$$k=6 (id,jd)=(3,2)$$

$$k=7 (id,jd)=(2,3)$$

$$k=8 (id,jd)=(3,3)$$

$$k=9 (id,jd)=(1,1)$$

Pour $k=1$ $(id, jd)=(3,1)$, vu que l'ordre initial doit être suivi, ce qui implique que pour $k=2$ le plus grand écart sera $\varepsilon_2(0) = 0.3$, $(id, jd)=(2,1)$.

La différence $\varepsilon_1(0) = 0.4$ sera répartie sur le reste des éléments en suivant l'équation (1) comme suit:

$$k = 1$$

$$\Delta P = P(id, jd, k) - P(id, jd, k + 1) = \varepsilon_1(1) = 0.4$$

$$\alpha_i(1,1,1) = \alpha(1,1,0) + \frac{\alpha(3,1,1)}{(3 \times 3) - 1} = 0.367 + 0.18 / 8 = 0.3895$$

$$P(1,1,1) = P(1,1,0) + (\alpha_i(1,1,2) \times 0.4) = 1.1 + 0.3895 * 0.4 = 1.2558$$

...

$$P(3,1,1) = \dots = 5$$

...

La mauvaise pression devient égale à la pression seuil $PS(3,1)=5$, et on continue l'itération pour $k=2$, $k=3 \dots k=9$.

Pour $n=1, k \in [10,18]$

Pour $k=10$ ($n=1, L \times C=9$ and $m=1$) $(id, jd)=(3,1)$. En effet l'ordre à suivre est celui de l'état initial comme pour $n = 0$ on commence avec $(id, jd)=(3,1)$ pour $k = 10$ jusqu'à $(id, jd)=(1,1)$ pour $k=18$.

Pour $n=2, k \in [19,27]$

C'est exactement la même séquence à suivre.

Soit $\alpha_m(k)$ un coefficient correspondant à $\varepsilon_m(k)$ tel que

$$\sum_{LC} \alpha_i(k) = 1$$

$$\alpha_k(k) = 0$$

$$\varepsilon_k(k) = 0$$

Pour tout $k=n \times L \times C + m$ avec $n \in \mathbb{N}$ et $m \in [1 LC]$

Pour (id, jd) à $k=1$ la différence est égale à 0 vu que la régulation a été effectuée

Pour $k=1$

$$\varepsilon_1(1) = 0$$

$$\varepsilon_2(1) = \varepsilon_2(0) + \alpha_2(1) \times \varepsilon_1(0)$$

$$\varepsilon_3(1) = \varepsilon_3(0) + \alpha_3(1) \times \varepsilon_1(0)$$

$$\varepsilon_4(1) = \varepsilon_4(0) + \alpha_4(1) \times \varepsilon_1(0)$$

.

.

.

$$\varepsilon_{L \times C}(1) = \varepsilon_{L \times C}(0) + \alpha_{L \times C}(1) \times \varepsilon_1(0)$$

Pour $k=2$

$$\varepsilon_1(2) = \alpha_1(2) \times \varepsilon_2(1)$$

$$\varepsilon_2(2) = 0$$

$$\varepsilon_3(2) = \varepsilon_3(0) + \alpha_3(1) \times \varepsilon_1(0) + \alpha_3(2) \times \varepsilon_2(1)$$

$$\varepsilon_4(2) = \varepsilon_4(0) + \alpha_4(1) \times \varepsilon_1(0) + \alpha_4(2) \times \varepsilon_2(1)$$

.

.

.

$$\varepsilon_{L \times C}(2) = \varepsilon_{L \times C}(0) + \alpha_{L \times C}(1) \times \varepsilon_1(0) + \alpha_{L \times C}(2) \times \varepsilon_2(1)$$

Pour $k=LC$

$$\varepsilon_1(L \times C) = \alpha_1(2) \times \varepsilon_2(1) + \alpha_1(3) \times \varepsilon_3(2) + \alpha_1(4) \times \varepsilon_4(3) + \dots + \alpha_1(L \times C) \times \varepsilon_{L \times C}(L \times C - 1)$$

$$\varepsilon_2(L \times C) = \alpha_2(3) \times \varepsilon_3(2) + \alpha_2(4) \times \varepsilon_4(3) + \dots + \alpha_2(L \times C) \times \varepsilon_{L \times C}(L \times C - 1)$$

$$\varepsilon_3(L \times C) = \alpha_3(4) \times \varepsilon_4(3) + \dots + \alpha_3(L \times C) \times \varepsilon_{L \times C}(L \times C - 1)$$

$$\varepsilon_4(L \times C) = \alpha_4(5) \times \varepsilon_5(4) + \dots + \alpha_4(L \times C) \times \varepsilon_{L \times C}(L \times C - 1)$$

.

.

.

$$\varepsilon_{L \times C}(L \times C) = 0$$

Pour $k=LC+1$

$$\varepsilon_1(L \times C + 1) = 0$$

$$\varepsilon_2(L \times C + 1) = \varepsilon_2(L \times C) + \alpha_2(L \times C + 1) \times \varepsilon_1(L \times C)$$

$$\varepsilon_3(L \times C + 1) = \varepsilon_3(L \times C) + \alpha_3(L \times C + 1) \times \varepsilon_1(L \times C)$$

$$\varepsilon_4(L \times C + 1) = \varepsilon_4(L \times C) + \alpha_4(L \times C + 1) \times \varepsilon_1(L \times C)$$

.

.

.

$$\varepsilon_{L \times C}(L \times C + 1) = \varepsilon_{L \times C}(LC) + \alpha_{L \times C}(L \times C + 1) \times \varepsilon_1(L \times C)$$

On généralise et on obtient :

Pour $k = n.L.C + m$

$$\varepsilon_m(k) = 0$$

$$k < n \times L \times C + m$$

$$\varepsilon_m(k) = \varepsilon_m(n \times L \times C) + \sum_{f=n \times L \times C + 1}^k \alpha_m(f) \times \varepsilon_{f-n \times L \times C}(f-1)$$

$$k > n.L.C + m$$

$$\varepsilon_m(k) = \sum_{f=n \times L \times C + m + 1}^k \alpha_t(f) \times \varepsilon_{f-n \times L \times C}(f-1)$$

Comportement aux instants $k = n \times L \times C$ pour n très grand.

Dans ce cas on a

$$\varepsilon_m((n+1) \times L \times C) = \sum_{f=n \times L \times C + m + 1}^{(n+1) \times L \times C} \alpha_m(f) \times \varepsilon_{f-n \times L \times C}(f-1)$$

$$\varepsilon_{f-n \times L \times C}(f-1) = \varepsilon_{f-n \times L \times C}((n-1) \times L \times C) + \sum_{g=(n-1) \times L \times C + 1}^{f-1} \alpha_{f-(n-1) \times L \times C}(g) \times \varepsilon_{g-(n-1) \times L \times C}(g-1)$$

$$\varepsilon_{f-n \times L \times C}((n-1) \times L \times C) = \sum_{d=(n-2) \times L \times C + (f-n \times L \times C) + 1}^{(n-1) \times L \times C} \alpha_{f-n \times L \times C}(d) \times \varepsilon_{d-(n-2) \times L \times C}(d-1)$$

A la fin on tend vers une forme

$$\varepsilon_m(n \times L \times C) = \sum_{x=1}^n \prod_{x=1}^n \alpha_{\psi(x)}(g(x)) \times \varepsilon_{\kappa(x)}(\chi(x))$$

$$\prod_1^n \alpha_{\psi(x)}(g(x)) \approx 0$$

Vu que $\alpha_m \leq 0, \forall m, \forall k \Rightarrow \varepsilon_m(n \times L \times C) \rightarrow 0$ Pour $n \rightarrow \infty, \forall m, \forall L, \forall C$

Exemple numérique***Pour $k=1$***

$$\varepsilon_1(1) = 0$$

$$\varepsilon_2(1) = 2 + 0.4231 = 2.4231$$

$$\varepsilon_3(1) = 0 + 0.1154 = 0.1154$$

$$\varepsilon_4(1) = 0 + 0.1154 = 0.1154$$

$$\varepsilon_5(1) = 0 + 0.1923 = 0.1923$$

$$\varepsilon_6(1) = 0 + 0.2692 = 0.2692$$

$$\varepsilon_7(1) = 0 + 0.4231 = 0.4231$$

$$\varepsilon_8(1) = -2 + 0.1923 = -1.8077$$

$$\varepsilon_9(1) = -2 + 0.2692 = -1.7308$$

Pour $k=LC=9$

$$\varepsilon_1(9) = 0.3817$$

$$\varepsilon_2(9) = 0.1655$$

$$\varepsilon_3(9) = 0.0635$$

$$\varepsilon_4(9) = 0.0498$$

$$\varepsilon_5(9) = 0.0252$$

$$\varepsilon_6(9) = -0.0775$$

$$\varepsilon_7(9) = -0.4356$$

$$\varepsilon_8(9) = -0.1725$$

$$\varepsilon_9(9) = 0$$

Pour $k=n.LC$ ($n=4$)

$$\varepsilon_1(36) = -0.0003179$$

$$\varepsilon_2(36) = 0.0000059$$

$$\varepsilon_3(36) = 0.0000919$$

$$\varepsilon_4(36) = 0.0001468$$

$$\varepsilon_5(36) = 0.0003287$$

$$\varepsilon_6(36) = 0.0001850$$

$$\varepsilon_7(36) = -0.0002843$$

$$\varepsilon_8(36) = -0.0001562$$

$$\varepsilon_9(36) = 0$$

On observe que l'écart tend vers zéro quand n augmente ce qui assure la convergence de l'algorithme.

2.6 Conclusion

La difficulté principale dans l'élaboration de notre système anti-escarre était de développer un modèle prévisionnel capable de calculer la variation des pressions si une action survient. Le modèle développé passera par une étape de simulation et il sera ensuite appliqué sur un prototype. Les résultats réels des essais de simulation et d'expérimentation nous permettront d'identifier les faiblesses de ce modèle et de les diminuer.

La dimension de la matrice des capteurs influe directement sur la résolution de la détection du contour des différentes parties du corps humain. Pour améliorer cette résolution, nous pouvons augmenter le nombre de capteur de pression. Ainsi, par la simulation, nous nous intéressons à l'identification de la l'échelle de résolution permettant d'en optimiser la précision.

Chapitre 3 : Simulation et optimisation du système anti escarre

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, on a pu présenter les principes de fonctionnement de notre système anti-escarres. Il peut être décomposé en deux parties, une partie de détection de la pression d'interface lit-patient et une autre partie permettant de modifier la distribution de la pression. L'interaction entre ces deux sous-systèmes est gérée par un algorithme qui permet de passer d'une répartition de pression initiale comportant des risques de formation d'escarres à une répartition optimale offrant un meilleur confort et minimisant les pics de pression susceptibles de provoquer une hypoxie.

Dans ce chapitre nous développons la partie simulation du système précédemment décrite ainsi que son optimisation. Dans un premier temps, nous présentons les simulations du système de détection de la pression avec classification et détection de contour du patient. Ensuite, on effectue des simulations sur le modèle de répartition des pressions.

Les résultats obtenus nous permettent de valider le comportement du système face à diverses situations. D'autre part, nous vérifions par simulation la convergence de l'algorithme de commande, dont la démonstration mathématique a été présentée dans le chapitre précédent.

3.2 Simulation du système de cartographie de pression

Le système de détection de pression d'interfaces (entre le patient et le lit) décrit précédemment est composé d'un ensemble de capteurs disposés sous forme matricielle. Le premier rôle de cette matrice de capteurs est de déterminer les pressions d'interface sur toutes les zones du patient afin de détecter les zones à risque. Il est aussi nécessaire d'avoir en temps réel les valeurs des pressions pour que l'on puisse valider la répartition générée par le système ou bien détecter tout changement de position et s'adapter à cette nouvelle disposition de pressions.

Un autre rôle très important de cette matrice de capteurs est de donner une image cartographique de la répartition des pressions. Au chapitre précédent nous avons fait l'analogie entre un capteur d'image matriciel et notre système de capteur de pression matriciel. Cette analogie nous permet de détecter la zone occupée par le patient de la zone vide et par la suite de décomposer le corps en sept parties (main droite, main gauche, tête, abdomen et thorax, bassin, jambe droite et jambe gauche) pour permettre au système d'agir sur chaque zone indépendamment.

3.2.1 Simulation de la classification automatique monodimensionnelle

Cette partie de la simulation s'intéresse à la classification et à la détermination du contour de la zone du lit occupé par le corps. Dans cette situation on dispose de deux classes : une classe nommée C1 qui regroupe les éléments appartenant à la surface de contact patient-lit et une autre classe nommée C2 qui regroupe les éléments de surface vide.

Pour la simulation nous utilisons une même image de cartographie de pressions avec différentes résolutions : Image1 avec une résolution normale (112×267), Image2 avec une résolution moyenne (25×50) et Image3 avec une basse résolution (10×20).

3.2.1.1 Classification

Pour effectuer la classification monodimensionnelle on dispose d'un vecteur d'attribut monodimensionnel. Ce vecteur contient les valeurs des pressions. La première étape consiste à faire une acquisition de l'information.

Les images utilisées ont un fond blanc, ce qui implique que pour la binarisation les éléments blancs (correspondant aux parties vides du lit) auront la valeur 1 et les pixels plus foncés (correspondants aux parties du lit occupées par le patient) auront la valeur 0 (à l'inverse de ce qui était annoncé au chapitre 2) [36].

Binarisation Image1 résolution (112×267) :

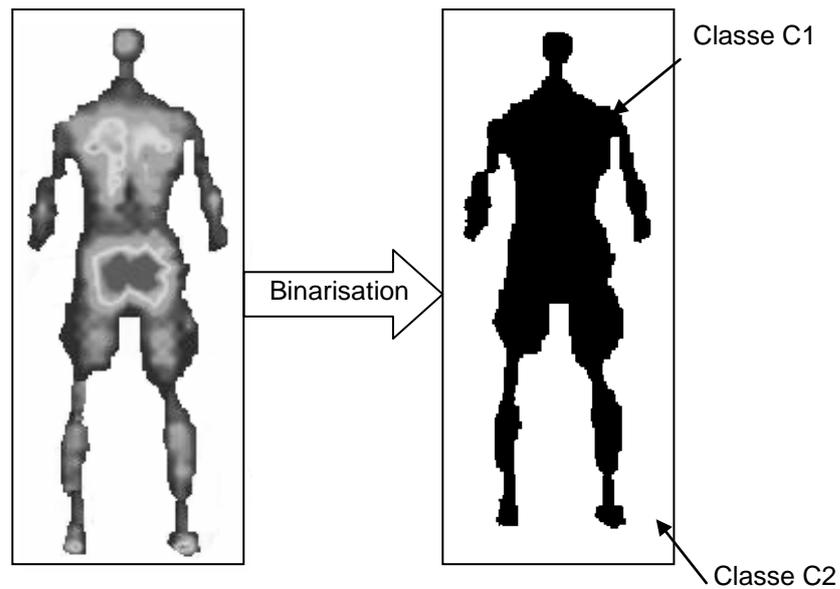


Fig22 Binarisation image1 avec une résolution (112×267)

Dans ce cas la classification revient à mettre tous les éléments correspondant à la partie en noire sur l'image binarisée Fig22, dans la classe C1 et les autres éléments en blanc dans la classe C2.

3.2.1.2 Reconstitution du contour

Avant de pouvoir effectuer une reconstitution de contour il nous semble nécessaire d'introduire deux notions très importantes : la notion de voisinage et de connexité.

Considérons une matrice M dont les éléments sont localisés par (i,j) . A l'exception des éléments des bords de la matrice, tout élément $M(i,j)$ est entouré par quatre voisins horizontaux et verticaux et quatre voisins diagonaux (Fig.23) [24, 37,38].

$(i-1, j-1)$	$(i-1, j)$	$(i-1, j+1)$
$(i, j-1)$	(i, j)	$(i, j+1)$
$(i+1, j-1)$	$(i+1, j)$	$(i+1, j+1)$

Fig. 23 Huit voisins de l'élément $M(i,j)$ [24]

On remarque sur la figure *Fig23* que les voisins horizontaux ou verticaux sont séparés par une seule unité de longueur alors que les voisins diagonaux sont séparés de deux unités.

Deux types de connexités dans un plan 2d sont possibles, une connexité de niveau 4 qui consiste à vérifier pour un ensemble de point E si un point A de E possède 4 voisins éloignés d'une longueur (4 voisins horizontaux et verticaux) appartenant à E . Une connexité de niveau 8 consiste à vérifier l'ensemble de voisinages horizontaux, verticaux et diagonaux [24].

Dans notre cas nous utilisons une connexité de niveau 4, elle nous permettra de trouver les points de $C1$ formant le contour du corps. Pour se faire, on prend tous les points de $C1$, point par point, et on vérifie les quatre voisinages horizontaux et verticaux. Si tous les voisins sont des éléments de $C1$ alors ce point n'est pas un élément du contour mais si un

voisin ou plus n'est pas de la classe C1 alors cet élément est situé sur le contour. On arrive ainsi à reconstruire la totalité du contour.

Nous allons effectuer cette méthode de reconstruction sur nos trois images et visualiser les résultats [36, 38].

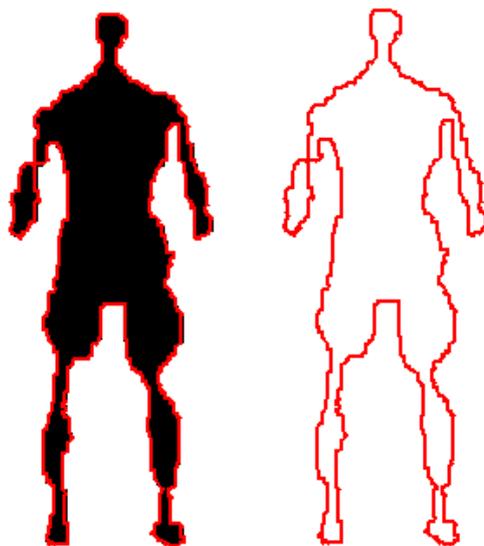


Fig. 24 Contour sur image1 avec une résolution (112×267)

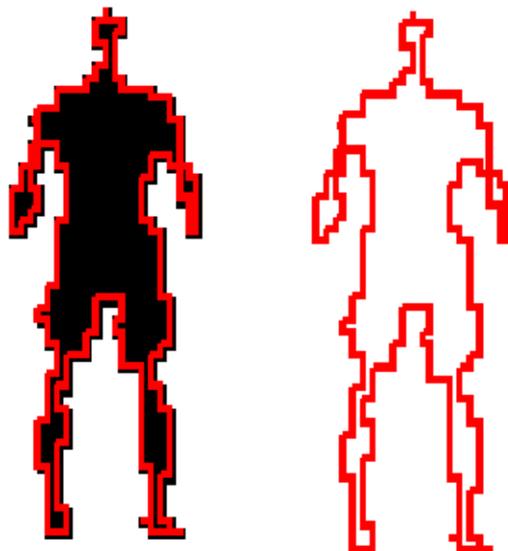


Fig. 25 Contour sur image2 avec une résolution (25×50)

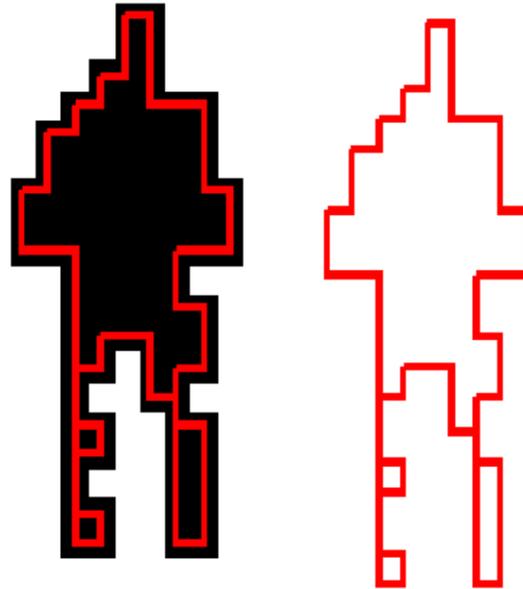


Fig. 26 Contour sur image3 avec une résolution (10×20)

On remarque sur les différentes figures (*Fig.24*, *Fig.25* et *Fig.26*) que la diminution de la résolution est accompagnée par une perte en niveau de détail des formes et des espaces vides entre les différentes zones.

Entre la *Fig.24* et la *Fig.25* nous observons juste une perte de détails et d'arrondis sur les formes, par contre sur la *Fig.26* nous remarquons que les mains ne sont plus identifiables vu que l'espace entre les mains et le corps a disparu dû à la diminution de la résolution.

Pour cette classification nous n'avons pas besoin de détails, mais pour décomposer le corps du patient en différentes zones, la résolution va jouer un rôle déterminant.

3.2.2 Simulation de la classification multidimensionnelle

Dans cette partie nous nous intéressons à la classification en 7 classes (main droite, main gauche, tête, abdomen et thorax, bassin, jambe droite et jambe gauche) dont une classe supplémentaire en comptant la partie vide du lit. Pour se faire, l'approche monodimensionnelle n'est plus suffisante.

Les autres paramètres dont nous disposons sont les paramètres de localisation dans la matrice des capteurs (i,j), i pour la localisation en ligne et j pour la localisation en colonne.

Notre vecteur d'attributs est alors composé de la valeur de pression (niveau de gris) et de la localisation du capteur (localisation du pixel sur l'image).

3.2.2.1 Classification multidimensionnelle

Les différentes classes sont connectées entre elles ce qui rend la détermination d'appartenance de pixels plus difficile. Pour pouvoir décomposer le corps en différentes classes on introduit un ensemble de règles et de conditions géométriques. Cette classification consiste à déterminer une zone géométrique délimitant une seule classe [39,40].

Classe de la tête

La tête est l'élément le plus haut dans le corps et dans le même niveau de la tête on ne trouve aucune autre partie du corps. Il est alors facile de trouver le début de la tête mais la difficulté est dans la détermination de la limite entre la tête et le reste du corps.

Sur la *Fig. 27* on peut voir que la largeur de la tête (le cou compris) est inférieure à la largeur du reste du corps.

La tête peut ainsi être localisée dans une zone sur toute la largeur et dont la longueur démarre du début de l'image et prend fin sur la ligne où la largeur dépasse la largeur de la tête.

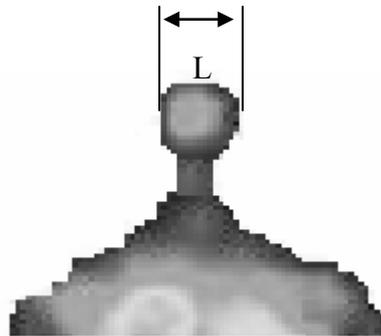


Fig. 27 Localisation de la tête avec une résolution (112×267)

La figure (Fig.28) montre le résultat obtenu avec MATLAB sur une image de résolution (112×267). Nous avons pu obtenir une matrice qui regroupe uniquement les éléments de la tête. Cette matrice correspond à la classe tête, cette classe sera nommée C11.



Fig. 28 Classe C11 tête avec une résolution (112×267)

Classe Main droite

Pour la localisation de la main on utilise la même approche avec des conditions différentes.

Sur la figure (Fig29) nous observons qu'entre les mains et le corps il y a 2 espaces vides. Un vide du côté droit et un autre du côté gauche. La première ligne où on détecte ces 2 vides est localisée. On cherche l'intersection de cette ligne avec le corps et on obtient ainsi 2 lignes limites de la zone et une ligne pour chaque main.

Pour la main droite, la zone de localisation est sur toutes les lignes. Au niveau des colonnes, on commence au début et on s'arrête au niveau de la ligne limite droite (voir Fig. 29). Pour ne pas confondre les points appartenant à d'autres parties, chaque ligne prend fin si on passe d'une zone pleine à une zone vide.

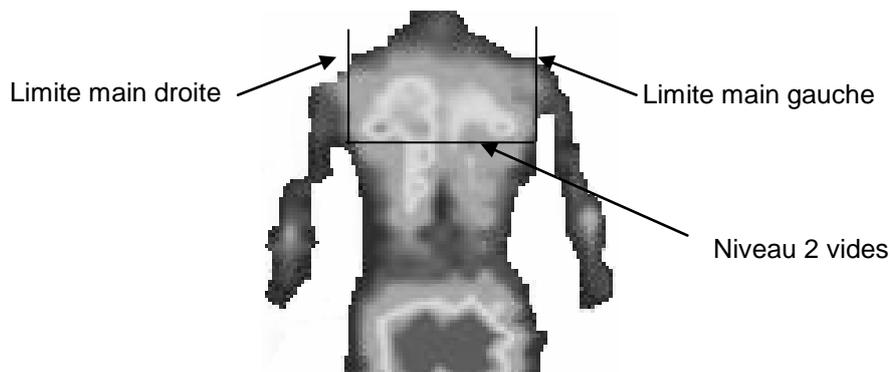


Fig. 29 Localisation des mains avec une résolution (112x267)

Le résultat obtenu est acceptable (voir Fig30). La matrice obtenue contient tous les éléments de la main droite correspondant à la nouvelle classe C12.



Fig.30 Classe C12 main droite avec une résolution (112x267)

Classe Main gauche

De la même façon, on effectue la localisation de la main gauche. La zone de localisation est sur toutes les lignes. Au niveau des colonnes on commence au niveau de la ligne limite gauche (voir Fig29) jusqu'à la fin. Pour ne pas confondre les points appartenant à d'autres parties chaque ligne prend fin si on passe d'une zone pleine à une zone vide.



Fig. 31 Classe C13 main gauche avec une résolution (112×267)

La figure (Fig. 31) montre le résultat de classification pour la main gauche. La matrice obtenue contient tous les éléments de la main gauche correspondant à la nouvelle classe C13.

Classe jambe droite

Pour la jambe droite il faut que l'on puisse définir la ligne de début des jambes (voir Fig. 32). En utilisant les classes C12 et C13 on est capable de trouver la ligne fin des mains, à partir de cette ligne on cherche la première ligne avec un vide. Cette ligne correspond à la ligne de début des jambes. Il nous faut maintenant déterminer les limites entre la jambe droite et la jambe gauche.

Le vide entre les jambes étant localisé on détermine la colonne du milieu de ce vide.

La jambe droite est alors localisée en ligne (du début jambes jusqu'à la fin) et en colonne (du début jusqu'à la colonne milieu entre jambes) (voir Fig. 32)

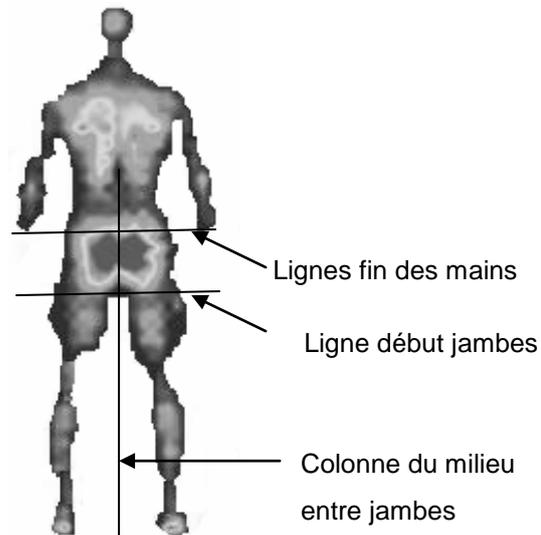


Fig. 32 Localisation des jambes avec une résolution (112×267)

La Figure 33 montre le résultat de la classification pour la jambe droite. La matrice obtenue contient tous les éléments de cette jambe correspondant à la nouvelle classe C14.



Fig. 33 Classe C14 jambe droite avec une résolution (112×267)

Classe jambe gauche

La classification de la jambe gauche sera effectuée sur une zone localisée:

Zone lignes : de la ligne début jambes jusqu'à la fin ;

Zone colonne : de la colonne du milieu entre jambes jusqu'à la fin.

La matrice obtenue (voir Fig.30) contient tous les éléments de la jambe gauche

correspondant à la nouvelle classe C15.



Fig. 34 Classe C15 jambe gauche avec une résolution (112×267)

Classe bassin

La localisation de la fin du bassin correspond à la ligne début jambes. Pour définir la ligne début bassin, nous partons de la ligne début de tête (*voir Fig. 35*) vers la ligne début jambes soit (d) la distance entre ces deux lignes. La colonne milieu corps est la colonne (d/2).

Partant de la colonne milieu on observe la variation de la largeur du corps.

Quand on se rapproche du bassin on observe une augmentation de la largeur. Le début du bassin peut alors être localisé par le début de l'augmentation de la largeur.

Ainsi on définit la ligne début du bassin.

Le bassin est alors localisé dans une zone définie par :

Zone lignes : de la ligne début bassin jusqu'à la ligne début jambes.

Zone colonne : du début jusqu'à la fin.

Au cours de la classification les éléments déjà classés ne seront pas reclassés, pour éviter que des éléments des mains soient intégrés dans la classe du bassin ou de l'abdomen et thorax.

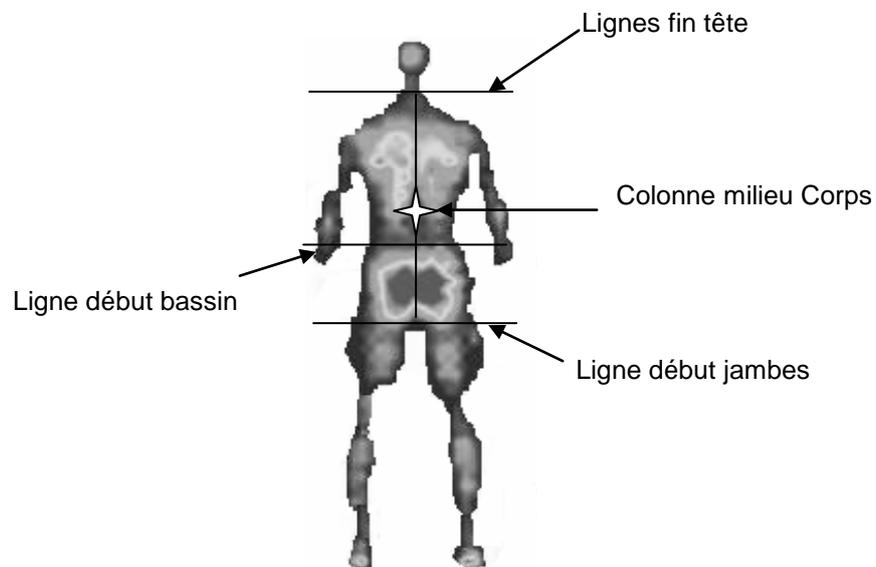


Fig. 35 Localisation début du bassin avec une résolution (112×267)

La Figure 36 montre le résultat de la classification pour le bassin. La matrice obtenue contient tous les éléments de cette nouvelle classe C16.



Fig. 36 Classe C16 bassin avec une résolution (112×267)

Classe abdomen et thorax

Cette classe contient tous les éléments restants. Il est possible de définir une zone de localisation pour cette classe aussi.

La figure (Fig.37) montre le résultat de la classification pour cette dernière classe. La matrice obtenue contient tous les éléments de cette nouvelle classe C17.



Fig. 37 Classe C17 abdomen et thorax avec une résolution (112×267)

3.2.2.2 Reconstitution des contours

De la même façon que pour le cas monodimensionnel on effectue une reconstitution avec une connexité de niveau 4.

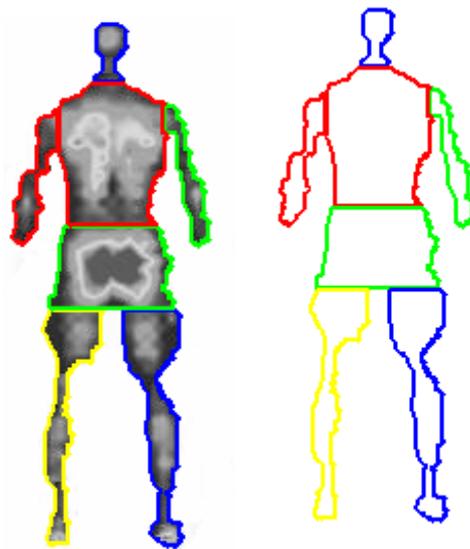


Fig. 38 Les contours sur image1 avec une résolution (112×267)

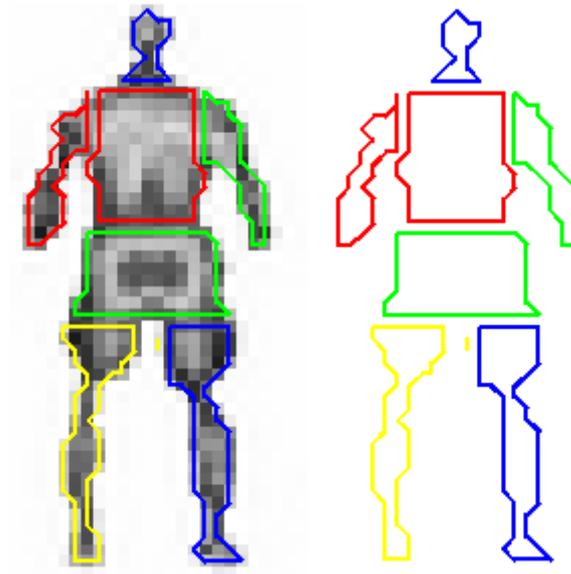


Fig. 39 Les contours sur image2 avec une résolution (25×50)

Sur les Figures 38 et 39 nous constatons que la classification et les reconstitutions des contours permettent d'identifier les sept classes.

Cette opération n'était possible que sur les images « Image1 » et « Image2 » qui contenaient suffisamment de détails pour effectuer cette opération. Au contraire de l'Image3 qui manquait d'informations nécessaires à une telle classification.

3.3 Simulation du système de répartition des pressions

La répartition de la pression est contrôlée par des vérins agissant directement sur les plots. Le mouvement d'un vérin produit une variation de la hauteur du plot c'est ainsi que la valeur de la pression change.

L'algorithme présenté précédemment permet de simuler les variations nécessaires afin d'aboutir à une répartition acceptable des pressions. A l'aide de cet algorithme on calcule en une seule étape les hauteurs consignes des vérins.

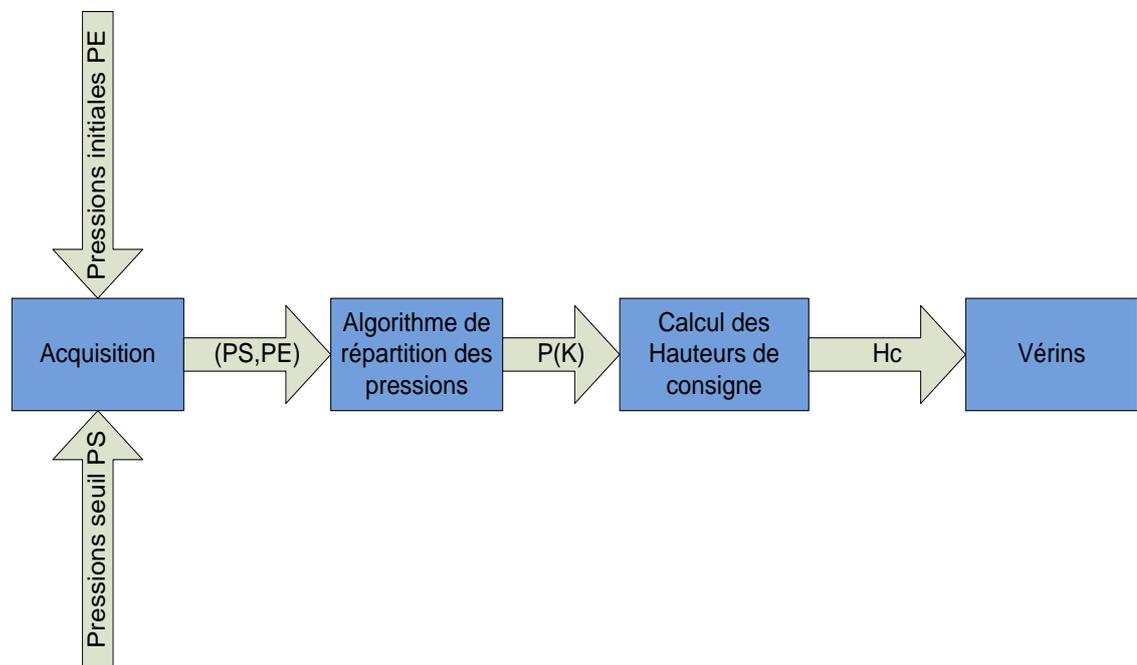


Fig. 40 Procédure de simulation du système de répartition des pressions

La simulation du système de répartition des pressions se déroule comme décrit dans la Figure 40. L'acquisition des pressions PE et PS permet de calculer à l'aide de l'algorithme de répartition des pressions une matrice de séquence tridimensionnelle $P(K)$.

$P(K)$ regroupe toutes les variations de la matrice des pressions à partir de la matrice PE initiale jusqu'à une répartition des pressions acceptables conformément aux conditions

décrites précédemment. A l'aide de cette matrice $P(K)$ on calcule les hauteurs de consignes pour les vérins.

3.3.1 Calcul des hauteurs de consigne

Afin de calculer les hauteurs seuils nous disposons d'informations sur la variation de la pression à partir de $P(K)$, il faut donc trouver un moyen de convertir cette variation de pression en variation de hauteur. Pour ce faire, nous considérons un plot en mousse quelconque appartenant au matelas (*Fig. 41*) de surface s , ce plot est en contact avec le patient et soumis à une pression d'interface qu'on note Pp . On suppose que la surface de contact plot patient est une constante égale à s .

La mousse est un corps élastique et en négligeant l'effet mémoire de la mousse on peut assimiler ce plot à un ressort de raideur Kp « On néglige le facteur viscoélasticité de la mousse » [41, 42, 43].

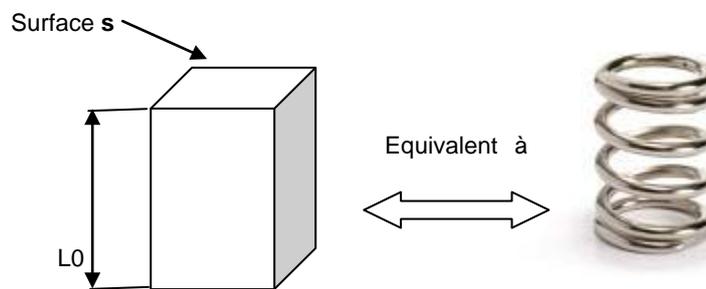


Fig. 41 Plot en mousse en analogie ressort

Soit Fp la force appliquée sur le plot :

$$Pp = \frac{Fp}{s}$$

Soit $L0$ la longueur du plot à vide, et Lp la longueur du plot soumis à la pression Pp .

$$Fp = (L0 - Lp) \times Kp$$

$$Pp = (L0 - Lp) \times \frac{Kp}{s}$$

Partant d'une pression initiale Pp vers une pression visée Pv , avec Lv la longueur du plot soumis à la pression Pv .

$$Pv = (L0 - Lv) \times \frac{Kp}{s}$$

L'action du vérin va permettre de passer de la pression Pp vers la pression Pv .

Calculons la variation de la pression

$$Pv - Pp = (Lv - L0) \times \frac{Kp}{s}$$

$(Lv - L0)$ n'est que la course effectuée par le vérin, ainsi on peut définir la hauteur consigne du vérin comme suit :

$$hc = (Pv - Pp) \times \frac{s}{Kp}$$

Au niveau de l'algorithme, la modification de la pression est effectuée pas à pas, comme expliqué dans le chapitre précédent, on détecte un plot et on agit sur celui-là jusqu'à avoir une valeur de pression égale à la pression seuil. Par la suite on calcule l'impact de cette variation sur les autres éléments. Cette variation n'est pas le résultat d'une action directe sur le plot mais le résultat d'une action sur un plot différent.

A partir de $P(K)$ on extrait toute les variations de pression produites par une action directe dans une nouvelle matrice tridimensionnelle.

Exemple :

Soit $i \in [1, \dots, K]$

Supposons que $(id, jd)(i) = (1, 1)$

Soit *Dif* la matrice qui regroupera les variations de pression produites par une action directe.

$$\mathbf{P}(i) = \begin{bmatrix} X_{11}(i) & X_{12}(i) & X_{13}(i) \\ X_{21}(i) & X_{22}(i) & X_{23}(i) \\ X_{31}(i) & X_{32}(i) & X_{33}(i) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P}(i+1) = \begin{bmatrix} X_{11}(i+1) & X_{12}(i+1) & X_{13}(i+1) \\ X_{21}(i+1) & X_{22}(i+1) & X_{23}(i+1) \\ X_{31}(i+1) & X_{32}(i+1) & X_{33}(i+1) \end{bmatrix}$$

$$Dif(i) = \begin{bmatrix} X_{11}(i+1) - X_{11}(i) & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

A partir de la matrice *Dif*(*K*-1), on crée une nouvelle matrice de dimension 2 qu'on notera *Dred* avec

$$Dred(i, j) = \sum_{k=1}^{K-1} X_{ij}(k)$$

Pour minimiser les mouvements des plots on calcule la moyenne de la matrice *Dred* et on déduit la matrice *Dfin*.

$$Dfin = Dred - Moyenne(Dred)$$

A la fin on obtient la matrice des hauteurs seuils.

$$Hc = Dfin \times \frac{s}{Kp}$$

3.3.2 Résultats des simulations

Dans un premier temps nous effectuons des simulations avec une matrice des pressions P constantes et on observe la réponse du vérin en fonction de la consigne.

Soit P et PS (Pression en kPa)

$$P = \begin{bmatrix} 3,2 & 2,8 & 2,3 & 2,7 \\ 3 & 6 & 3,5 & 2,5 \end{bmatrix}$$

$$PS = \begin{bmatrix} 3 & 6 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

Après 75 itérations l'algorithme nous permet de passer de P vers PS

$$PK(k = 1) = P$$

$$PK(k = 2) = \begin{bmatrix} 3,681 & 3,2220 & 2,6643 & 3,1104 \\ 3,4451 & 3,0000 & 4,0027 & 2,8874 \end{bmatrix}$$

$$PK(k = 3) = \begin{bmatrix} 3,8317 & 3,3683 & 2,7891 & 3,2525 \\ 3,6000 & 3,1378 & 3,0000 & 3,0208 \end{bmatrix}$$

$$PK(k = 75) = PS$$

$$Dred = \begin{bmatrix} -1,0548 & 1,8714 & -0,1114 & -0,5604 \\ -0,8697 & -3,4279 & -1,3039 & -1,1539 \end{bmatrix}$$

$$Dfin = Dred - Moyenne(Dred)$$

$$Dfin = \begin{bmatrix} -0,2285 & 2,6977 & 0,7149 & 0,2659 \\ -0,0434 & -2,6015 & -0,4776 & -0,3276 \end{bmatrix}$$

Pour les simulations on a choisit un facteur :

$$\frac{s}{Kp} = 1cm / kPa \text{ Avec } 1cm/kPa = 10cm^3/N$$

On obtient ainsi la matrice des hauteurs consigne en *cm*

$$H_c = \begin{bmatrix} -0.2285 & 2.6977 & 0.7149 & 0.2659 \\ -0.0434 & -2.6015 & -0.4776 & -0.3276 \end{bmatrix}$$

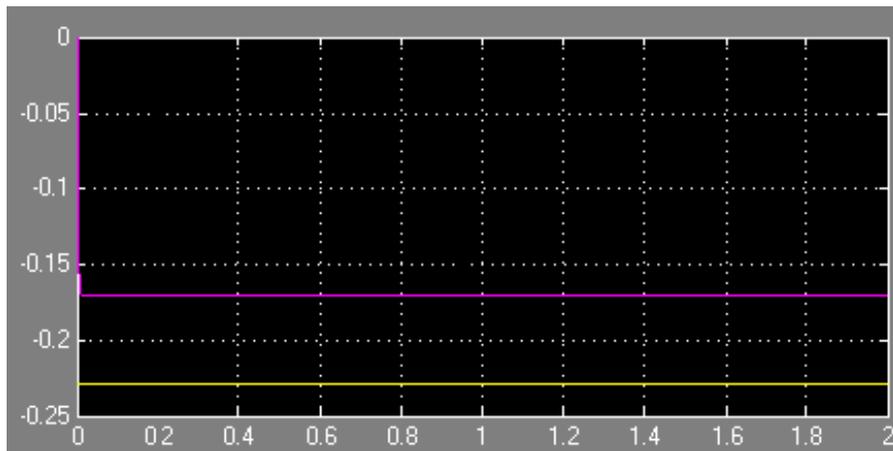


Fig. 42 Réponse d'un vérin à une pression constante

La Figure 42 présente la réponse du vérin (1,1) à la hauteur de consigne, cette réponse montre une erreur statique importante entre la consigne en jaune et la réponse du vérin en rose ainsi qu'une évolution brusque vers la consigne. L'utilisation d'un régulateur simple de type PID « Proportionnel Intégral Dérivé » est capable de résoudre ces problèmes [44, 45].

Notons tout de même que l'algorithme calcule les hauteurs consignes rapidement, ce qui démontre la convergence rapide de l'algorithme de simulation de la répartition des pressions.

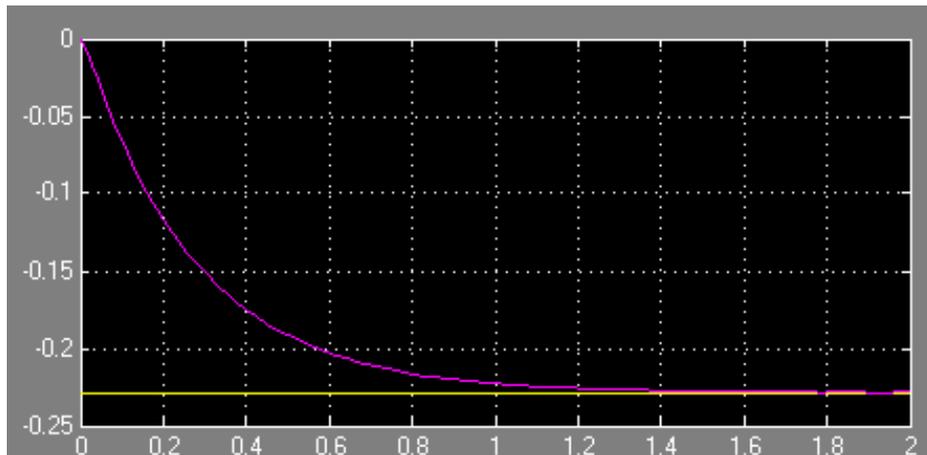


Fig. 43 Réponse d'un vérin à une pression constante avec PID

Sur la Figure 43, on observe une nette amélioration de la réponse en termes d'erreur statique et en termes de temps de montée.

La variation des hauteurs est effectuée simultanément sur l'ensemble des vérins pour minimiser toute gêne et optimiser le confort du patient. La Figure 44 montre la régulation des 4 vérins $[(1,1), (1,2), (1,3), (1,4)]$ appartenant à une même zone du corps.

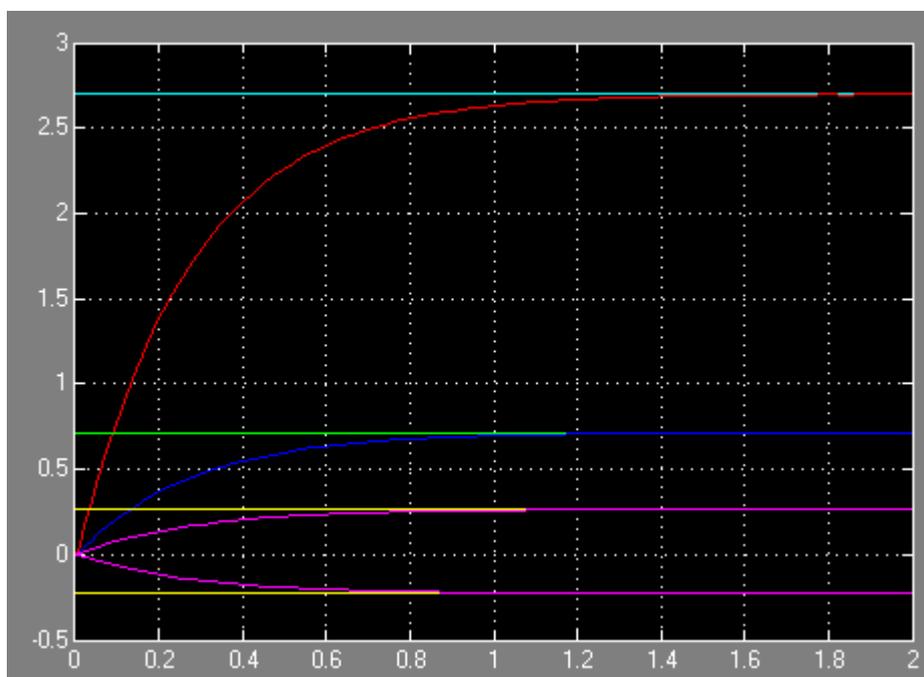


Fig. 44 Réponse de 4 Vérins à une pression constante avec PID

Dans cette simulation on ajoute une perturbation qui peut correspondre à un mouvement du patient et on observe la réponse du système à cette variation.

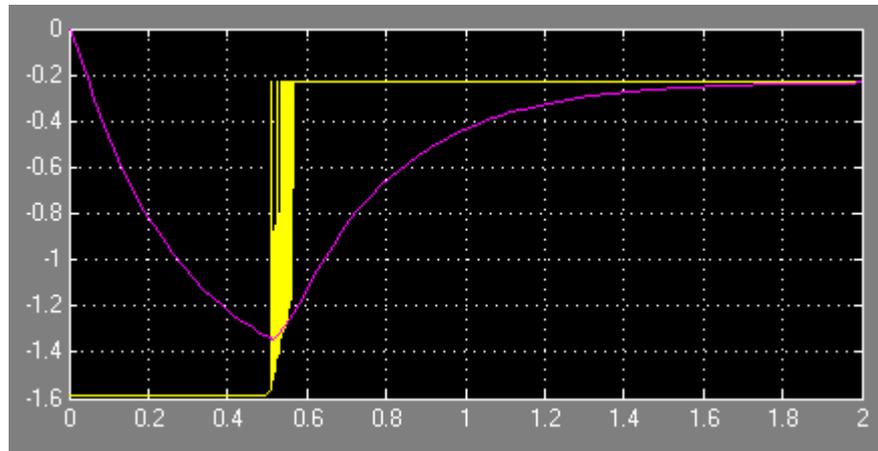


Fig. 45 Réponse d'un Vérin à une pression perturbée

Sur la Figure 44 on observe que la consigne en jaune a suivi la perturbation produite par la variation de la pression. L'algorithme a pu générer une valeur de consigne rapidement en suivant les variations de la pression.

La réponse du vérin en rose s'est bien adaptée à la consigne tout en minimisant les vibrations de la consigne (perturbation).

3.4 Optimisation après simulation

Dans la section « 3.2.1 Simulation de la Classification multidimensionnelle » on a observé l'influence de la résolution sur les résultats. De plus, il n'est pas possible de faire une classification avec une faible résolution de 10×20 .

Pour une taille de plot de 10×10 cm le nombre de capteur doit augmenter pour atteindre une résolution totale de 30×60 . Cela signifie qu'il y a 9 capteurs par plot.

Cette optimisation nous permet en même temps de minimiser l'erreur de calcul des hauteurs de consigne dû à l'hypothèse d'une surface s constante, vu qu'on est capable de détecter sur un plot 9 sous-zones de surfaces ($\frac{s}{9}$) ce qui est susceptible de minimiser l'erreur de calcul de la hauteur de chaque plot.

3.5 Conclusion

Tout au long de ce chapitre nous avons présenté différentes simulations du système anti-escarre et un nombre d'améliorations a pu être proposé au niveau de l'algorithme ainsi que sur la conception globale du système. L'augmentation du nombre de capteurs par plot (9 sur la surface s) permet de diminuer l'erreur de calcul de la hauteur de consigne afin de réguler la pression d'interface. Cela contribue à une meilleure détection de formes des différentes zones. La dynamique de la régulation des hauteurs des plots a été adaptée de manière à assurer un confort optimal du patient.

Dans le chapitre suivant on s'intéresse à la conception du prototype. Cette réalisation nous permet de mieux évaluer notre système dans des conditions physiques réelles.

Chapitre 4 : Prototype du dispositif anti-escarres

4.1 Introduction

Dans les trois chapitres précédents nous avons présenté un dispositif anti-escarres avec son algorithme de commande. L'étude de l'existant nous a permis de définir le principe général de fonctionnement ainsi que la stratégie de la prévention à appliquer. Par la suite nous avons cherché la meilleure solution technique qui apporte un maximum de confort tout en minimisant l'apparition d'escarres. Nous avons ensuite ajouté à cette solution une stratégie de commande permettant d'assurer une pression locale acceptable entre le patient et le support sur la totalité de la surface de contact. Un ensemble de simulations du modèle théorique du fonctionnement du dispositif a été effectué.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la réalisation d'un prototype fonctionnel afin de démontrer la faisabilité de notre système. La définition des besoins et la recherche des solutions techniques qui permettent d'y répondre constituent la première étape dans notre démarche. Le choix entre ces solutions est soumis à un certain nombre de contraintes : confort du patient, temps de fabrication, coût, matériaux...Au cours de la réalisation, un certain nombre de solutions a été éliminé.

Comme tout dispositif automatisé notre système est composé de deux parties, une opérative « PO » et une partie commande « PC ».

Dans notre dispositif de prévention des escarres nous avons une partie opérative composée d'un ensemble de plots mobiles, d'actionneurs (vérins) permettant d'assurer le mouvement des plots, de capteurs de position afin de déterminer les positions des actionneurs et enfin de capteurs de pression pour mesurer les pressions d'interface entre les plots et le sujet.

Le prototype est composé de 12 plots mobiles de 15cm x 15cm, ils sont disposés en 3 lignes et 4 colonnes correspondant à la taille d'une assise. Notons que la taille des

plots a été augmentée par rapport au concept initial pour avoir une plus grande couverture avec 12 plots.

4.2 Mécanisme des plots mobiles

Le plot mobile représente l'actionneur, comportant la mousse qui sera en contact direct avec le patient. Chaque plot est composé de trois parties (*Voir Fig. 46*) :

- Partie mobile entraînée par un vérin ;
- Partie fixe en liaison glissière avec la partie mobile, cette partie fixe sera par la suite encastrée dans le bâti ;
- Serrage qui permet la fixation du vérin sur la partie fixe.

Le guidage de la partie mobile par rapport à la partie fixe est assuré par la combinaison de deux liaisons pivots avec deux axes parallèles, cette configuration élimine la rotation, ainsi nous obtenons une liaison glissière

Le rôle principal du guidage est de s'opposer à l'effort transversal pour éviter un arc-boutement sur le vérin provoquant ainsi un coincement de la tige du vérin et par la suite la détérioration du système.

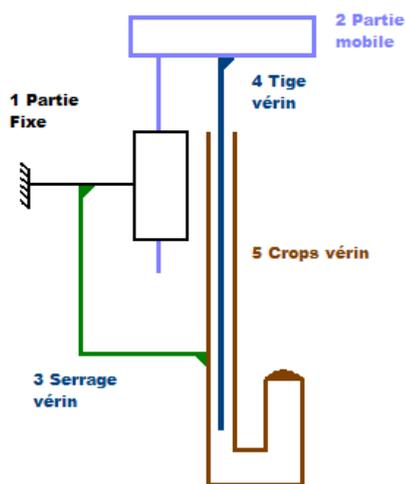


Fig. 46 Schéma cinématique et illustration d'un plot mobile

Définition : le phénomène d'arc-boutement se traduit par une impossibilité de déplacement du coulisseau par rapport à la glissière quelle que soit l'intensité de l'action mécanique. L'arc-boutement se produit si la distance Δ est suffisamment élevée (Voir Fig. 47) [46].

Condition de non arc-boutement : $\Delta \leq \frac{L}{2f}$

f est le coefficient de frottement entre les surfaces de contact (S1/S2) [47].

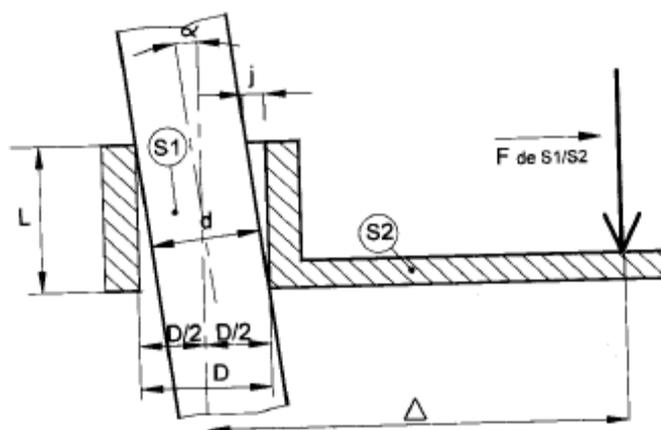


Fig. 47 Guidage par glissière et arc-boutement

Il est possible d'avoir un arc-boutement au niveau du guidage du plot mobile, afin de l'éviter deux solutions sont envisageables sans changement du système de guidage :

- 1- L'augmentation de la longueur du guidage ;
- 2- La diminution du coefficient de frottement f avec une lubrification.

4.2.1 Systèmes d'actionneurs

Chaque plot mobile est entraîné en translation par un vérin contenant un moteur à courant continu. Le vérin est composé d'un moteur à courant continu, d'une réduction mécanique et d'un système de vis-écrou qui transforme le mouvement de rotation en mouvement de translation.

Le moteur utilisé dans le vérin choisi est un moteur à courant continu avec aimant permanent. Un moteur à courant continu est composé d'un rotor (partie tournante) et d'un stator ou inducteur (partie fixe assurant un champ magnétique constant) (Voir Fig. 48).

Dans le cas d'une puissance faible, l'inducteur est un aimant permanent sinon on utilise une inductance qui assure le champ magnétique polaire ou multipolaire.

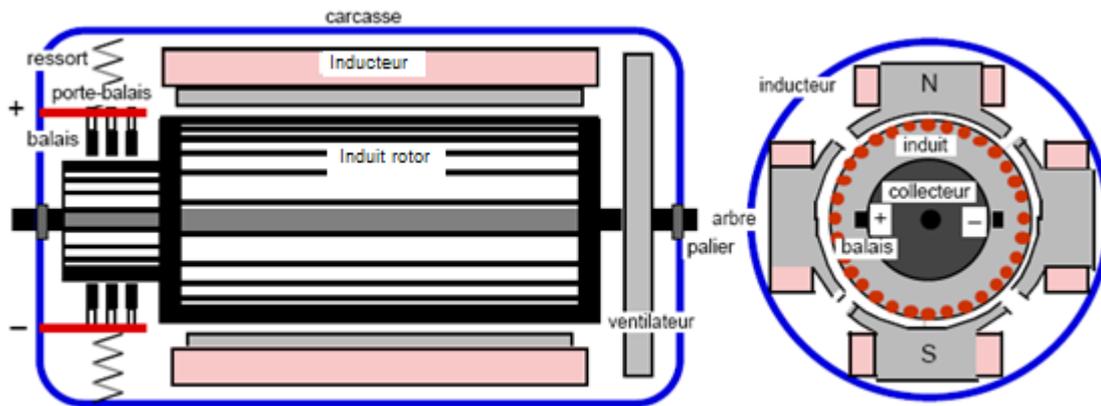


Fig. 48 Moteur à courant continu

L'asservissement en position d'un moteur à courant continu est possible en partant de l'asservissement de la vitesse angulaire du rotor [48,49,50].

La loi des mailles aux bornes du rotor nous permet d'écrire l'équation :

$$U = E + RI + L \frac{di}{dt}$$

U : la tension en volt entre les bornes du rotor,

E : la force contre électromotrice,

R : la résistance électrique du rotor,

I : l'intensité dans le circuit du rotor,

L : l'inductance de l'induit rotor.

L'inductance L est faible et peut être négligée, ce qui donne

$$U = E + RI \quad (1)$$

D'après la loi de Lenz la force contre-électromotrice s'écrit :

$$E = \frac{1}{2\pi} \frac{p}{a} N\Phi\Omega \quad (2)$$

p : nombre de paires de pôles (à ne pas confondre avec l'imaginaire de la transformée de Laplace),

a : nombre de voies d'enroulement,

N : nombre de conducteurs de l'induit,

Φ : champ magnétique généré par le stator en Tesla,

Ω : vitesse angulaire du rotor en rad/s.

L'équation (2) peut être mise sous la forme :

$$E = K\Omega \quad (2)$$

$$\text{Avec : } K = \frac{1}{2\pi} \frac{p}{a} N\Phi$$

La puissance électromécanique est :

$$P_{em} = EI = C_m \Omega$$

C_m : couple moteur en N.m

On déduit

$$C_m = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{EI}{\Omega} = KI \quad (3)$$

Le couple moteur s'écrit aussi comme suit:

$$C_m = J \frac{d\Omega}{dt} + C_r \quad (4)$$

J : moment d'inertie du rotor en Kg.m²,

C_r : le couple résistant.

Dans ce cas, C_r est directement proportionnel à la position angulaire vu qu'une modification de la position induit une variation de la pression entre le plot et le patient.

$$C_r = f \int \Omega . dt$$

Donc

$$C_m = J \frac{d\Omega}{dt} + f \int \Omega . dt$$

D'après (1), (2), (3) et (4) :

$$\left. \begin{array}{l} U = K\Omega + R \frac{C_m}{K} \\ C_m = (Jp + \frac{f}{p})\Omega \end{array} \right\} \Rightarrow U = K\Omega + \frac{RJp}{K}\Omega + \frac{Rf}{Kp}\Omega$$

$$\Rightarrow H_M(p) = \frac{\Omega}{U} = \frac{Kp}{RJp^2 + K^2 p + Rf}$$

On note Ω_2 la vitesse angulaire du rotor, ce qui donne :

$$H_M(p) = \frac{\Omega_2}{U} = \frac{Kp}{RJp^2 + K^2 p + Rf}$$

Sur le vérin on dispose d'une réduction après l'arbre moteur :

$$\frac{\Omega_1}{\Omega_2} = \frac{1}{n}$$

L'intégration de la vitesse angulaire nous permet de déduire la position angulaire.

$$\theta = \int \Omega . dt$$

Sur un système de vis-écrou avec un pas de filetage P_v , une rotation θ lui correspond une translation de valeur P_v :

$$X = \theta P_v$$

X : en mm,

θ : en tour,

P_v : en mm/tour.

La figure 49 résume l'implémentation d'asservissement en position de notre vérin.

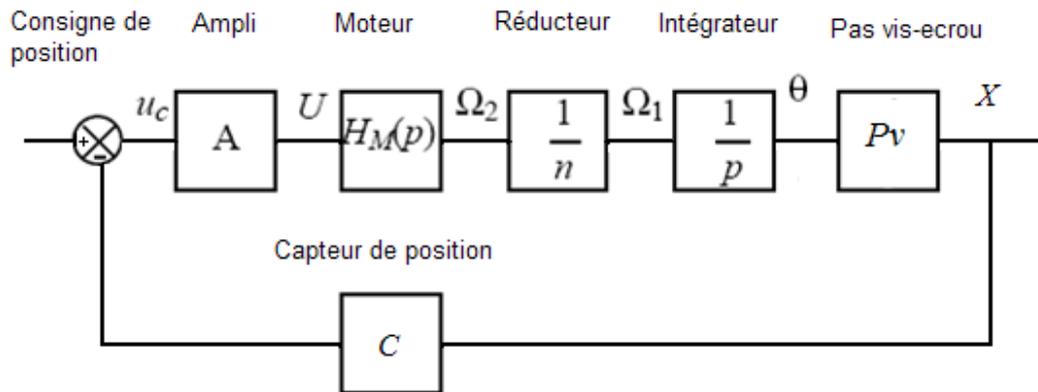


Fig. 49 Asservissement en position d'un vérin à courant continu

4.2.2 Capteurs de Position

La position du vérin est détectée à l'aide d'un capteur à effet Hall et d'un disque magnétique multipolaire monté sur l'arbre du moteur [51,52].

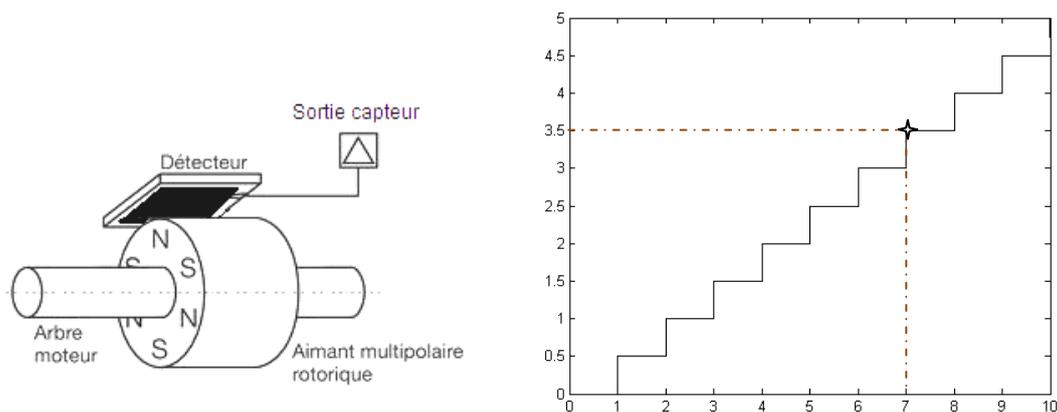


Fig. 50 capteur de position

Le capteur se comporte comme un interrupteur qui prend la valeur 0 ou 1 suivant la position du disque. Sur un tour du disque on compte 8 fois la valeur 1 (Voir Fig 50), sachant que de la position initiale jusqu'à la position finale on compte 62 tours. Pour une course complète du vérin on compte $8 \times 62 = 496$ pulsations. Pour un tour du disque le vérin fait un déplacement de 4 mm ce qui fait 0.5 mm par pulsation. Afin de déterminer la

position du vérin on doit compter les pulsations données par le capteur. Afin de pouvoir compter jusqu'à 496 on doit prévoir un compteur de 9 bits au minimum.

Avec ce capteur on est capable de déterminer la position de la tige du vérin avec une précision de l'ordre de 0.5mm.

La position = nombre d'impulsions \times 0.5mm

Le compteur incrémente ou décrémente le nombre d'impulsions suivant le sens du mouvement.

L'inconvénient majeur avec ce type de capteur est la perte de la position si le compteur est remis à zéro (exemple panne électrique). Si une telle situation se produit on doit réinitialiser le système en partant de la position des vérins avec le compteur à zéro.

4.2.3 Capteurs des Pressions

Dans le cadre d'une thèse entre l'IEMN (Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie) et le GEMTEX (Laboratoire de Génie Matériaux Textiles) un projet a été mis en place dans le but de concevoir un capteur textile capable de fournir des données exploitables par des systèmes électroniques. L'avantage de ce type de capteur est son adaptabilité aux structures souples et élastiques. Parmi ces capteurs textiles, nous avons choisi un capteur de pression à base de mousse chargée d'un mélange de nanotube de carbone et d'un polymère isolant [53].

Ces composites polymères conducteurs sont obtenus par la dispersion des charges conductrices comme les particules de noirs de carbone, poudres métalliques ou encore des fibres de carbone de graphite dans une matrice isolante thermodurcissable ou thermoplastique. Dans notre cas le capteur est chargé par des nanotubes de carbone. Leurs caractéristiques permettent d'avoir une grande sensibilité vis-à-vis des différentes sollicitations mécaniques, thermiques ou chimiques qui en fait un matériau « intelligent » et qui permet la conception des systèmes piézo-résistifs ou piézo-électriques. L'origine de cette réponse électrique est due au passage du courant dans la mousse au travers des charges conductrices dispersées.

Les résultats actuels sont prometteurs, il reste à mettre en place la loi de variation de la pression. Dans notre cas $P=f(R)$ avec P la pression et R la résistance électrique du capteur. Des essais quasi statiques ont été effectués sur un banc de traction et de compression afin de déterminer cette relation. Ces essais ont permis de constater la linéarité de la réponse électrique du support textile en fonction des sollicitations et de vérifier la répétitivité de cette réponse après plusieurs essais. Sachant que la structure ne recouvre pas exactement sa position initiale lors d'une sollicitation mécanique, ceci provoque une variation dans la réponse du capteur quand le nombre de cycles augmente. Un étalonnage périodique peut résoudre ce problème (voir Fig.51).

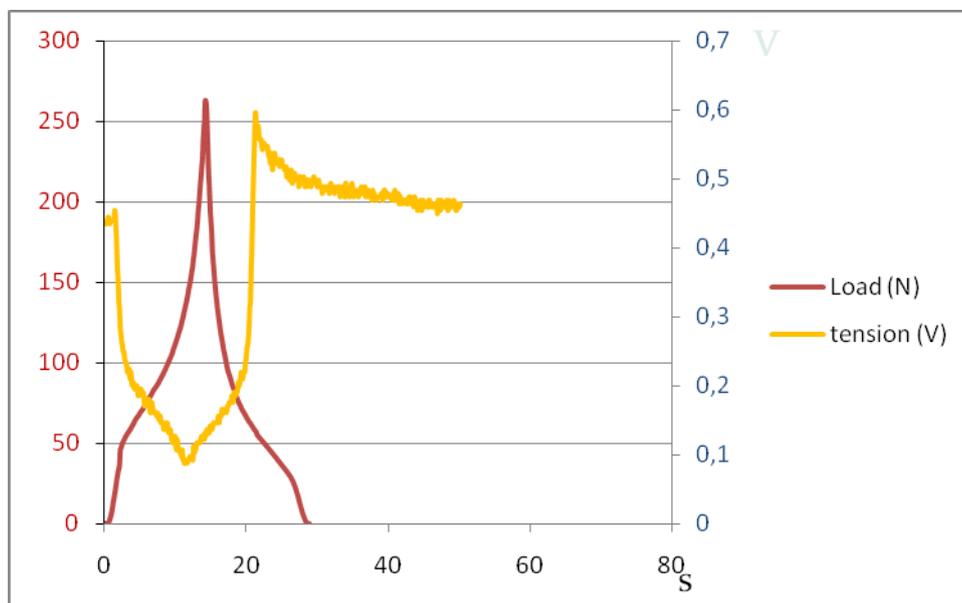


Fig. 51 Réponse du capteur textile à la compression (tension électrique en volt, effort de compression en Newton)

4.3 Partie commande

Pour piloter notre système nous avons choisi d'utiliser un automate programmable (API) accompagné d'un ordinateur dont le dispositif électronique est largement utilisé dans l'industrie pour piloter des processus. Un API est une machine séquentielle avec un nombre d'états finis. Sur les automates on dispose d'entrées et de sorties numériques et analogiques. Le nombre de ces entrées et de sorties varie, mais il existe des automates évolutifs dont on peut augmenter le nombre d'entrées et de sortie et ajouter des interfaces analogiques ainsi que des entrées à comptage rapide [54,55,56].

Sur notre système nous avons 12 vérins électriques avec capteurs de position ainsi que 12 capteurs de pression. Les moteurs des vérins ont 2 sens de rotations, ce qui se traduit par deux sens de translation de la tige (sens ascendant et descendant). Pour commander ces 12 vérins il faut prévoir 24 sorties numériques, 2 par vérin (une sortie pour chaque sens) et 12 entrées pour les capteurs de position. La commande des vérins sera gérée par l'automate.

Le calcul des hauteurs consignes est produit par l'algorithme de commande (cf. chapitre 2). Cette tâche est assurée par l'ordinateur, mais pour avoir les valeurs de pression d'interface une carte d'acquisition est indispensable. L'acquisition des valeurs des capteurs de pression se fait sur des entrées analogiques. Après le calcul des nouvelles positions des vérins l'automate demande ces informations à l'ordinateur. Cette étape de transfert se fait élément part élément afin de diminuer le nombre d'entrées/sorties, pour une position comprise entre 0 et 496 pulsations.

En raison du nombre de vérins compris entre 1 et 12, il faut 4 sorties sur l'automate et 4 entrées sur le PC pour la requête. En même temps il faut 9 sorties sur le PC pour envoyer la valeur des hauteurs consignes et 9 pour les recevoir sur l'automate (*Voir Fig 52*).

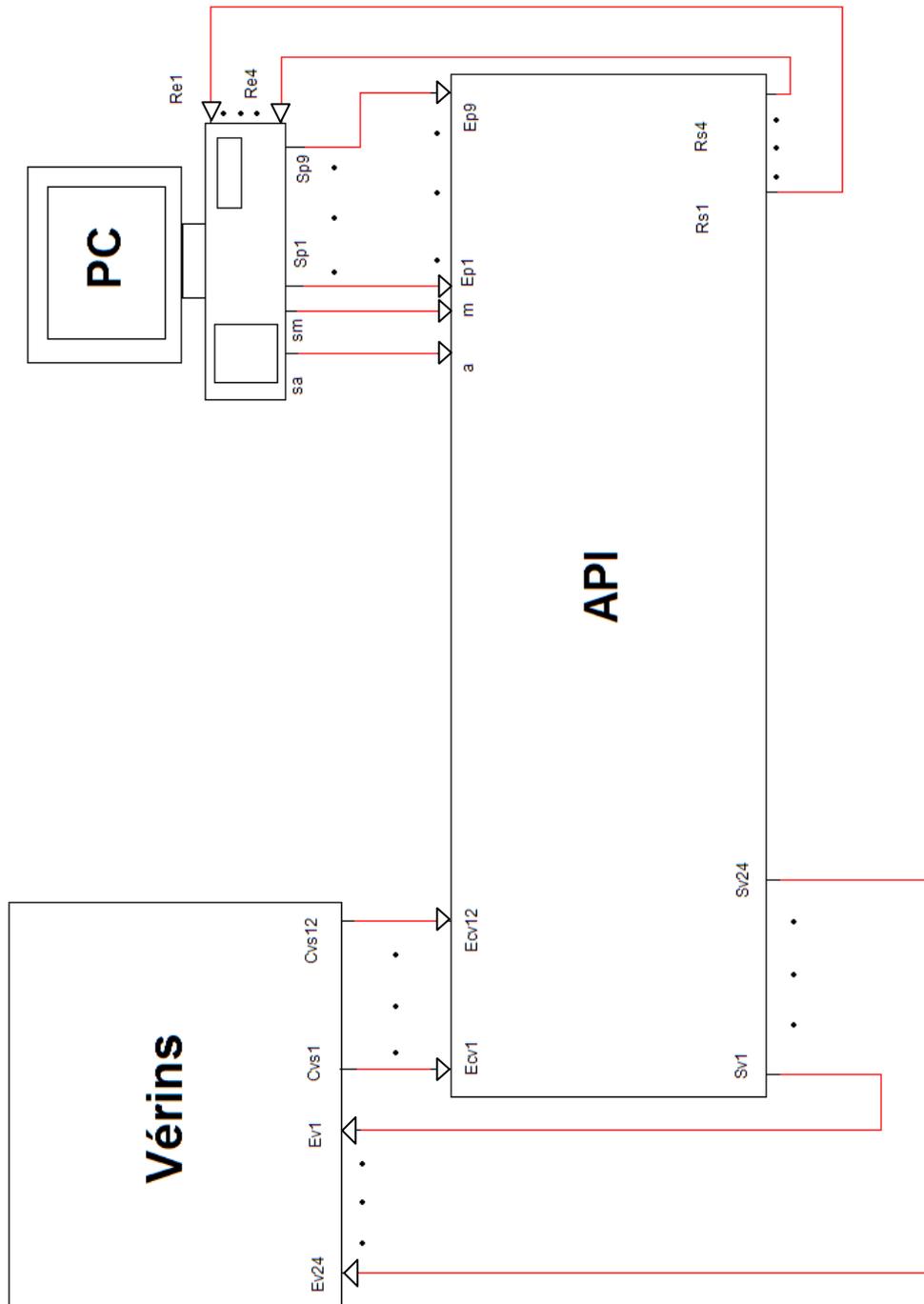


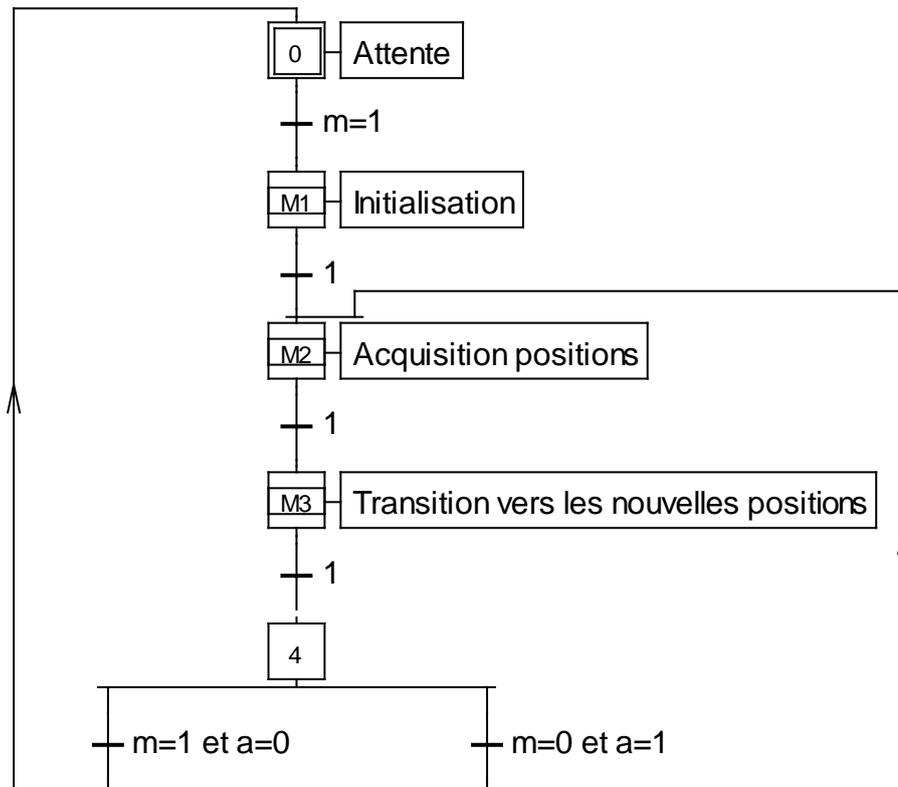
Fig. 52 Schéma illustratif d'implémentation d'un API

Le tableau suivant présente les correspondances entre les entrées et les sorties de chaque composant ainsi que leur rôles.

Composant	Entrées/Sorties	Nom	Fonction
PC	Sorties	sa	Sortie actualisation
		sm	Sortie mise en marche
		Sp1 à Sp9	9 bits pour donner la hauteur consigne
	Entrées	Re1 à Re4	4 bits pour la requête des hauteurs consignes
Vérins	Sorties	Cvs1 à Cvs12	Les capteurs positions
	Entrées	Ev1 à Ev12	Correspondance contacteur KM1+ à KM12+ sens vérins montants
		Ev13 à Ev24	Correspondance contacteur KM1- à KM12- sens vérins descendants
Automate	Sorties	Rs1 à Rs4	Sorties de requête hauteurs consigne
		Sv1 à Sv12	Correspondance contacteur KM1+ à KM12+ sens vérins montants

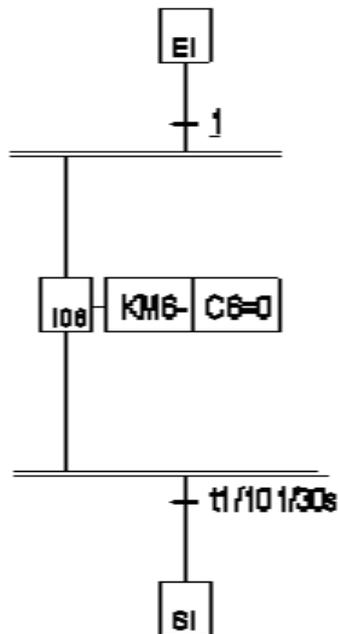
		Sv13 à Sv24	Correspondance contacteur KM1- à KM12- sens vérins descendants
	Entrées	a	Attente d'actualisation
		m	Mise en marche de l'automate
		Ecv1 à Ecv12	Entrées des capteurs de position
		Ep1 à Ep9	Entrées pour l'acquisition des valeurs consignes

Afin de modéliser le programme séquentiel de l'automate, nous avons utilisé le GRAFCET suivant (*Annexe1 et Annexe 2*) [57,58,59] .

Grafset Principal

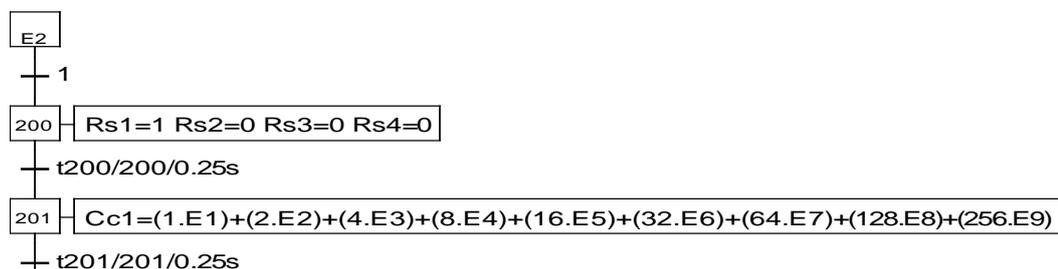
Le passage de m de l'état 0 à l'état 1 déclenche la macro $M1$ (étape d'initialisation), par la suite on passe à l'étape d'acquisition des nouvelles positions consigne pour tous les vérins (macro $M2$) et en fin la transition vers ces nouvelles positions (macro étape $M3$). L'étape 4 est une étape d'attente qui renvoie le système vers la macro étape $M2$ si une actualisation survient au niveau de l'algorithme (un mouvement du patient changement de la répartition des pressions par un événement extérieur ...) ou bien vers l'arrêt du système.

Macro étape M1 (voir annexe page 2 pour le Grafset complet)



Cette partie de la macro étape M1 décrit l'initialisation du vérin numéro 6, c'est la même procédure pour tous les autres vérins. L'entrée dans la macro engendre la descente de tous les vérins ($KMi-$, avec i entier, $i \in [1, 12]$) en même temps les compteurs de position sont remis à 0 pour chaque vérin.

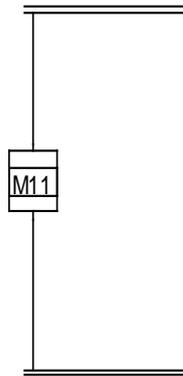
Macro étape M2 (voir annexe page 2 pour le Grafset complet)



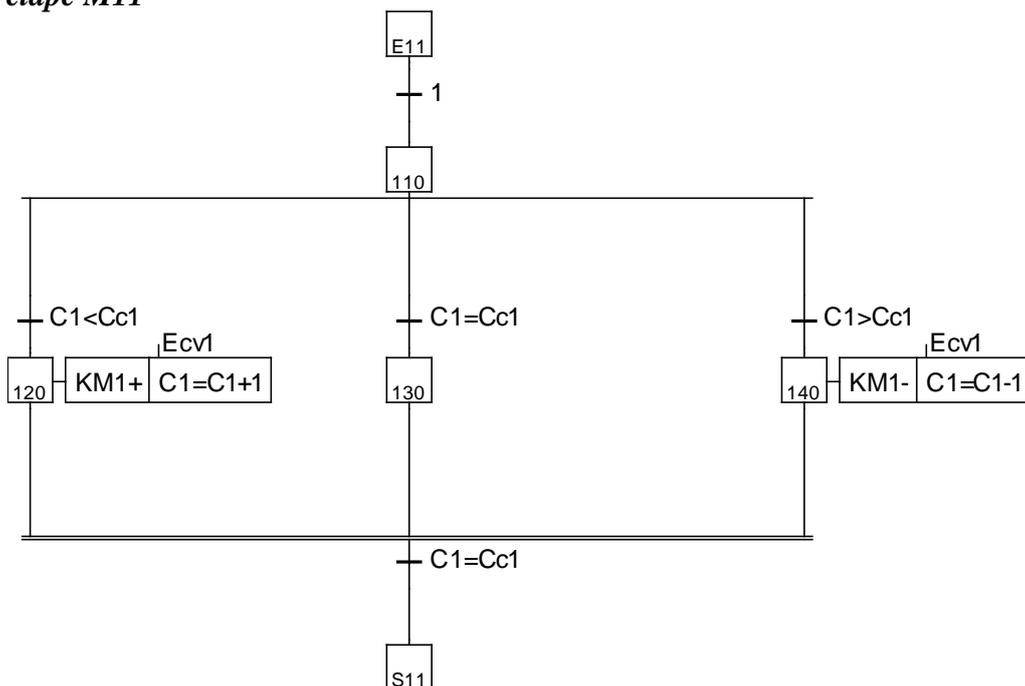
Dans la macro étape M2, on demande la nouvelle position pour chaque vérin, cette position est donnée par l'algorithme de commande PC, la nouvelle position sera introduite dans la valeur consigne $Cc1$ pour le vérin 1 et ainsi de suite.

Macro étape M3 (voir annexe page 3 pour le Grafcet complet)

La macro M3 regroupe des sous macro pour la régulation de chaque vérin ($M11$ pour le vérin 1 jusqu'à $M112$ pour le vérin 12)



Macro étape M11



La macro étape M11 représente la régulation pour le vérin 1 c'est la même procédure pour les autres vérins.

La position du vérin donné par le compteur correspondant (C_i pour le vérin i) est comparée à la valeur consigne (C_{ci} pour le vérin i). Trois cas de figure sont possibles :

- Si $C_i < C_{ci}$ (i l'indice du vérin) La position actuelle est inférieure (plus basse) à la position consigne on monte le vérin ($KMi+$) tout en incrémentant le compteur (C_i),
- si $C_i > C_{ci}$ La position actuelle est supérieure (plus haute) à la position consigne on descend le vérin ($KMi-$) tout en décrémentant le compteur (C_i),
- si $C_i = C_{ci}$ La position actuelle égale à la position consigne le vérin reste dans sa position.

4.4 Résultats du prototype

Notre prototype est Co-piloté par un ordinateur et un automate programmable. L'ordinateur permet d'acquérir les informations des pressions données par les capteurs des pressions. Par la suite l'ordinateur va utiliser l'algorithme de commande afin de calculer les nouvelles positions consigne des vérins. Cette opération effectuée ces nouvelles positions sont envoyées vers l'automate qui va assurer la commande des vérins.

L'automate va suivre le cycle décrit dans les Graficets présentés précédemment afin d'assurer l'asservissement des positions des vérins. Le programme Ladder de l'automate est décrit avec plus de détail dans la partie Annexe 2.

Le support du prototype est composé de 12 plots mobiles de 15cm par 15cm, mobilisées par des vérins. Chaque plot est couvert de mousse de 10cm d'épaisseur. L'expérimentation du prototype a été effectuée en boucle ouverte, vu que les capteurs de pressions d'interface sont développés dans un autre projet et il était impossible de fournir 12 capteurs identiques en termes de réponse avant la fin de notre projet. Toute fois des expérimentations utilisons ces capteurs seront publiés très prochainement.

*



Fig. 53 Prototype du Support médicale avancée anti escarre (12plots mobiles)

4.5 Conclusion

La réalisation du prototype est une étape très importante dans ce travail, d'un coté elle permet de montrer la faisabilité de notre conception et d'un autre coté de tester l'algorithme de commande dans des conditions réelles.

Pour notre prototype nous avons utilisé : un ordinateur pour l'acquisition des données de pression et le calcul des consignes, un automate pour la commande des vérins. Pour la solution finale, un ordinateur embarqué sur le lit avec écran tactile de commande sera utilisé.

Au cours cette étape de réalisation nous avons pu mettre en évidence l'importance du nombre d'entrées/soties ainsi que le nombre d'actionneurs mis en œuvre. Des propositions de modification sont envisageables et seront présentées dans la conclusion générale et perspective de ce manuscrit.

Conclusion générale et perspectives

Dans ce travail nous nous sommes intéressés à la réalisation d'un système de prévention des escarres et, pour cela, nous avons dû répondre à la question suivante :

Quelle est la valeur ajoutée de notre solution par rapport aux solutions existantes ?

Pour y répondre nous avons étudié les solutions existantes et nous sommes arrivés à la conclusion suivante :

Les systèmes actuels statiques ou dynamiques ne mesurent pas l'impact de leur action sur le patient. Ainsi, ils ne sont pas capables de s'adapter automatiquement à la situation actuelle.

Nous avons alors conçu une solution qui permet de mesurer la répartition des pressions de contact entre le support et le patient sur différentes zones, de traiter ces informations et d'agir dans le but d'une meilleure répartition des pressions sur tout le corps de manière local.

La première difficulté rencontrée à la conception de ce prototype est de trouver un moyen qui permet d'agir sur la pression dans une zone déterminée sans que cette action influe sur les pressions des autres zones. Aucune loi de commande simple n'aura pu répondre à ce besoin.

Ainsi un algorithme de commande fondé sur un modèle du corps humain simplifié a été développé pour nous permettre d'assurer la commande du système, cet algorithme permet de trouver la répartition optimale des pressions en passant par plusieurs étapes de calcul. La démonstration de convergence de cet algorithme n'était pas évidente vu que l'évolution d'une étape à une autre ne suivait pas une loi bien déterminée.

L'utilisation d'une matrice de capteurs nous a permis de faire de la classification et de la détection de contours. Cela a permis à l'algorithme de focaliser son action sur chaque zone localisée et isolée.

La simplicité du modèle humain proposé nous a permis de concevoir un modèle de commande fonctionnelle, mais des améliorations sont envisageables afin d'obtenir des résultats plus réalistes.

Nous avons aussi proposé une détection des pressions à l'aide d'un système de capteurs matriciel, et nous avons utilisé cette matrice de capteurs pour localiser les différentes zones du corps mais d'autres utilisations seront proposées en perspectives.

Les différentes perspectives envisagées sont :

- Afin d'optimiser l'algorithme de commande, un ajustement des résultats par apprentissage peut être une solution tout en gardant la simplicité du modèle ;
- Notre algorithme traite un patient en position allongé, il est possible de l'adapter pour traiter les autres positions possibles en utilisant la matrice des capteurs. Cela permettrait de faire une reconnaissance de forme et choisir l'algorithme de commande suivant la position détectée;
- L'utilisation de microcontrôleur à la place d'une automate et d'un PC permettra d'avoir une solution moins coûteuse ;
- Le nombre important de capteurs et d'actionneurs induit un problème de câblage et nous oblige à utiliser des cartes avec un nombre important d'entrées et de sorties, ainsi l'utilisation du multiplexage (telle que la technologie BUS CAN utilisée largement dans le domaine de l'automobile [60]) peut être une solution.

Références Bibliographiques

- [1] Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES) Conférence de consensus : Prévention et traitement des escarres de l'adulte et du Sujet âgé, novembre 2001
- [2] GUILLOT B. Escarres : étiologie, physiopathologie, prévention La revue du praticien, 1995, 45, 121-123
- [3] Consensus development conference on pressure ulcers by The National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP), 1989
- [4] www.escarre.fr Le site spécialisé en France en ce qui concerne l'Escarre, 2009
- [5] Dumetz M. Comment traiter une escarre ? Traitement de la rougeur et de la phlyctène Conférence de consensus : Prévention et traitement des escarres de l'adulte et du sujet âgé, novembre 2001
- [6] Denis Colin, Les escarres, Actes des 13^è Entretiens de l'Institut Garches, Frison-Roche; 2000.
- [7] Fouassier P. Escarres et soins palliatifs Conférence de consensus : Prévention et traitement des escarres de l'adulte et du sujet âgé, novembre 2001
- [8] Maklebust J. Pressure ulcers : etiology and prevention. Nurs Clin North Amer, 1987, 22; 359-377
- [9] Kosiak M. A mechanical resting surface its effects on pressure distribution. Arch. Phys. Méd.Rehabil., 1976, 57, 481-484
- [10] Landis EM. Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin. Heart, 1930, 15; 209-228
- [11] Trivalle C. Gériologie Préventive : Elément de prévention du vieillissement pathologique. Masson, 2002, 306-313
- [12] Baranoski S, Ayello E. Wood Care Essentials. Practice Principles. Wolters Kluwer Health, 2002, 204

- [13] Hedrick-Thompson JK., A review of pressure reduction device studies
Journal of Vascular Nursing, vol. 10, no. 4, December 1992, 3-5
- [14] Faure M. Escarres : étiologie, physiopathologie, prévention La revue du praticien, 1998, 48; 802-804
- [15] Hamon Mekki F. Stratégies de choix des supports : sur matelas - matelas – lits
Conférence de consensus : Prévention et traitement des escarres de l’adulte et du sujet âgé, novembre 2001
- [16] Gobert B. Analyse bibliographique sur les supports de prévention et de traitement des escarres Conférence de consensus: Prévention et traitement des escarres de l’adulte et du sujet âgé, novembre 2001
- [17] Gyi DE, Porter JM, Robertson N. Seat pressure measurement technologies: Considerations for their evaluation. Appl Ergon, 1997
- [18] Meffre R, Géhin C, Dittmar A. Capteur de pression d’interface actif intégré dans un siège. IRBM 29, 2008, 375–379
- [19] www.xsensor.com, Solutions de cartographie de pression d’interface, 2009
- [20] www.tekscan.com, Solutions de cartographie de pression d’interface, 2009
- [21] Dharmarajan T, Ugalino JT. Pressure ulcers: clinical features and management, Hospital Physician 2002, 64–71
- [22] Chervin JC, Peyronneau J. La pression : un outil pour les sciences, CNRS éditions, 2003
- [23] Nathan A, Li F. CCD Image Sensors in deep ultraviolet, Springer 1st edition, 2005
- [24] Postaire J.G. De l’image à la décision : analyse des images numériques et théorie de la décision. Dunod Informatique, 1987
- [25] Jolion J.M. Les systèmes de vision, Hermes Série Informatique et systèmes d’information, 2001

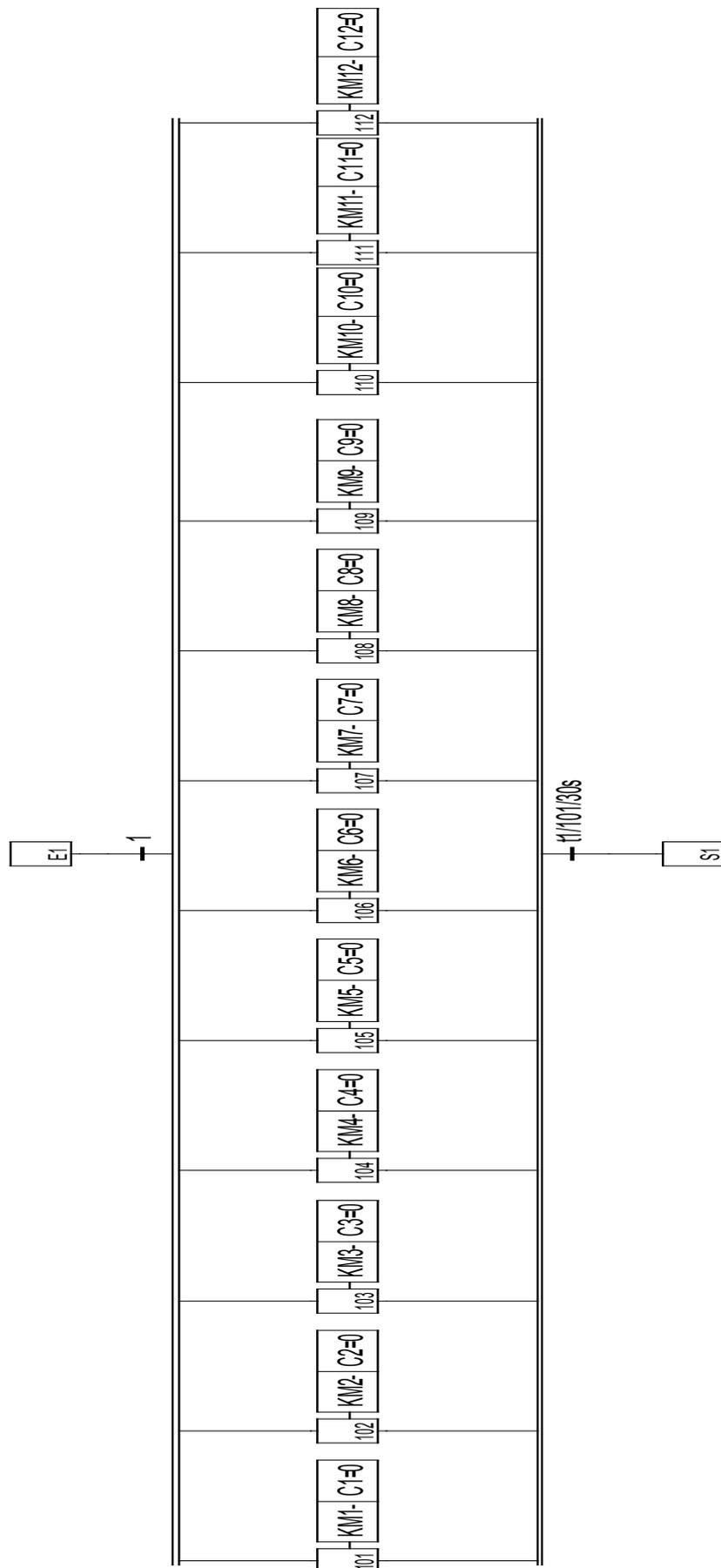
- [26] Tufféry S. Data Mining et statistique décisionnelle, Éditions Technip, nouvelle édition revue et enrichie, juin 2007
- [27] Lizee E, Robin S, Song E, Bertholon N, Le-Coz J-Y., Besnault B, Lavaste F. Development of a 3D finite element model of human body. SAE paper, 1998; 115-138
- [28] Chardonnet J.R. Modèle dynamique temps-réel pour l'animation d'objets poly-articulés dans des environnements contraints, prise en compte des contacts frottant et des déformations locales. Thèse, Université de Montpellier II. 2009
- [29] Besnault B., Modélisation par éléments finis du bassin humain en configuration de chocs automobiles. Thèse, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers. 1999.
- [30] Denninger L., Analyse biomécanique des interactions homme siège en environnement automobile, Modélisation par éléments finis du corps humain soumis à des vibrations verticales. Thèse, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers. 2001
- [31] Kitazaki S, Griffin M.J. A modal analysis of whole body vertical vibration, using a finite element model of the human body, Journal of Sound and Vibration, 1997 ; 200(1) 83-103
- [32] Muksian R. A non-linear model of the human body in the sitting position subjected to sinusoidal displacement of the seat, Ph. D Thesis, University of Rhode Island, Kingston, 1970
- [33] Raison M, Detrembleur C, Fiset P, Willems PY. Determination of joint efforts of a moving human body by inverse dynamics, Archives of Physiology and Biochemistry September 2004, 180-190
- [34] Colombari G, Giraud J. Sciences Industrielles, Classes préparatoires 1er année. 1er édition. FOUCHER, 1998
- [35] Wismans J. Comparison of mass distribution, data of the Part 572 dummy. SAE, Warrendale, PA, Mathematical Simulation Subcommittee, 1983
- [36] Burel G. Introduction au traitement d'images: simulation sous Matlab. Hermès Science, 2001

- [37] Traitement du signal et des images: Actes du 20e colloque GRETSI, Volume 2, Septembre 2005
- [38] Kunt M. Reconnaissance des formes et analyse de scènes, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2000
- [39] Chino M. A nonparametric multiclass pattern classifier, IEEE trans, on systems, man, and cybernetics, vol. 9, N° 6, June 1979, 345-352
- [40] Miteran J. Performances et intégration d'un opérateur de classification géométrique par apprentissage : Applications en traitement d'images, Thèse, Université de Bourgogne, 1994
- [41] Gibson L.J, Ashby M.F. Cellular Solids. Structure and Properties, Cambridge University Press, Cambridge, second edition, 1997
- [42] Singh R, Davies P, Bajaj A.K. Estimation of the dynamical properties of polyurethane foam through use of Prony series, Journal of Sound and Vibration 264, 2003, 1005–1043
- [43] Giancoli D. Physique Générale 1 Mécanique Et Thermodynamique, De Boeck Université, 1993
- [44] Roland L. Commande numérique de systèmes dynamiques: Cours d'automatique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2006
- [45] Pradin B, Gracia G. Modélisation, analyse et commande des systèmes linéaires, Presses Universitaires du Mirail, 2009
- [46] Spinnler G, Conception des machines, Principes et Applications, Volume1, Statique. Presses Polytechniques et Universités Romandes, 1997
- [47] Guidage en translation, <http://edpi.free.fr/site/documents/translation1.pdf>, 2009
- [48] Azan JL. Précis d'électronique, Volume 2, Sections de technicien supérieur, Instituts universitaires de technologie, 2e année - Cours et exercices, Bréal, 2005

- [49] Ksouri M, Borne P. Régulation Industrielle, Problèmes Résolus, Edition Technip, 2000
- [50] Mokhtari M, Marie M. Applications de MATLAB 5 et SIMULINK 2 : Contrôle de procédés, Logique floue, Réseaux de neurones, Traitement du signal, Springer, 1998
- [51] www.maxonmotor.com, Catalogue programme 2008-2009, capteur à effet hall, 2009
- [52] Guide des solutions d'automatisme. schémathèque, Schneider électrique, 2007
- [53] Moutaim N. Note interne Rapport 2ème année de Thèse, Juillet 2010
- [54] Hackworth JR, Hackworth FD. Programmable Logic Controllers, Programming Methods and Applications, Prentice hall 2003
- [55] Bolton W. Programmable logic controllers, Elsevier, 2009
- [56] Ridley J. Mitsubishi FX, Programmable Logic Controllers, Applications and Programming, Elsevier 2004
- [57] Hubert A. Commande des systèmes dynamiques, Introduction au contrôle et à la modélisation des systèmes dynamiques, Presses Universitaires de Franche-Comté, 2008
- [58] Hruz B, Zhou MC. Modeling and control of discrete events Dynamic systems, Springer, 2007
- [59] Moreno S, Peulot E. GRAFCET : Conception Implantation dans les automates programmables Industriels, Casteilla, 2009
- [60] Paret D. Le Bus CAN Applications : CAL, CANopen, DeviceNet, OSEK, SDS..., Dunod, 1999

Annexe 1

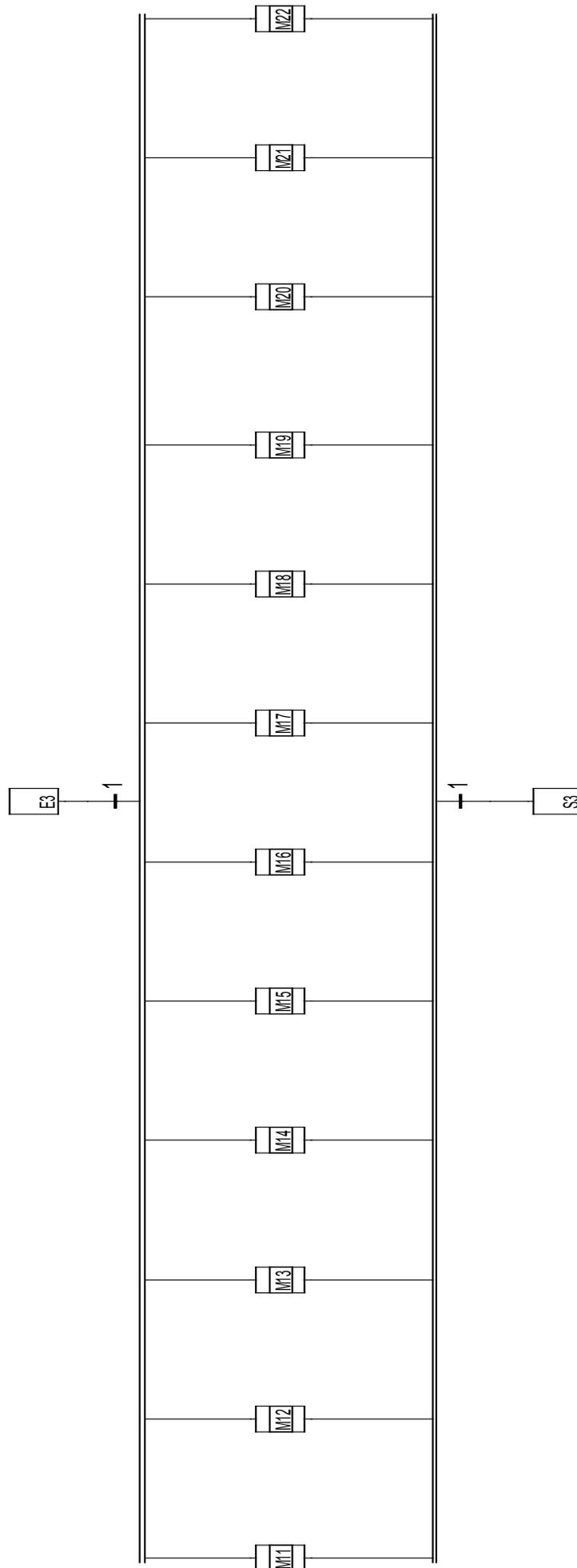
Macro étape M1



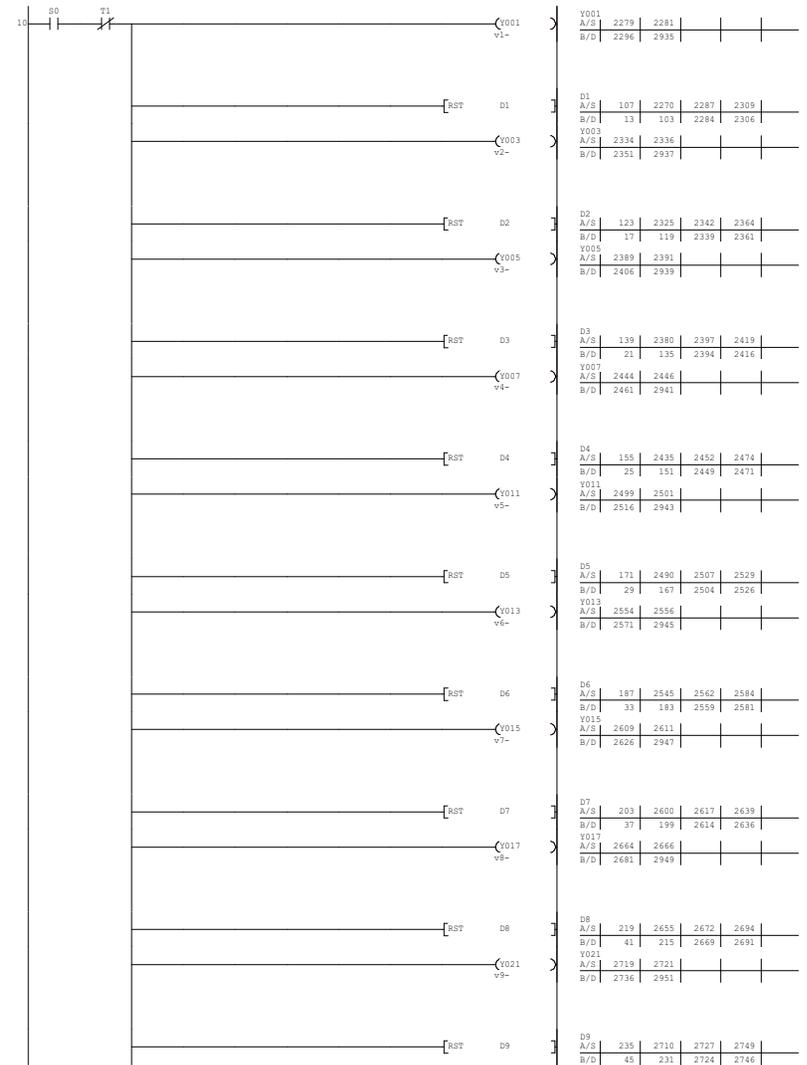
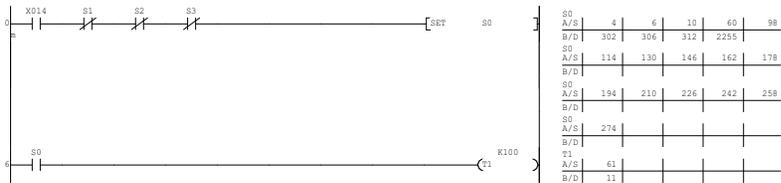
Macro étape M2

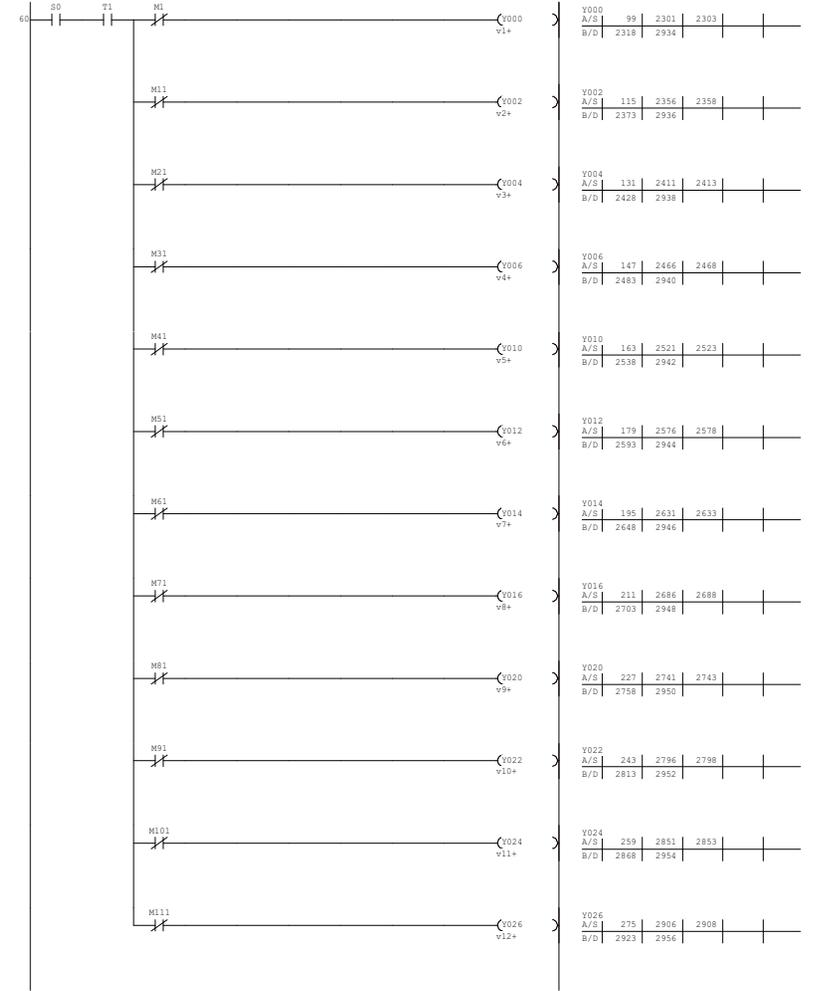
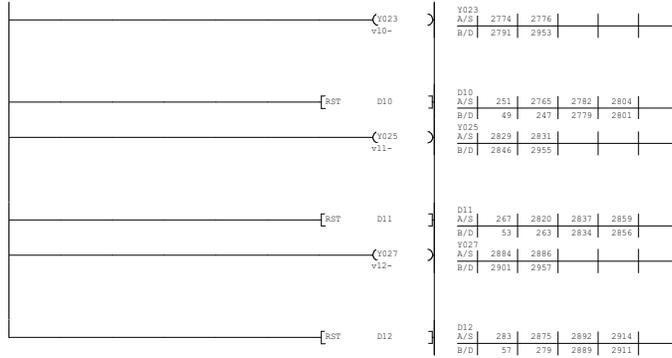


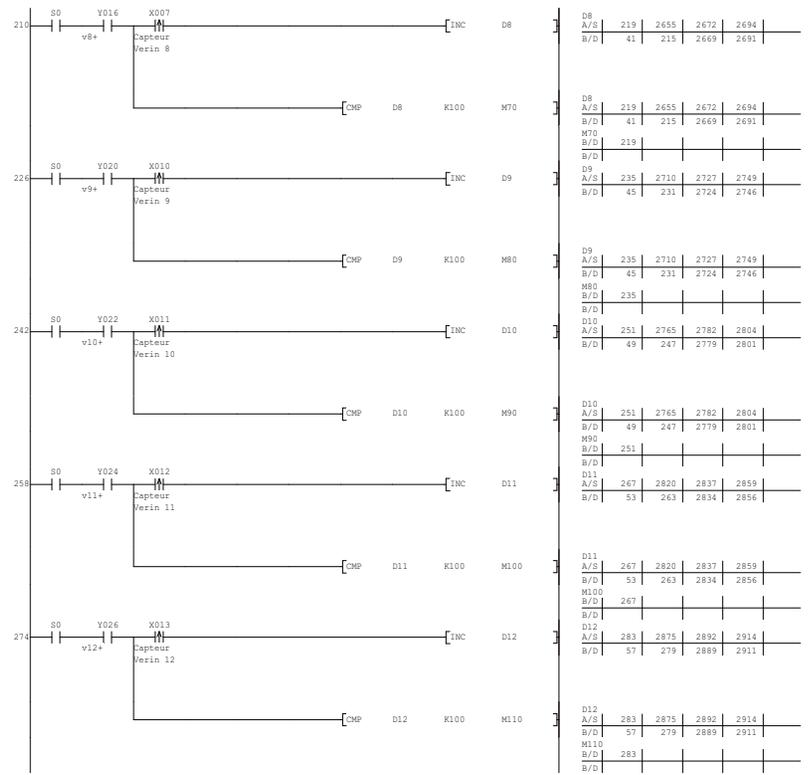
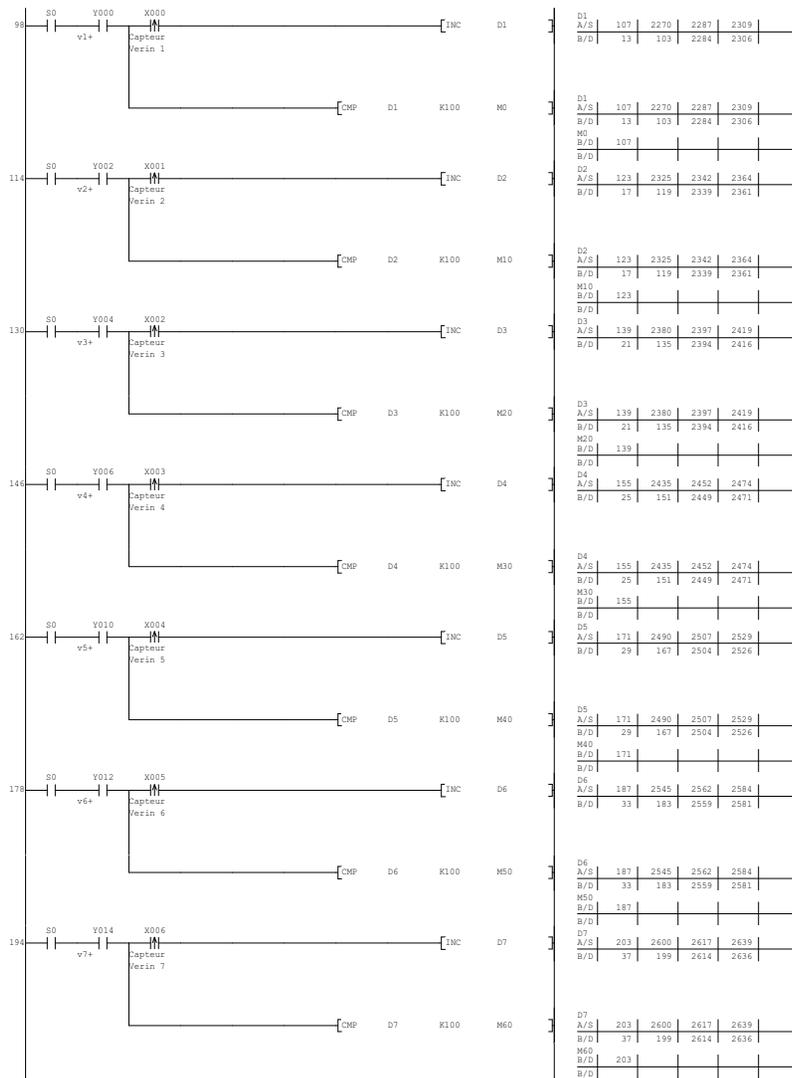
Macro étape M3

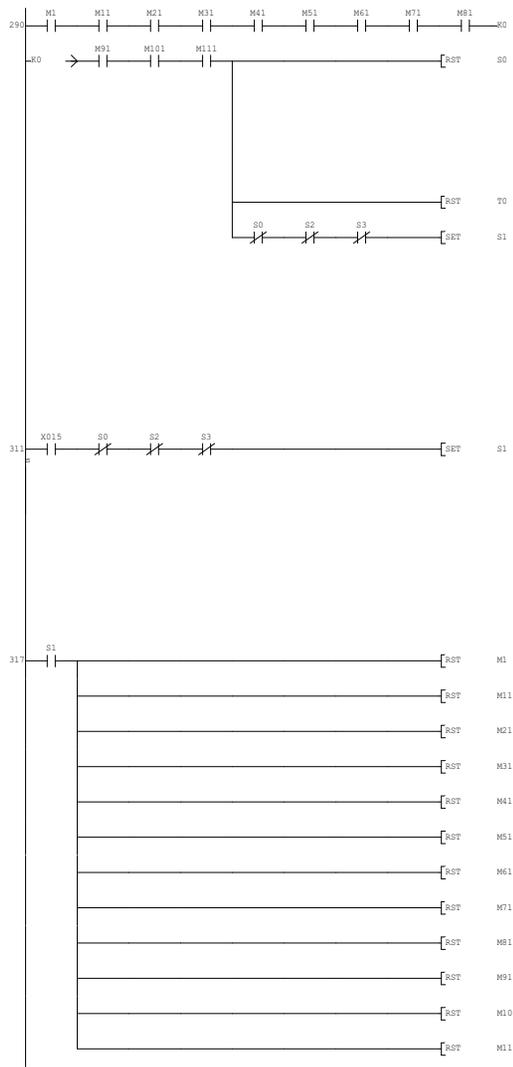


Annexe 2

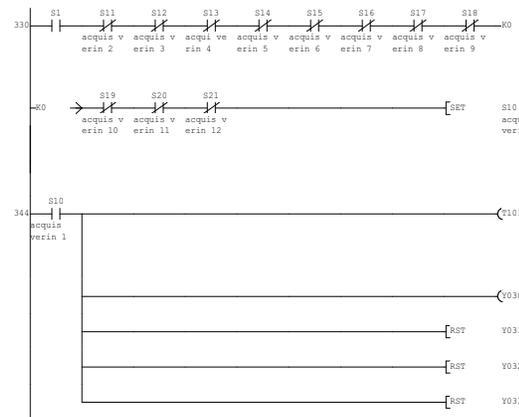








80	A/S	4	6	10	60	98
80	B/D	302	306	312	2255	
80	A/S	114	130	146	162	178
80	B/D					
80	A/S	194	210	226	242	258
80	B/D					
80	A/S	274				
80	B/D					
70	B/D	304				
70	B/D					
81	S1	309	315	317	330	481
81	B/D	1	2262			
81	A/S	496	641	656	801	816
81	B/D					
81	A/S	961	976	1121	1136	1281
81	B/D					
81	A/S	1296	1441	1456	1601	1616
81	B/D					
81	A/S	1761	1776	1921	1936	2081
81	B/D					
81	A/S	2096	2241			
81	B/D					
31	S1	309	315	317	330	481
31	B/D	1	2262			
31	A/S	496	641	656	801	816
31	B/D					
31	A/S	961	976	1121	1136	1281
31	B/D					
31	A/S	1296	1441	1456	1601	1616
31	B/D					
31	A/S	1761	1776	1921	1936	2081
31	B/D					
31	A/S	2096	2241			
31	B/D					
M1	M1	290				
M1	B/D	63	318			
M11	M11	291				
M11	B/D	66	319			
M21	M21	292				
M21	B/D	69	320			
M31	M31	293				
M31	B/D	72	321			
M41	M41	294				
M41	B/D	75	322			
M51	M51	295				
M51	B/D	78	323			
M61	M61	296				
M61	B/D	81	324			
M71	M71	297				
M71	B/D	84	325			
M81	M81	298				
M81	B/D	87	326			
M91	M91	299				
M91	B/D	90	327			
M101	M101	300				
M101	B/D	93	328			
M111	M111	301				
M111	B/D	96	329			



810	A/S	342	346	352	417	422
810	B/D	498	642	802	962	1122
810	A/S	492				
810	B/D	1262	1442	1602	1762	1922
810	A/S					
810	B/D	2082	2242			
101	A/S	418	423			
101	B/D	353	500			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y030	B/D	2108				
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y031	B/D	2109				
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y032	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

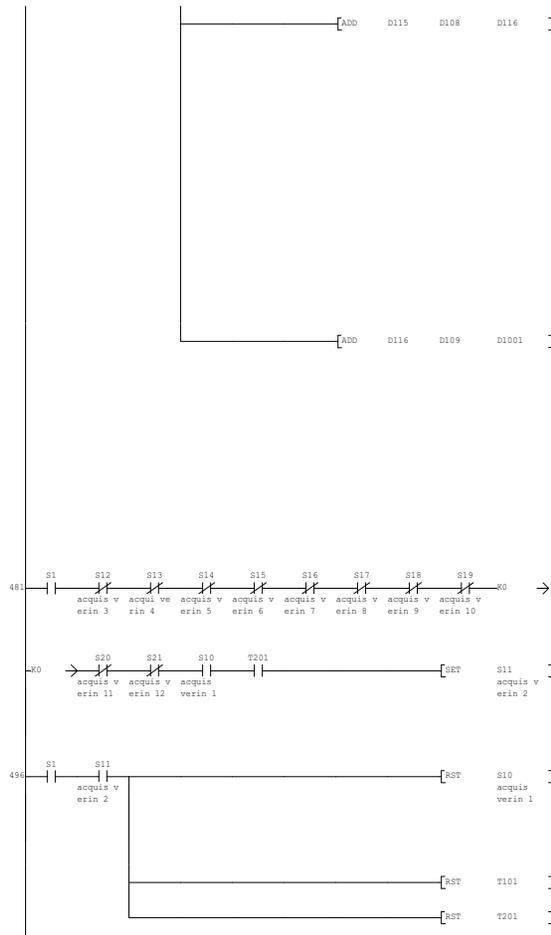
352	S10	T101	[MUL	K1	K1X016	D101	K1X016					
							A/S	354	514	674	834	994
352	S10	T101	[MUL	K2	K1X017	D102	K1X017					
							A/S	361	521	681	841	1001
352	S10	T101	[MUL	K4	K1X020	D103	K1X020					
							A/S	368	528	688	848	1008
352	S10	T101	[MUL	K8	K1X021	D104	K1X021					
							A/S	375	535	695	855	1015
352	S10	T101	[MUL	K16	K1X022	D105	K1X022					
							A/S	382	542	702	862	1022
352	S10	T101	[MUL	K32	K1X023	D106	K1X023					
							A/S	389	549	709	869	1029

41	S10	T101	[MUL	K64	K1X024	D107	K1X024					
							A/S	396	556	716	876	1036
41	S10	T101	[MUL	K128	K1X025	D108	K1X025					
							A/S	403	563	723	883	1043
41	S10	T101	[MUL	K256	K1X026	D109	K1X026					
							A/S	410	570	730	890	1050

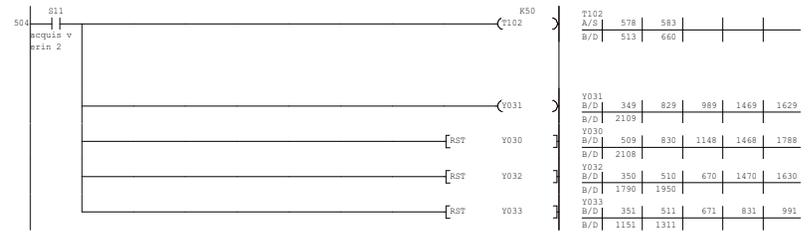
41	S10	T101	[MUL	K3	T201	K3					
						A/S	493				

42	S10	T101	T201	[ADD	D101	D102	D110	D101	A/S	425	585	745	905	1065
	42	42	42						B/D	334	514	674	834	994
								D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
								D101	B/D	1154	1314	1474	1634	1794
								D101	A/S	2025	2185			
								D102	B/D	1954	2114			
								D102	A/S	425	585	745	905	1065
								D102	B/D	361	521	681	841	1001
								D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
								D102	B/D	1161	1321	1481	1641	1801
								D102	A/S	2025	2185			
								D102	B/D	1941	2121			
								D110	A/S	432	592	752	912	1072
								D110	B/D	425	585	745	905	1065
								D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
								D110	B/D	1225	1385	1545	1705	1865
								D110	A/S	2032	2192			
								D110	B/D	2025	2185			
								D110	A/S	432	592	752	912	1072
								D110	B/D	425	585	745	905	1065
								D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
								D110	B/D	1225	1385	1545	1705	1865
								D110	A/S	2032	2192			
								D110	B/D	2025	2185			
								D103	A/S	432	592	752	912	1072
								D103	B/D	368	528	688	848	1008
								D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
								D103	B/D	1168	1328	1488	1648	1808
								D103	A/S	2032	2192			
								D103	B/D	1968	2128			
								D111	A/S	439	599	759	919	1079
								D111	B/D	432	592	752	912	1072
								D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
								D111	B/D	1232	1392	1552	1712	1872
								D111	A/S	2039	2199			
								D111	B/D	2032	2192			
								D111	A/S	439	599	759	919	1079
								D111	B/D	432	592	752	912	1072
								D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
								D111	B/D	1232	1392	1552	1712	1872
								D111	A/S	2039	2199			
								D104	B/D	2032	2192			
								D104	A/S	439	599	759	919	1079
								D104	B/D	375	535	695	855	1015
								D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
								D104	B/D	1175	1335	1495	1655	1815
								D104	A/S	2039	2199			
								D104	B/D	1975	2135			
								D112	A/S	446	606	766	926	1086
								D112	B/D	439	599	759	919	1079
								D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
								D112	B/D	1239	1399	1559	1719	1879
								D112	A/S	2046	2206			
								D112	B/D	2039	2199			

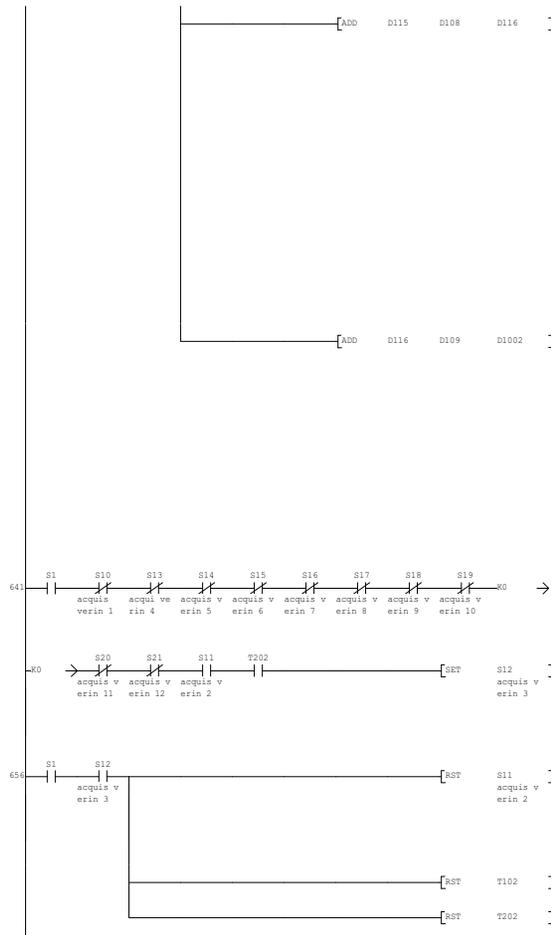
[ADD	D112	D105	D113	D112	A/S	446	606	766	926	1086
				D112	B/D	439	599	759	919	1079
				D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
				D112	B/D	1239	1399	1559	1719	1879
				D112	A/S	2046	2206			
				D105	B/D	2039	2199			
				D105	A/S	446	606	766	926	1086
				D105	B/D	382	542	702	862	1022
				D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
				D105	B/D	1182	1342	1502	1662	1822
				D105	A/S	2046	2206			
				D105	B/D	1982	2142			
				D113	A/S	453	613	773	933	1093
				D113	B/D	446	606	766	926	1086
				D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
				D113	B/D	1246	1406	1566	1726	1886
				D113	A/S	2053	2213			
				D113	B/D	2046	2206			
[ADD	D113	D106	D114	D113	A/S	453	613	773	933	1093
				D113	B/D	446	606	766	926	1086
				D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
				D113	B/D	1246	1406	1566	1726	1886
				D113	A/S	2053	2213			
				D106	B/D	2046	2206			
				D106	A/S	453	613	773	933	1093
				D106	B/D	389	549	709	869	1029
				D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
				D106	B/D	1189	1349	1509	1669	1829
				D106	A/S	2053	2213			
				D106	B/D	1989	2149			
				D114	A/S	460	620	780	940	1100
				D114	B/D	453	613	773	933	1093
				D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
				D114	B/D	1253	1413	1573	1733	1893
				D114	A/S	2060	2220			
				D114	B/D	2053	2213			
[ADD	D114	D107	D115	D114	A/S	460	620	780	940	1100
				D114	B/D	453	613	773	933	1093
				D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
				D114	B/D	1253	1413	1573	1733	1893
				D114	A/S	2060	2220			
				D107	B/D	2053	2213			
				D107	A/S	460	620	780	940	1100
				D107	B/D	396	556	716	876	1036
				D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
				D107	B/D	1196	1356	1516	1676	1836
				D107	A/S	2060	2220			
				D107	B/D	1996	2156			
				D115	A/S	467	627	787	947	1107
				D115	B/D	460	620	780	940	1100
				D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
				D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
				D115	A/S	2067	2227			
				D115	B/D	2060	2220			



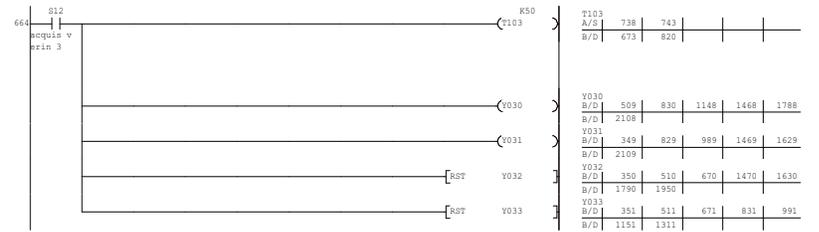
D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D116	A/S	2067	2227			
D116	B/D	2060	2220			
D109	A/S	467	627	787	947	1107
D109	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D109	A/S	2067	2227			
D109	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1001	A/S	2270	2287	2309		
D1001	B/D	474				
S11	A/S	494	497	504	512	577
S11	B/D	331	658	803	963	1123
S11	A/S	582	652			
S11	B/D	1283	1443	1603	1763	1923
S10	A/S	2083	2243			
S10	B/D	342	344	352	417	422
S10	A/S	498	642	802	962	1122
S10	B/D	492				
S10	A/S	1282	1442	1602	1762	1922
S10	B/D	2082	2242			
T101	A/S	418	423			
T101	B/D	353	500			
T201	A/S	493				
T201	B/D	424	502			



T102	A/S	578	583			
T102	B/D	513	660			
Y031	B/D	348	829	989	1469	1629
Y030	B/D	2109				
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y032	B/D	2108				
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1002	A/S	2325	2342	2364		
D1002	B/D	634				
S12	A/S	654	657	664	672	737
S12	B/D	332	482	618	964	1124
S12	A/S	742	812			
S12	B/D	1284	1444	1604	1764	1924
S12	A/S	2084	2244			
S12	B/D	2084	2244			
S11	A/S	494	497	504	512	577
S11	B/D	331	658	803	963	1123
S11	A/S	582	652			
S11	B/D	1283	1443	1603	1763	1923
S11	A/S					
S11	B/D	2083	2243			
T102	A/S	578	583			
T102	B/D	513	660			
T202	A/S	653				
T202	B/D	584	662			

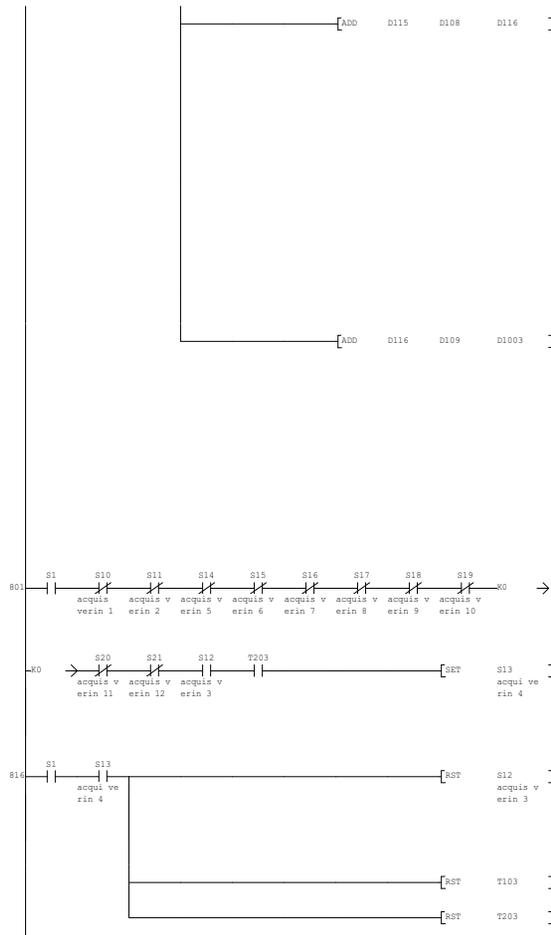


T103	A/S	738	743			
T103	B/D	673	820			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y030	B/D	2108				
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y031	B/D	2109				
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y032	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

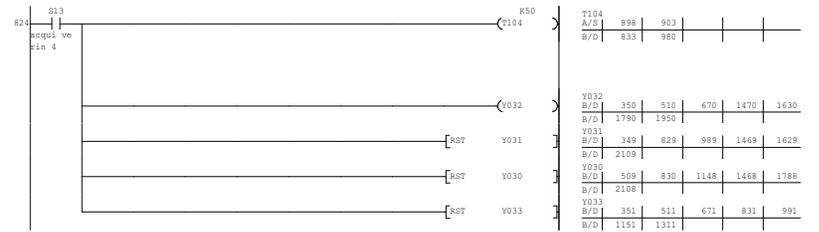
67	S12	T103	[MUL	K1	K1X016	D101	K1X016				
							A/S	354	514	674	834
[MUL	K2	K1X017	D102	K1X017							
				A/S	361	521	681	841	1001		
[MUL	K4	K1X020	D103	K1X020							
				A/S	368	528	688	848	1008		
[MUL	K8	K1X021	D104	K1X021							
				A/S	375	535	695	855	1015		
[MUL	K16	K1X022	D105	K1X022							
				A/S	382	542	702	862	1022		
[MUL	K32	K1X023	D106	K1X023							
				A/S	389	549	709	869	1029		

73	S12	T103	[MUL	K64	K1X024	D107	K1X024				
							A/S	396	556	716	876
[MUL	K128	K1X025	D108	K1X025							
				A/S	403	563	723	883	1043		
[MUL	K256	K1X026	D109	K1X026							
				A/S	410	570	730	890	1050		

73	S12	T103	[MUL	K3	K203	K203				
						A/S	813			



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1003	A/S	2380	2397	2419		
D1003	B/D	794				
S13	A/S	814	817	824	832	897
S13	B/D	333	483	643	978	1125
S13	A/S	902	972			
S13	B/D	1285	1445	1605	1765	1925
S13	A/S	2085	2245			
S13	B/D	2085	2245			
S12	A/S	654	657	664	672	737
S12	B/D	352	482	818	964	1124
S12	A/S	742	812			
S12	B/D	1284	1444	1604	1764	1924
S12	A/S	2084	2244			
S12	B/D	2084	2244			
T103	A/S	738	743			
T103	B/D	673	820			
T203	A/S	813				
T203	B/D	744	922			



T104	A/S	898	903			
T104	B/D	833	980			
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y032	B/D	1790	1950			
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y030	B/D	2109				
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y033	B/D	2108				
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

902
sequi ve
fin 4

D13 T104 T204

[ADD D101 D102 D110]

[ADD D110 D103 D111]

[ADD D111 D104 D112]

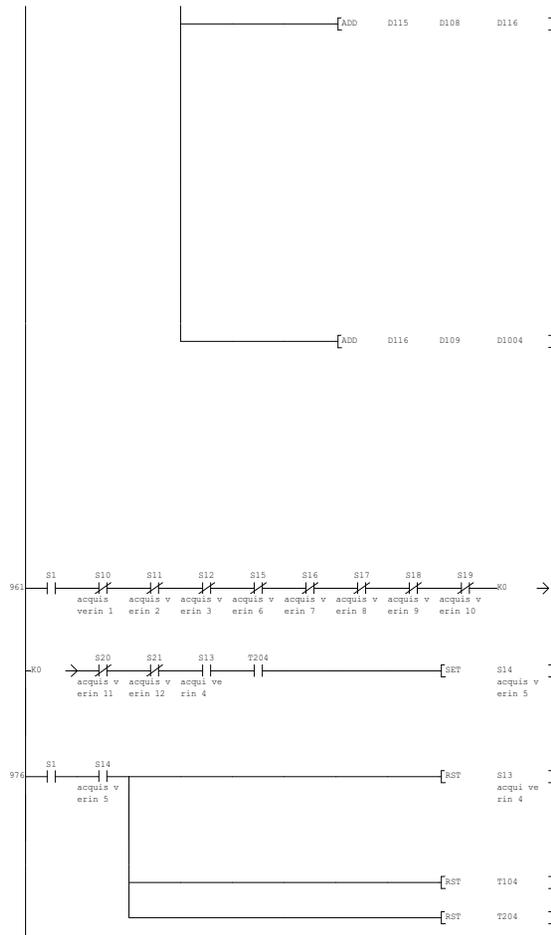
D101	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		334	514	674	834	994
D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1154	1314	1474	1634	1794
D101	A/S	2025	2185			
B/D		1954	2114			
D102	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		361	521	681	841	1001
D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1161	1321	1481	1641	1801
D102	A/S	2025	2185			
B/D		1941	2121			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D103	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		368	528	688	848	1008
D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1168	1328	1488	1648	1808
D103	A/S	2032	2192			
B/D		1968	2128			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D104	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		375	535	695	855	1015
D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1175	1335	1495	1655	1815
D104	A/S	2039	2199			
B/D		1975	2135			
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			

[ADD D112 D105 D113]

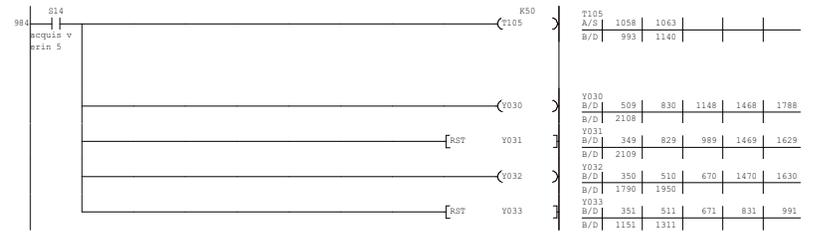
[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]

D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			
D105	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		382	542	702	862	1022
D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1182	1342	1502	1662	1822
D105	A/S	2046	2206			
B/D		1982	2142			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D106	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		389	549	709	869	1029
D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1189	1349	1509	1669	1829
D106	A/S	2053	2213			
B/D		1989	2149			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D107	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		396	556	716	876	1036
D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1196	1356	1516	1676	1836
D107	A/S	2060	2220			
B/D		1996	2156			
D115	A/S	467	627	787	947	1107
B/D		460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D		1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
B/D		2060	2220			



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1004	A/S	2435	2452	2474		
D1004	B/D	954				
S14	A/S	974	977	984	992	1057
S14	B/D	334	484	644	804	1138
S14	A/S	1062	1132			
S14	B/D	1286	1446	1606	1766	1926
S14	A/S	2086	2246			
S13	A/S	814	817	824	832	897
S13	B/D	333	483	643	978	1125
S13	A/S	902	972			
S13	B/D	1285	1445	1605	1765	1925
S13	A/S					
S13	B/D	2085	2245			
T104	A/S	898	903			
T104	B/D	833	980			
T204	A/S	973				
T204	B/D	904	982			



T105	A/S	1058	1063			
T105	B/D	993	1140			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y032	B/D	2109				
Y033	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1060
S14
sequis v
ezin 5

T105 T205

[ADD D101 D102 D110]

[ADD D110 D103 D111]

[ADD D111 D104 D112]

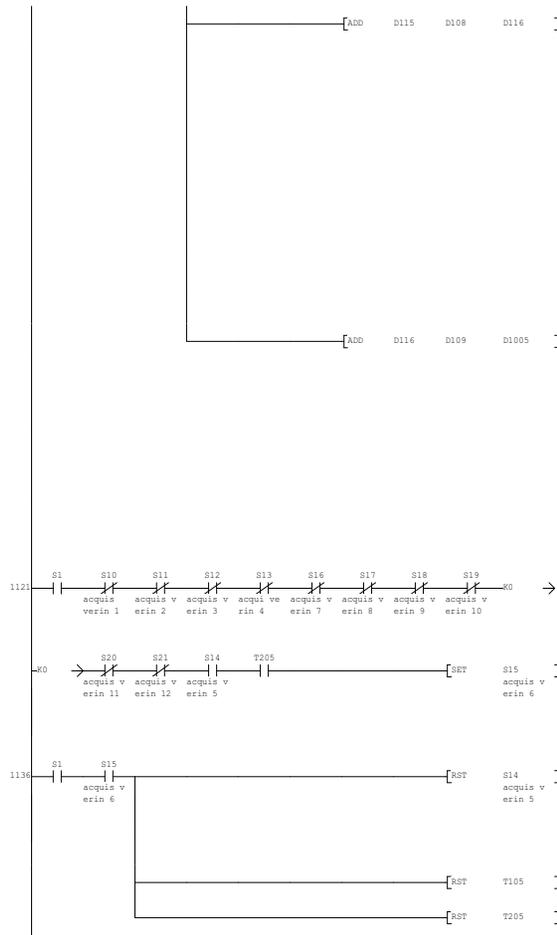
D101	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		334	514	674	834	994
D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1154	1314	1474	1634	1794
D101	A/S	2025	2185			
B/D		1954	2114			
D102	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		361	521	681	841	1001
D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1161	1321	1481	1641	1801
D102	A/S	2025	2185			
B/D		1941	2121			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D103	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		368	528	688	848	1008
D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1168	1328	1488	1648	1808
D103	A/S	2032	2192			
B/D		1968	2128			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D104	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		375	535	695	855	1015
D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1175	1335	1495	1655	1815
D104	A/S	2039	2199			
B/D		1975	2135			
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			

[ADD D112 D105 D113]

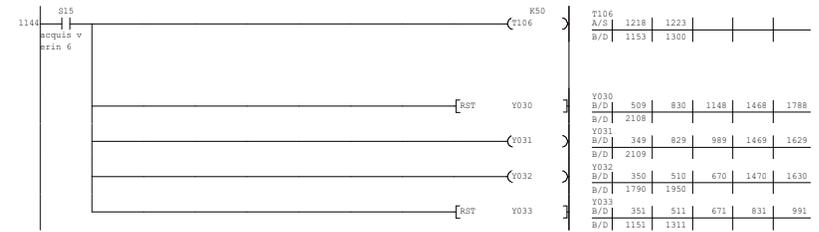
[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]

D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			
D105	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		382	542	702	862	1022
D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1182	1342	1502	1662	1822
D105	A/S	2046	2206			
B/D		1982	2142			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D106	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		389	549	709	869	1029
D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1189	1349	1509	1669	1829
D106	A/S	2053	2213			
B/D		1989	2149			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D107	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		396	556	716	876	1036
D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1196	1356	1516	1676	1836
D107	A/S	2060	2220			
B/D		1996	2156			
D115	A/S	467	627	787	947	1107
B/D		460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D		1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
B/D		2060	2220			



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1005	A/S	2490	2507	2529		
D1005	B/D	1114				
S15	A/S	1134	1137	1144	1152	1217
S15	B/D	335	485	645	805	965
S15	A/S	1222	1292			
S15	B/D	1298	1447	1607	1767	1927
S15	A/S	2087	2247			
S15	B/D	2087	2247			
S14	A/S	974	977	984	992	1057
S14	B/D	334	484	644	804	1138
S14	A/S	1062	1132			
S14	B/D	1286	1446	1606	1766	1926
S14	A/S					
S14	B/D	2086	2246			
T105	A/S	1058	1063			
T105	B/D	993	1140			
T205	A/S	1133				
T205	B/D	1064	1142			



T106	A/S	1218	1223			
T106	B/D	1153	1300			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y032	B/D	2109				
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1150 S15 T106
 acquie v
 prin 6

MUL K1 K1X016 D101
 Entree P
 c 1

MUL K2 K1X017 D102
 Entree P
 c 2

MUL K4 K1X020 D103
 Entree P
 c 3

MUL K8 K1X021 D104
 Entree P
 c 4

MUL K16 K1X022 D105
 Entree P
 c 5

MUL K32 K1X023 D106
 Entree P
 c 6

K1X016					
A/S	354	514	674	834	994
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
K1X016					
A/S	1954	2114			
D101					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	354	514	674	834	994
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			
K1X017					
A/S	361	521	681	841	1001
B/D	1141	1321	1481	1641	1801
K1X017					
A/S	1961	2121			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1961	2121			
K1X020					
A/S	368	528	688	848	1008
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
K1X020					
A/S	1968	2128			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			
K1X021					
A/S	375	535	695	855	1015
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
K1X021					
A/S	1975	2135			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			
K1X022					
A/S	382	542	702	862	1022
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
K1X022					
A/S	1982	2142			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			
K1X023					
A/S	389	549	709	869	1029
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
K1X023					
A/S	1989	2149			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			

1210 S15 T106
 acquie v
 prin 6

MUL K64 K1X024 D107
 Entree P
 c 7

MUL K128 K1X025 D108
 Entree P
 c 8

MUL K256 K1X026 D109
 Entree P
 c 9

K1X024					
A/S	396	556	716	876	1036
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
K1X024					
A/S	1996	2156			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			
K1X025					
A/S	403	563	723	883	1043
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
K1X025					
A/S	2003	2163			
D108					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	403	563	723	883	1043
D108					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108					
A/S	2067	2227			
B/D	2003	2163			
K1X026					
A/S	410	570	730	890	1050
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
K1X026					
A/S	2010	2170			
D109					
A/S	474	634	794	954	1114
B/D	410	570	730	890	1050
D109					
A/S	1274	1434	1594	1754	1914
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109					
A/S	2074	2234			
B/D	2010	2170			
D206					
A/S	1293				
B/D	1224	1302			

K3
 T206

1222
S15
sequis v
prin 6

T106 T206

[ADD D101 D102 D110]

[ADD D110 D103 D111]

[ADD D111 D104 D112]

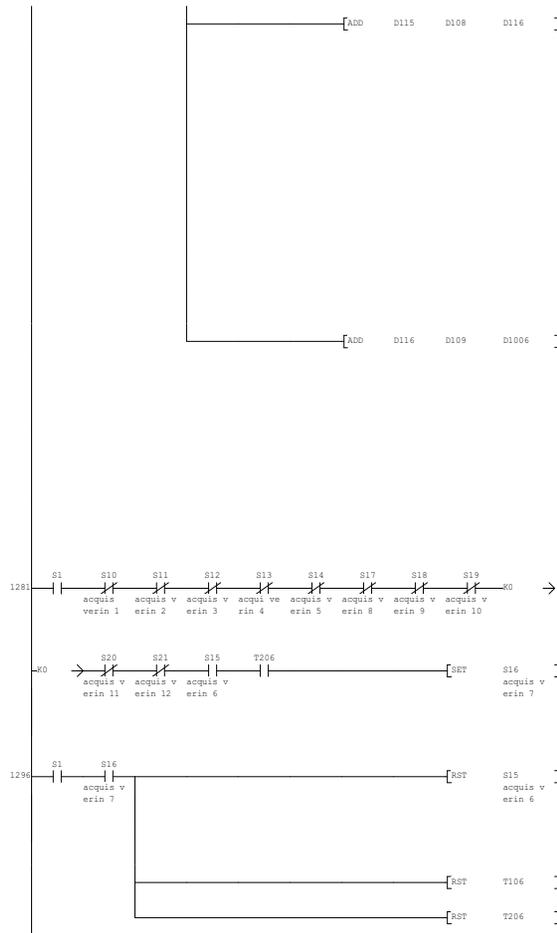
D101	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		334	514	674	834	994
D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1154	1314	1474	1634	1794
D101	A/S	2025	2185			
B/D		1954	2114			
D102	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		361	521	681	841	1001
D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1161	1321	1481	1641	1801
D102	A/S	2025	2185			
B/D		1941	2121			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D103	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		368	528	688	848	1008
D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1168	1328	1488	1648	1808
D103	A/S	2032	2192			
B/D		1968	2128			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D104	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		375	535	695	855	1015
D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1175	1335	1495	1655	1815
D104	A/S	2039	2199			
B/D		1975	2135			
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			

[ADD D112 D105 D113]

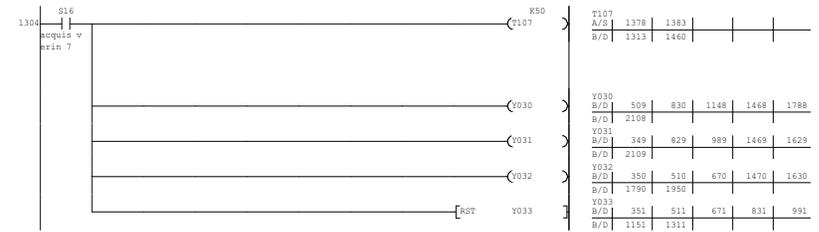
[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]

D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			
D105	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		382	542	702	862	1022
D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1182	1342	1502	1662	1822
D105	A/S	2046	2206			
B/D		1982	2142			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D106	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		389	549	709	869	1029
D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1189	1349	1509	1669	1829
D106	A/S	2053	2213			
B/D		1989	2149			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D107	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		396	556	716	876	1036
D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1196	1356	1516	1676	1836
D107	A/S	2060	2220			
B/D		1996	2156			
D115	A/S	467	627	787	947	1107
B/D		460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D		1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
B/D		2060	2220			



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D115	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1006	A/S	2545	2562	2584		
D1006	B/D	1274				
S16	A/S	1294	1297	1304	1312	1377
S16	B/D	336	486	646	806	966
S16	A/S	1382	1452			
S16	B/D	1126	1458	1608	1768	1928
S16	A/S	2088	2248			
S16	B/D	2088	2248			
S15	A/S	1134	1137	1144	1152	1217
S15	B/D	335	485	645	805	965
S15	A/S	1222	1292			
S15	B/D	1298	1447	1607	1767	1927
S15	A/S					
S15	B/D	2087	2247			
T106	A/S	1218	1223			
T106	B/D	1153	1300			
T206	A/S	1293				
T206	B/D	1224	1302			



T107	A/S	1378	1383			
T107	B/D	1313	1460			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y032	B/D	2109				
Y033	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1312 S16 T107
 acquie v
 prin 7

MUL K1 K1X016 D101
 Entree P
 c 1

MUL K2 K1X017 D102
 Entree P
 c 2

MUL K4 K1X020 D103
 Entree P
 c 3

MUL K8 K1X021 D104
 Entree P
 c 4

MUL K16 K1X022 D105
 Entree P
 c 5

MUL K32 K1X023 D106
 Entree P
 c 6

K1X016					
A/S	354	514	674	834	994
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
K1X016					
A/S	1954	2114			
D101					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	354	514	674	834	994
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			
K1X017					
A/S	361	521	681	841	1001
B/D	1141	1321	1481	1641	1801
K1X017					
A/S	1961	2121			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1961	2121			
K1X020					
A/S	368	528	688	848	1008
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
K1X020					
A/S	1968	2128			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			
K1X021					
A/S	375	535	695	855	1015
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
K1X021					
A/S	1975	2135			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			
K1X022					
A/S	382	542	702	862	1022
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
K1X022					
A/S	1982	2142			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			
K1X023					
A/S	389	549	709	869	1029
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
K1X023					
A/S	1989	2149			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			

137 S16 T107
 acquie v
 prin 7

MUL K64 K1X024 D107
 Entree P
 c 7

MUL K128 K1X025 D108
 Entree P
 c 8

MUL K256 K1X026 D109
 Entree P
 c 9

K3 T207

K1X024					
A/S	396	556	716	876	1036
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
K1X024					
A/S	1996	2156			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			
K1X025					
A/S	403	563	723	883	1043
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
K1X025					
A/S	2003	2163			
D108					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	403	563	723	883	1043
D108					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108					
A/S	2067	2227			
B/D	2003	2163			
K1X026					
A/S	410	570	730	890	1050
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
K1X026					
A/S	2010	2170			
D109					
A/S	474	634	794	954	1114
B/D	410	570	730	890	1050
D109					
A/S	1274	1434	1594	1754	1914
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109					
A/S	2074	2234			
B/D	2010	2170			
D207					
A/S	1453				
B/D	1384	1462			

1380 S16 T107 T207
 sequis v
 prin 7

[ADD D101 D102 D110]

D101	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		334	514	674	834	994
D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1154	1314	1474	1634	1794
D101	A/S	2025	2185			
B/D		1954	2114			
D102	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		361	521	681	841	1001
D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1161	1321	1481	1641	1801
D102	A/S	2025	2185			
B/D		1941	2121			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D103	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		368	528	688	848	1008
D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1168	1328	1488	1648	1808
D103	A/S	2032	2192			
B/D		1968	2128			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D104	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		375	535	695	855	1015
D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1175	1335	1495	1655	1815
D104	A/S	2039	2199			
B/D		1975	2135			
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			

[ADD D110 D103 D111]

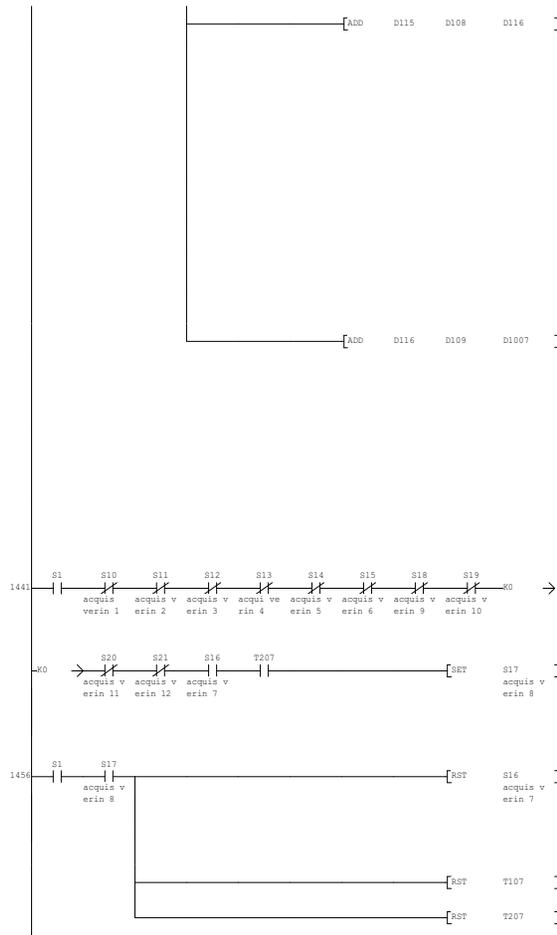
[ADD D111 D104 D112]

[ADD D112 D105 D113]

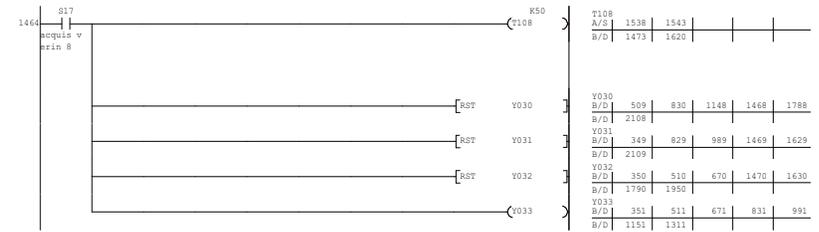
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			
D105	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		382	542	702	862	1022
D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1182	1342	1502	1662	1822
D105	A/S	2046	2206			
B/D		1982	2142			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D106	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		389	549	709	869	1029
D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1189	1349	1509	1669	1829
D106	A/S	2053	2213			
B/D		1989	2149			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D107	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		396	556	716	876	1036
D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1196	1356	1516	1676	1836
D107	A/S	2060	2220			
B/D		1996	2156			
D115	A/S	467	627	787	947	1107
B/D		460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D		1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
B/D		2060	2220			

[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1007	A/S	2600	2617	2639		
D1007	B/D	1434				
S17	A/S	1454	1457	1464	1472	1537
S17	B/D	337	487	647	807	967
S17	A/S	1542	1612			
S17	B/D	1127	1287	1618	1769	1929
S17	A/S	2089	2249			
S17	B/D	2089	2249			
S16	A/S	1294	1297	1304	1312	1377
S16	B/D	336	486	646	806	966
S16	A/S	1382	1452			
S16	B/D	1126	1458	1608	1768	1928
S16	A/S	2088	2248			
S16	B/D	2088	2248			
T107	A/S	1378	1383			
T107	B/D	1313	1460			
T207	A/S	1453				
T207	B/D	1384	1462			



T108	A/S	1538	1543			
T108	B/D	1473	1620			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y032	B/D	2109				
Y033	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1540 017 T108 T208
 sequis v
 prin 8

[ADD D101 D102 D110]

D101	A/S	425	585	745	905	1065
B/D	334	514	674	834	994	
D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794	
D101	A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114				
D102	A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001	
D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801	
D102	A/S	2025	2185			
B/D	1941	2121				
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D	425	585	745	905	1065	
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1225	1385	1545	1705	1865	
D110	A/S	2032	2192			
B/D	2025	2185				
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D	425	585	745	905	1065	
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1225	1385	1545	1705	1865	
D110	A/S	2032	2192			
B/D	2025	2185				
D103	A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008	
D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808	
D103	A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128				
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D	432	592	752	912	1072	
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1232	1392	1552	1712	1872	
D111	A/S	2039	2199			
B/D	2032	2192				
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D	432	592	752	912	1072	
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1232	1392	1552	1712	1872	
D111	A/S	2039	2199			
B/D	2032	2192				
D104	A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015	
D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815	
D104	A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135				
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D	439	599	759	919	1079	
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1239	1399	1559	1719	1879	
D112	A/S	2046	2206			
B/D	2039	2199				

[ADD D110 D103 D111]

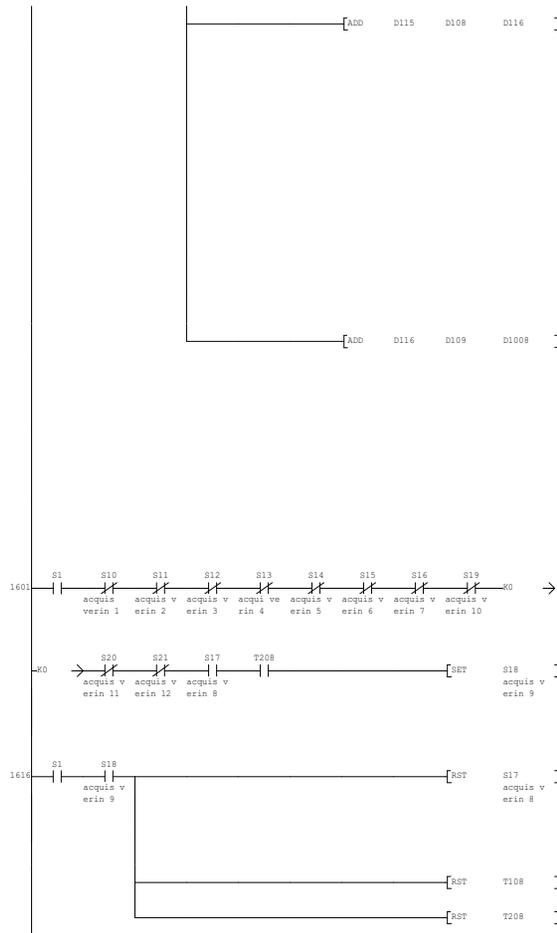
[ADD D111 D104 D112]

[ADD D112 D105 D113]

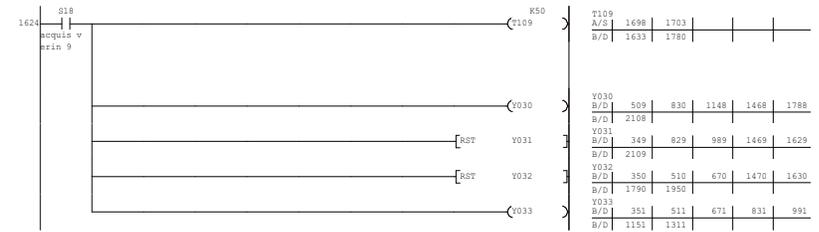
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D	439	599	759	919	1079	
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1239	1399	1559	1719	1879	
D112	A/S	2046	2206			
B/D	2039	2199				
D105	A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022	
D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822	
D105	A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142				
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D	446	606	766	926	1086	
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1246	1406	1566	1726	1886	
D113	A/S	2053	2213			
B/D	2046	2206				
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D	446	606	766	926	1086	
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1246	1406	1566	1726	1886	
D113	A/S	2053	2213			
B/D	2046	2206				
D106	A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029	
D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829	
D106	A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149				
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D	453	613	773	933	1093	
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1253	1413	1573	1733	1893	
D114	A/S	2060	2220			
B/D	2053	2213				
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D	453	613	773	933	1093	
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1253	1413	1573	1733	1893	
D114	A/S	2060	2220			
B/D	2053	2213				
D107	A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036	
D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836	
D107	A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156				
D115	A/S	467	627	787	947	1107
B/D	460	620	780	940	1100	
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1260	1420	1580	1740	1900	
D115	A/S	2067	2227			
B/D	2060	2220				

[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1008	A/S	2655	2672	2694		
D1008	B/D	1594				
S18	A/S	1614	1617	1624	1632	1697
S18	B/D	338	488	648	808	968
S18	A/S	1702	1772			
S18	B/D	1128	1288	1448	1776	1930
S18	A/S	2090	2250			
S17	A/S	1454	1457	1464	1472	1537
S17	B/D	337	487	647	807	967
S17	A/S	1542	1612			
S17	B/D	1127	1287	1618	1769	1929
S17	A/S					
S17	B/D	2089	2249			
T108	A/S	1538	1543			
T108	B/D	1473	1620			
T208	A/S	1613				
T208	B/D	1544	1622			



T109	A/S	1698	1703			
T109	B/D	1633	1780			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y030	B/D	2108				
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y031	B/D	2109				
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y032	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1630 S18 T109
 Acquis v
 prin 9

MUL K1 K1X016 D101
 Entree P
 c 1

MUL K2 K1X017 D102
 Entree P
 c 2

MUL K4 K1X020 D103
 Entree P
 c 3

MUL K8 K1X021 D104
 Entree P
 c 4

MUL K16 K1X022 D105
 Entree P
 c 5

MUL K32 K1X023 D106
 Entree P
 c 6

K1X016					
A/S	354	514	674	834	994
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
K1X016					
A/S	1954	2114			
D101					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	354	514	674	834	994
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			
K1X017					
A/S	361	521	681	841	1001
B/D	1141	1321	1481	1641	1801
K1X017					
A/S	1961	2121			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1961	2121			
K1X020					
A/S	368	528	688	848	1008
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
K1X020					
A/S	1968	2128			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			
K1X021					
A/S	375	535	695	855	1015
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
K1X021					
A/S	1975	2135			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			
K1X022					
A/S	382	542	702	862	1022
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
K1X022					
A/S	1982	2142			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			
K1X023					
A/S	389	549	709	869	1029
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
K1X023					
A/S	1989	2149			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			

169 S18 T109
 Acquis v
 prin 9

MUL K64 K1X024 D107
 Entree P
 c 7

MUL K128 K1X025 D108
 Entree P
 c 8

MUL K256 K1X026 D109
 Entree P
 c 9

K3 T209

K1X024					
A/S	396	556	716	876	1036
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
K1X024					
A/S	1996	2156			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			
K1X025					
A/S	403	563	723	883	1043
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
K1X025					
A/S	2003	2163			
D108					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	403	563	723	883	1043
D108					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108					
A/S	2067	2227			
B/D	2003	2163			
K1X026					
A/S	410	570	730	890	1050
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
K1X026					
A/S	2010	2170			
D109					
A/S	474	634	794	954	1114
B/D	410	570	730	890	1050
D109					
A/S	1274	1434	1594	1754	1914
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109					
A/S	2074	2234			
B/D	2010	2170			
D209					
A/S	1773				
B/D	1704	1782			

1700
S18
sequis v
ezin 9

T109 T209

[ADD D101 D102 D110]

[ADD D110 D103 D111]

[ADD D111 D104 D112]

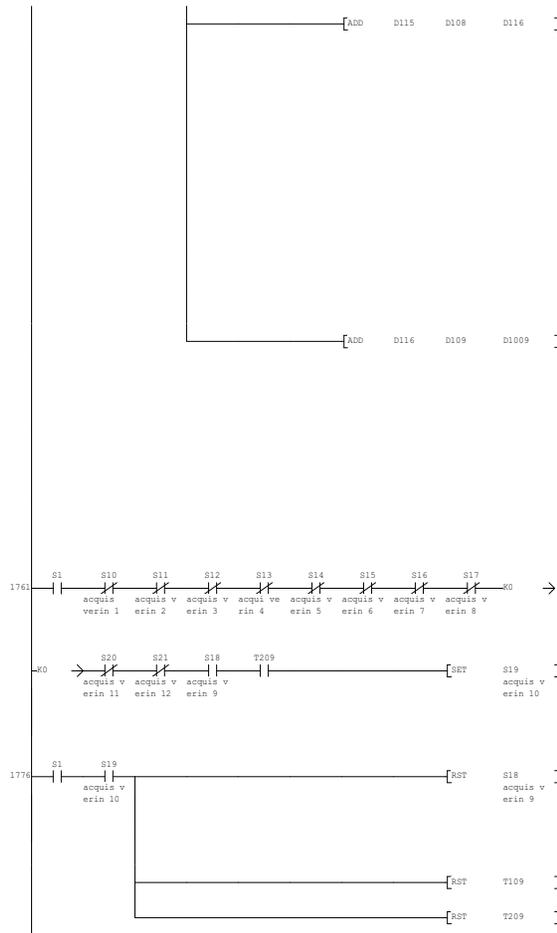
D101	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		334	514	674	834	994
D101	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1154	1314	1474	1634	1794
D101	A/S	2025	2185			
B/D		1954	2114			
D102	A/S	425	585	745	905	1065
B/D		361	521	681	841	1001
D102	A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D		1161	1321	1481	1641	1801
D102	A/S	2025	2185			
B/D		1941	2121			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D110	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		425	585	745	905	1065
D110	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1225	1385	1545	1705	1865
D110	A/S	2032	2192			
B/D		2025	2185			
D103	A/S	432	592	752	912	1072
B/D		368	528	688	848	1008
D103	A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D		1168	1328	1488	1648	1808
D103	A/S	2032	2192			
B/D		1968	2128			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D111	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		432	592	752	912	1072
D111	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1232	1392	1552	1712	1872
D111	A/S	2039	2199			
B/D		2032	2192			
D104	A/S	439	599	759	919	1079
B/D		375	535	695	855	1015
D104	A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D		1175	1335	1495	1655	1815
D104	A/S	2039	2199			
B/D		1975	2135			
D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			

[ADD D112 D105 D113]

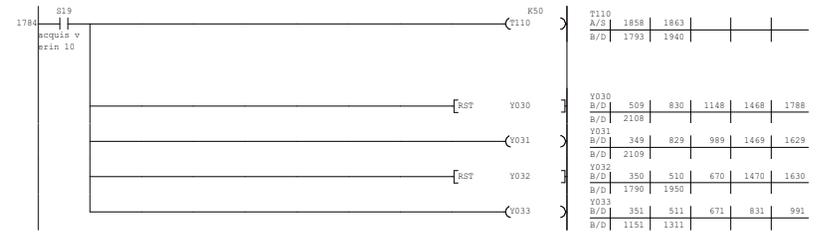
[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]

D112	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		439	599	759	919	1079
D112	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1239	1399	1559	1719	1879
D112	A/S	2046	2206			
B/D		2039	2199			
D105	A/S	446	606	766	926	1086
B/D		382	542	702	862	1022
D105	A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D		1182	1342	1502	1662	1822
D105	A/S	2046	2206			
B/D		1982	2142			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D113	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		446	606	766	926	1086
D113	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1246	1406	1566	1726	1886
D113	A/S	2053	2213			
B/D		2046	2206			
D106	A/S	453	613	773	933	1093
B/D		389	549	709	869	1029
D106	A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D		1189	1349	1509	1669	1829
D106	A/S	2053	2213			
B/D		1989	2149			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D114	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		453	613	773	933	1093
D114	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1253	1413	1573	1733	1893
D114	A/S	2060	2220			
B/D		2053	2213			
D107	A/S	460	620	780	940	1100
B/D		396	556	716	876	1036
D107	A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D		1196	1356	1516	1676	1836
D107	A/S	2060	2220			
B/D		1996	2156			
D115	A/S	467	627	787	947	1107
B/D		460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D		1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
B/D		2060	2220			



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1009	A/S	2710	2727	2749		
D1009	B/D	1754				
S19	A/S	1774	1777	1784	1792	1857
S19	B/D	339	489	649	809	969
S19	A/S	1862	1932			
S19	B/D	1129	1289	1449	1609	1938
S19	A/S	2091	2251			
S19	B/D	2091	2251			
S18	A/S	1614	1617	1624	1632	1697
S18	B/D	338	488	648	808	968
S18	A/S	1702	1772			
S18	B/D	1128	1288	1448	1778	1930
S18	A/S					
S18	B/D	2090	2250			
T109	A/S	1698	1703			
T109	B/D	1633	1780			
T209	A/S	1773				
T209	B/D	1704	1782			



T110	A/S	1858	1863			
T110	B/D	1793	1940			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1790 S19 T110
 acquie v
 prin 10

MUL K1 K1X016 D101

K1X016					
A/S	354	514	674	834	994
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
K1X016					
A/S	1954	2114			
D101					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	354	514	674	834	994
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			

MUL K2 K1X017 D102

K1X017					
A/S	361	521	681	841	1001
B/D	1141	1321	1481	1641	1801
K1X017					
A/S	1961	2121			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1961	2121			

MUL K4 K1X020 D103

K1X020					
A/S	368	528	688	848	1008
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
K1X020					
A/S	1968	2128			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			

MUL K8 K1X021 D104

K1X021					
A/S	375	535	695	855	1015
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
K1X021					
A/S	1975	2135			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			

MUL K16 K1X022 D105

K1X022					
A/S	382	542	702	862	1022
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
K1X022					
A/S	1982	2142			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			

MUL K32 K1X023 D106

K1X023					
A/S	389	549	709	869	1029
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
K1X023					
A/S	1989	2149			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			

185 S19 T110
 acquie v
 prin 10

MUL K64 K1X024 D107

K1X024					
A/S	396	556	716	876	1036
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
K1X024					
A/S	1996	2156			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			

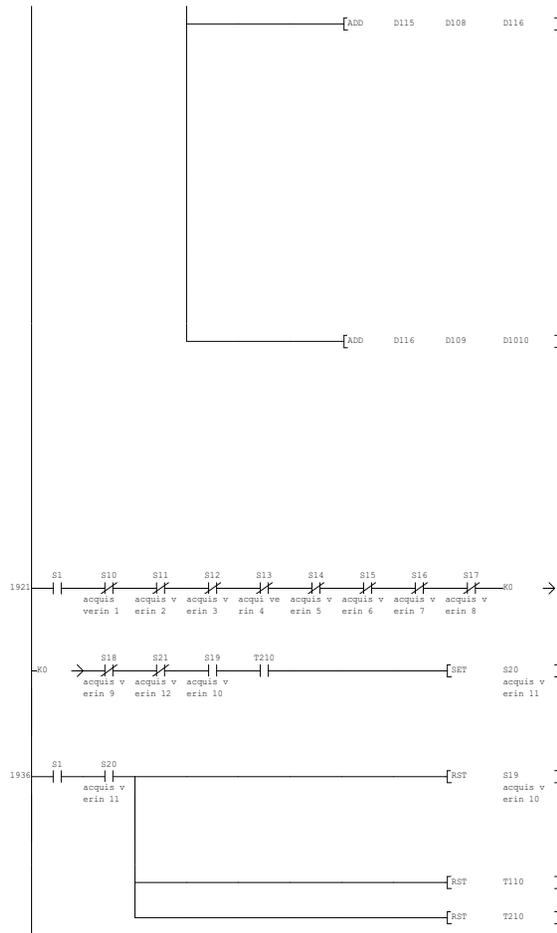
MUL K128 K1X025 D108

K1X025					
A/S	403	563	723	883	1043
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
K1X025					
A/S	2003	2163			
D108					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	403	563	723	883	1043
D108					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108					
A/S	2067	2227			
B/D	2003	2163			

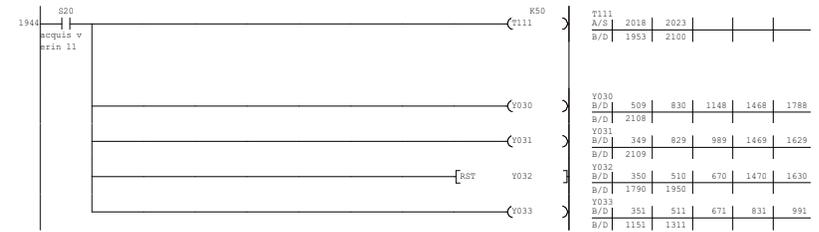
MUL K256 K1X026 D109

K1X026					
A/S	410	570	730	890	1050
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
K1X026					
A/S	2010	2170			
D109					
A/S	474	634	794	954	1114
B/D	410	570	730	890	1050
D109					
A/S	1274	1434	1594	1754	1914
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109					
A/S	2074	2234			
B/D	2010	2170			

K3 T210



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D115	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1010	A/S	2765	2782	2804		
D1010	B/D	1914				
S20	A/S	1934	1937	1944	1952	2017
S20	B/D	340	490	650	810	970
S20	A/S	2022	2092			
S20	B/D	1130	1290	1450	1610	1770
S20	A/S					
S20	B/D	2098				
S19	A/S	1774	1777	1784	1792	1857
S19	B/D	339	489	649	809	969
S19	A/S	1862	1932			
S19	B/D	1129	1289	1449	1609	1938
S19	A/S					
S19	B/D	2091	2251			
T110	A/S	1858	1863			
T110	B/D	1793	1940			
T210	A/S	1933				
T210	B/D	1864	1942			



T111	A/S	2018	2023			
T111	B/D	1953	2100			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y030	B/D	2108				
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y031	B/D	2109				
Y032	B/D	350	510	670	1470	1630
Y032	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

1952 S20 T111
 11
 acquie v
 prin 11

MUL K1 K1X016 D101

K1X016					
A/S	354	514	674	834	994
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
K1X016					
A/S	1954	2114			
D101					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	354	514	674	834	994
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			

MUL K2 K1X017 D102

K1X017					
A/S	361	521	681	841	1001
B/D	1141	1321	1481	1641	1801
K1X017					
A/S	1961	2121			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1961	2121			

MUL K4 K1X020 D103

K1X020					
A/S	368	528	688	848	1008
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
K1X020					
A/S	1968	2128			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			

MUL K8 K1X021 D104

K1X021					
A/S	375	535	695	855	1015
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
K1X021					
A/S	1975	2135			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			

MUL K16 K1X022 D105

K1X022					
A/S	382	542	702	862	1022
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
K1X022					
A/S	1982	2142			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			

MUL K32 K1X023 D106

K1X023					
A/S	389	549	709	869	1029
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
K1X023					
A/S	1989	2149			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			

2011 S20 T111
 11
 acquie v
 prin 11

MUL K64 K1X024 D107

K1X024					
A/S	396	556	716	876	1036
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
K1X024					
A/S	1996	2156			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			

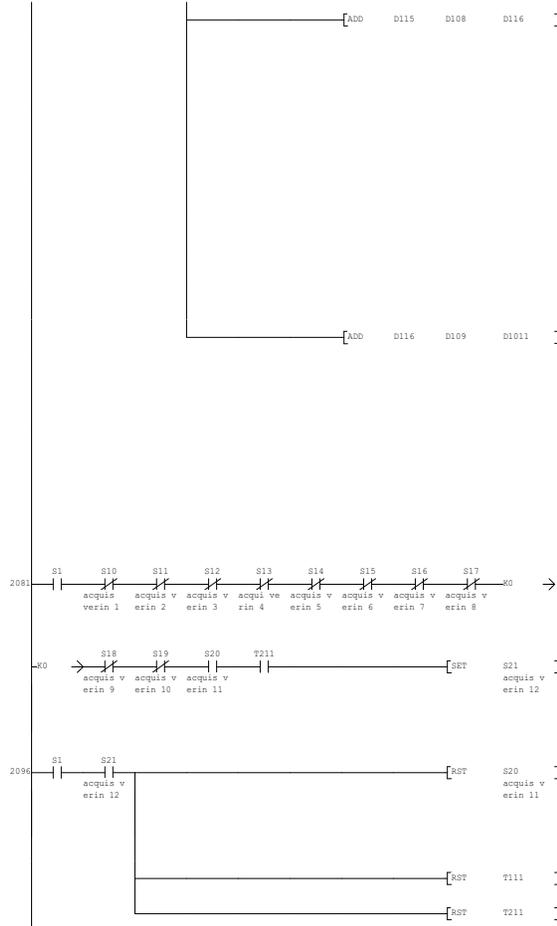
MUL K128 K1X025 D108

K1X025					
A/S	403	563	723	883	1043
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
K1X025					
A/S	2003	2163			
D108					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	403	563	723	883	1043
D108					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108					
A/S	2067	2227			
B/D	2003	2163			

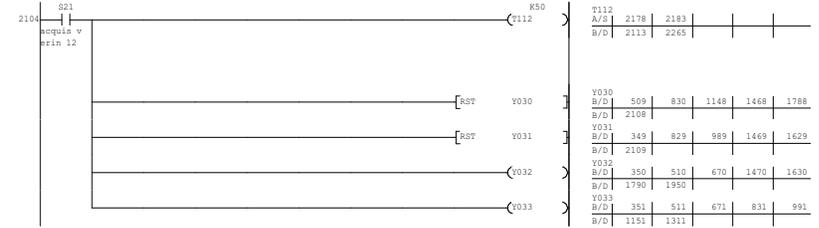
MUL K256 K1X026 D109

K1X026					
A/S	410	570	730	890	1050
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
K1X026					
A/S	2010	2170			
D109					
A/S	474	634	794	954	1114
B/D	410	570	730	890	1050
D109					
A/S	1274	1434	1594	1754	1914
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109					
A/S	2074	2234			
B/D	2010	2170			

K3 T211



D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D115	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1011	A/S	2820	2837	2859		
D1011	B/D	2074				
S21	A/S	2094	2097	2104	2112	2177
S21	B/D	341	491	651	811	971
S21	A/S	2182	2252			
S21	B/D	1131	1291	1451	1611	1771
S21	A/S	1931	2260			
S20	A/S	1934	1937	1944	1952	2017
S20	B/D	340	490	650	810	970
S20	A/S	2022	2092			
S20	B/D	1130	1290	1450	1610	1770
S20	A/S	2098				
T111	A/S	2018	2023			
T111	B/D	1953	2100			
T211	A/S	2093				
T211	B/D	2024	2102			



T112	A/S	2178	2183			
T112	B/D	2113	2265			
Y030	B/D	509	830	1148	1468	1788
Y031	B/D	349	829	989	1469	1629
Y032	B/D	2109				
Y033	B/D	350	510	670	1470	1630
Y033	B/D	1790	1950			
Y033	B/D	351	511	671	831	991
Y033	B/D	1151	1311			

2112 S21 T112
 Acquis v
 prin 12

MUL K1 K1X016 D101
 Entree P
 c 1

MUL K2 K1X017 D102
 Entree P
 c 2

MUL K4 K1X020 D103
 Entree P
 c 3

MUL K8 K1X021 D104
 Entree P
 c 4

MUL K16 K1X022 D105
 Entree P
 c 5

MUL K32 K1X023 D106
 Entree P
 c 6

K1X016					
A/S	354	514	674	834	994
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
K1X016					
A/S	1954	2114			
D101					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	354	514	674	834	994
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			
K1X017					
A/S	361	521	681	841	1001
B/D	1141	1321	1481	1641	1801
K1X017					
A/S	1961	2121			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1961	2121			
K1X020					
A/S	368	528	688	848	1008
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
K1X020					
A/S	1968	2128			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			
K1X021					
A/S	375	535	695	855	1015
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
K1X021					
A/S	1975	2135			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			
K1X022					
A/S	382	542	702	862	1022
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
K1X022					
A/S	1982	2142			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			
K1X023					
A/S	389	549	709	869	1029
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
K1X023					
A/S	1989	2149			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			

2112 S21 T112
 Acquis v
 prin 12

MUL K64 K1X024 D107
 Entree P
 c 7

MUL K128 K1X025 D108
 Entree P
 c 8

MUL K256 K1X026 D109
 Entree P
 c 9

K3

K1X024					
A/S	396	556	716	876	1036
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
K1X024					
A/S	1996	2156			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			
K1X025					
A/S	403	563	723	883	1043
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
K1X025					
A/S	2003	2163			
D108					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	403	563	723	883	1043
D108					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108					
A/S	2067	2227			
B/D	2003	2163			
K1X026					
A/S	410	570	730	890	1050
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
K1X026					
A/S	2010	2170			
D109					
A/S	474	634	794	954	1114
B/D	410	570	730	890	1050
D109					
A/S	1274	1434	1594	1754	1914
B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109					
A/S	2074	2234			
B/D	2010	2170			
D12					
A/S	2253				
B/D	2184	2267			

2180 S21 T112 T212
 sequis v
 prin 12

D101	425	585	745	905	1065
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	334	514	674	834	994
D101					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1154	1314	1474	1634	1794
D101					
A/S	2025	2185			
B/D	1954	2114			
D102					
A/S	425	585	745	905	1065
B/D	361	521	681	841	1001
D102					
A/S	1225	1385	1545	1705	1865
B/D	1161	1321	1481	1641	1801
D102					
A/S	2025	2185			
B/D	1941	2121			
D110					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	425	585	745	905	1065
D110					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1225	1385	1545	1705	1865
D110					
A/S	2032	2192			
B/D	2025	2185			
D110					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	425	585	745	905	1065
D110					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1225	1385	1545	1705	1865
D110					
A/S	2032	2192			
B/D	2025	2185			
D103					
A/S	432	592	752	912	1072
B/D	368	528	688	848	1008
D103					
A/S	1232	1392	1552	1712	1872
B/D	1168	1328	1488	1648	1808
D103					
A/S	2032	2192			
B/D	1968	2128			
D111					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	432	592	752	912	1072
D111					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1232	1392	1552	1712	1872
D111					
A/S	2039	2199			
B/D	2032	2192			
D111					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	432	592	752	912	1072
D111					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1232	1392	1552	1712	1872
D111					
A/S	2039	2199			
B/D	2032	2192			
D104					
A/S	439	599	759	919	1079
B/D	375	535	695	855	1015
D104					
A/S	1239	1399	1559	1719	1879
B/D	1175	1335	1495	1655	1815
D104					
A/S	2039	2199			
B/D	1975	2135			
D112					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	439	599	759	919	1079
D112					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1239	1399	1559	1719	1879
D112					
A/S	2046	2206			
B/D	2039	2199			

[ADD D101 D102 D110]

[ADD D110 D103 D111]

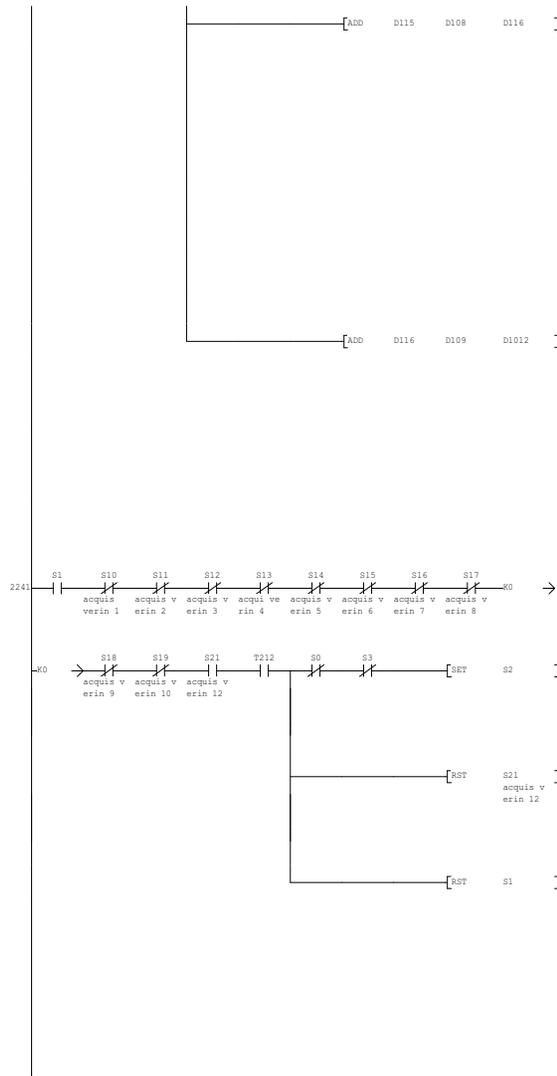
[ADD D111 D104 D112]

[ADD D112 D105 D113]

[ADD D113 D106 D114]

[ADD D114 D107 D115]

D112	446	606	766	926	1086
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	439	599	759	919	1079
D112					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1239	1399	1559	1719	1879
D112					
A/S	2046	2206			
B/D	2039	2199			
D105					
A/S	446	606	766	926	1086
B/D	382	542	702	862	1022
D105					
A/S	1246	1406	1566	1726	1886
B/D	1182	1342	1502	1662	1822
D105					
A/S	2046	2206			
B/D	1982	2142			
D113					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	446	606	766	926	1086
D113					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1246	1406	1566	1726	1886
D113					
A/S	2053	2213			
B/D	2046	2206			
D113					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	446	606	766	926	1086
D113					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1246	1406	1566	1726	1886
D113					
A/S	2053	2213			
B/D	2046	2206			
D106					
A/S	453	613	773	933	1093
B/D	389	549	709	869	1029
D106					
A/S	1253	1413	1573	1733	1893
B/D	1189	1349	1509	1669	1829
D106					
A/S	2053	2213			
B/D	1989	2149			
D114					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	453	613	773	933	1093
D114					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1253	1413	1573	1733	1893
D114					
A/S	2060	2220			
B/D	2053	2213			
D114					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	453	613	773	933	1093
D114					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1253	1413	1573	1733	1893
D114					
A/S	2060	2220			
B/D	2053	2213			
D107					
A/S	460	620	780	940	1100
B/D	396	556	716	876	1036
D107					
A/S	1260	1420	1580	1740	1900
B/D	1196	1356	1516	1676	1836
D107					
A/S	2060	2220			
B/D	1996	2156			
D115					
A/S	467	627	787	947	1107
B/D	460	620	780	940	1100
D115					
A/S	1267	1427	1587	1747	1907
B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115					
A/S	2067	2227			
B/D	2060	2220			

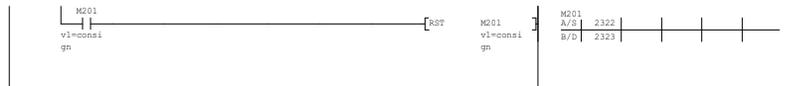
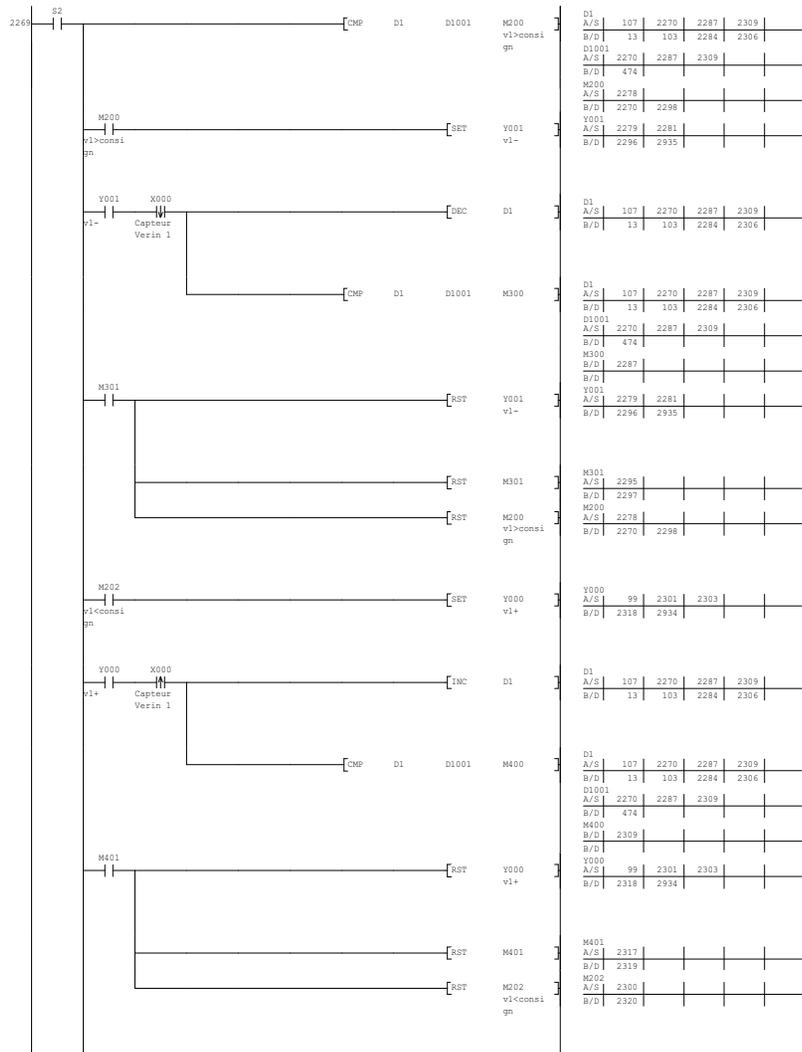


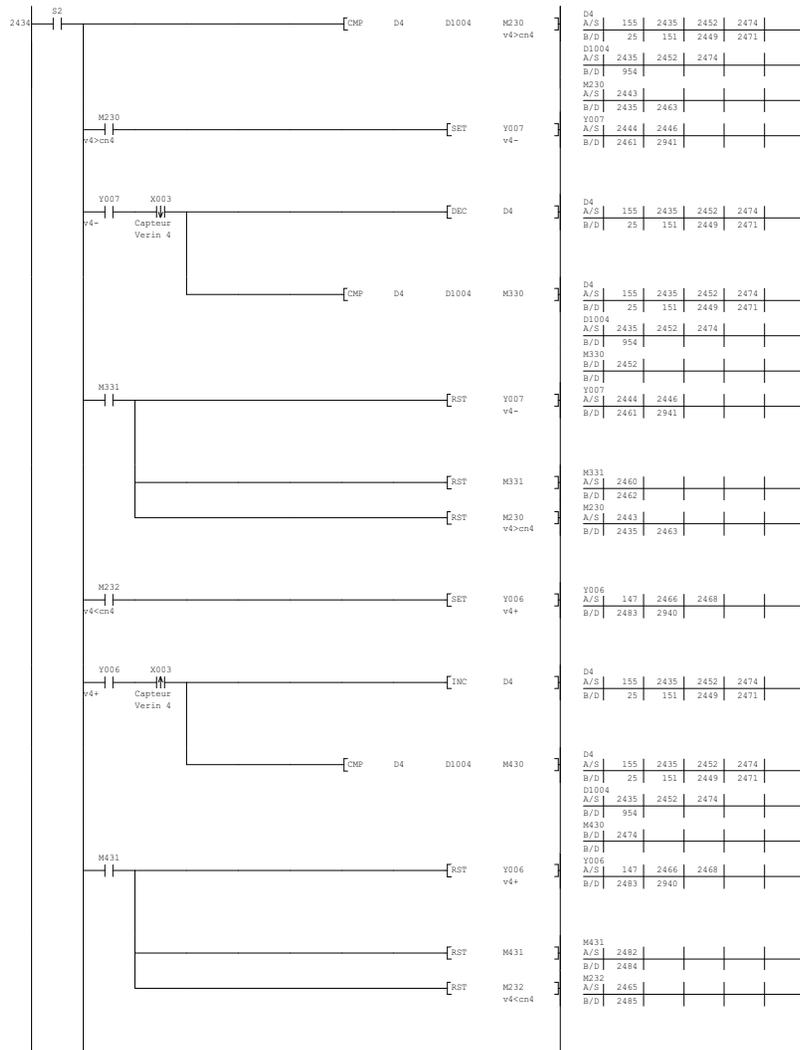
D115	A/S	467	627	787	947	1107
D115	B/D	460	620	780	940	1100
D115	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D115	B/D	1260	1420	1580	1740	1900
D115	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2060	2220			
D108	A/S	467	627	787	947	1107
D108	B/D	403	563	723	883	1043
D108	A/S	1267	1427	1587	1747	1907
D108	B/D	1203	1363	1523	1683	1843
D108	A/S	2067	2227			
D108	B/D	2003	2163			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D116	B/D	2067	2227			
D116	A/S	474	634	794	954	1114
D116	B/D	467	627	787	947	1107
D116	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D116	B/D	1267	1427	1587	1747	1907
D116	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2067	2227			
D109	A/S	474	634	794	954	1114
D109	B/D	410	570	730	890	1050
D109	A/S	1274	1434	1594	1754	1914
D109	B/D	1210	1370	1530	1690	1850
D109	A/S	2074	2234			
D109	B/D	2010	2170			
D1012	A/S	2875	2882	2914		
D1012	B/D	2234				

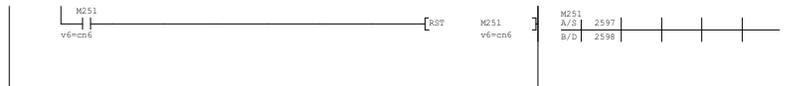
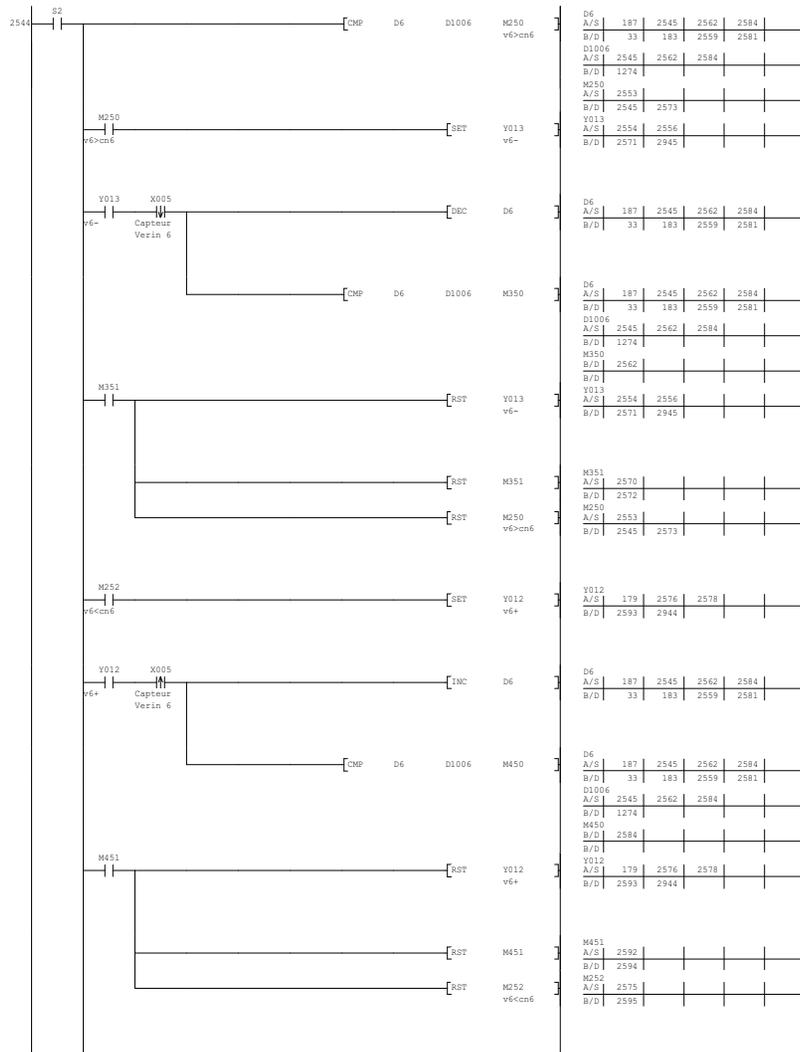


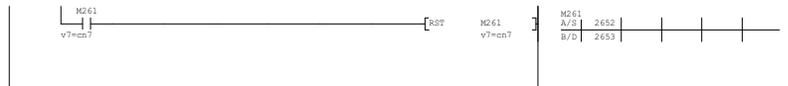
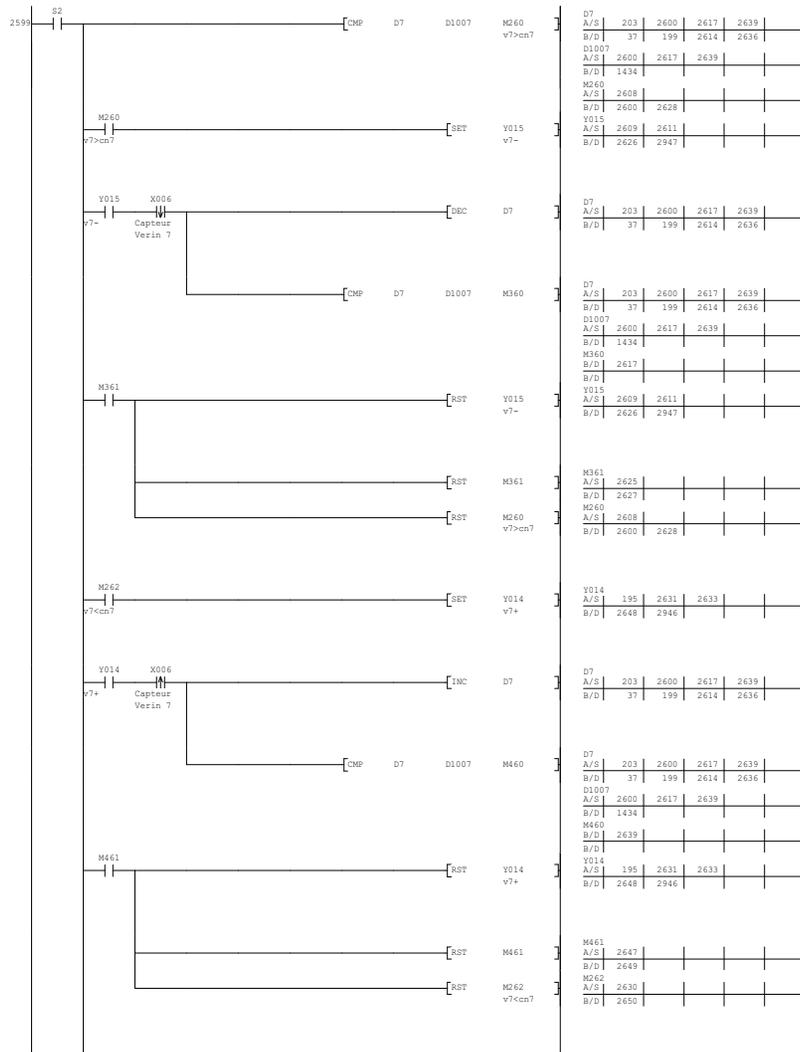
T112	A/S	2178	2183			
T112	B/D	2113	2265			
T212	A/S	2253				
T212	B/D	2184	2267			

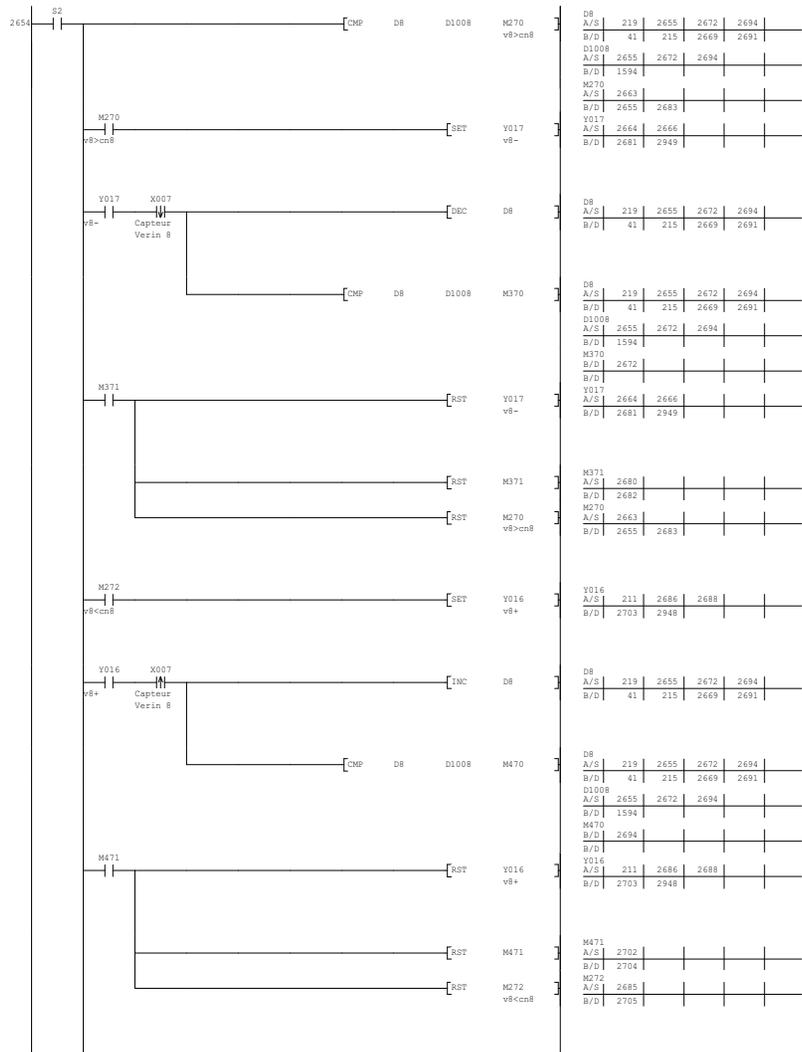
S2	A/S	2257	2264	2269	2324	2379
S2	B/D	2	307	313	2958	
S2	A/S	2434	2489	2544	2599	2654
S2	B/D					
S2	A/S	2709	2764	2819	2874	2929
S2	B/D					
S21	A/S	2094	2097	2104	2112	2177
S21	B/D	341	491	651	811	971
S21	A/S	2182	2252			
S21	B/D	1131	1291	1451	1611	1771
S21	A/S					
S21	B/D	1931	2260			
S1	A/S	309	315	317	330	481
S1	B/D	1	2262			
S1	A/S	496	641	656	801	816
S1	B/D					
S1	A/S	961	976	1121	1136	1281
S1	B/D					
S1	A/S	1296	1441	1456	1601	1616
S1	B/D					
S1	A/S	1761	1776	1921	1936	2081
S1	B/D					
S1	A/S	2096	2241			
S1	B/D					

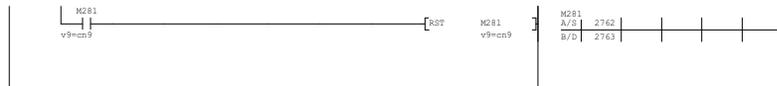
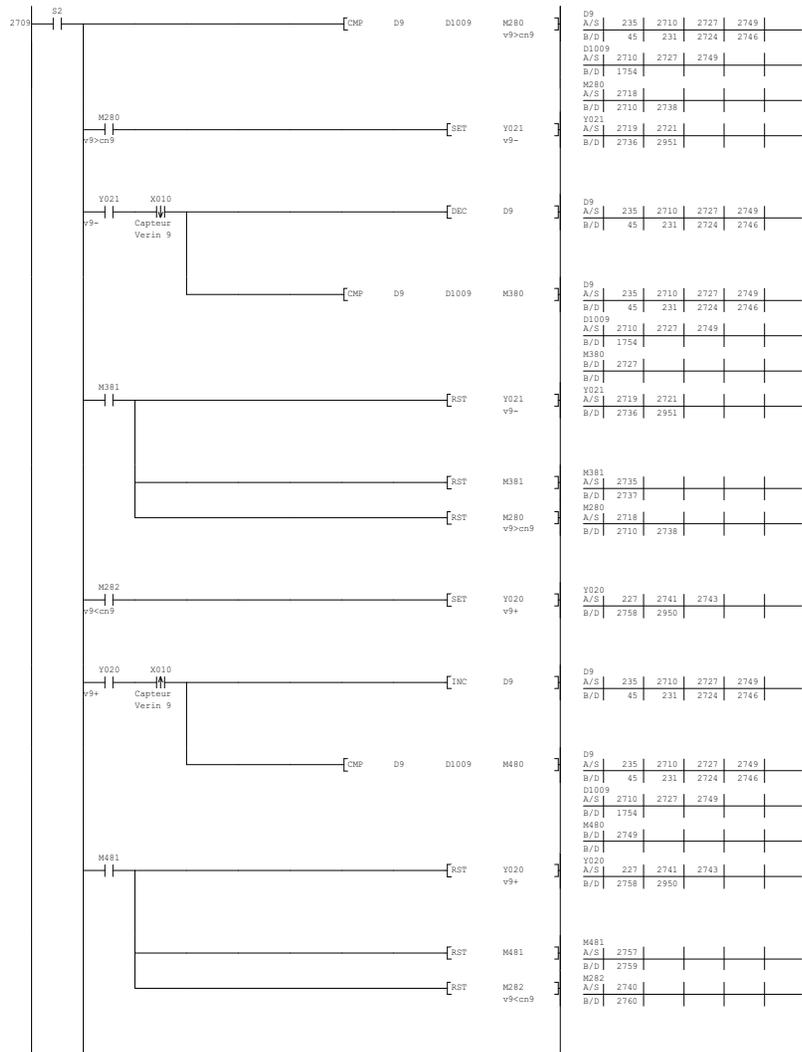




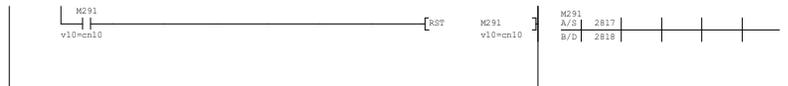
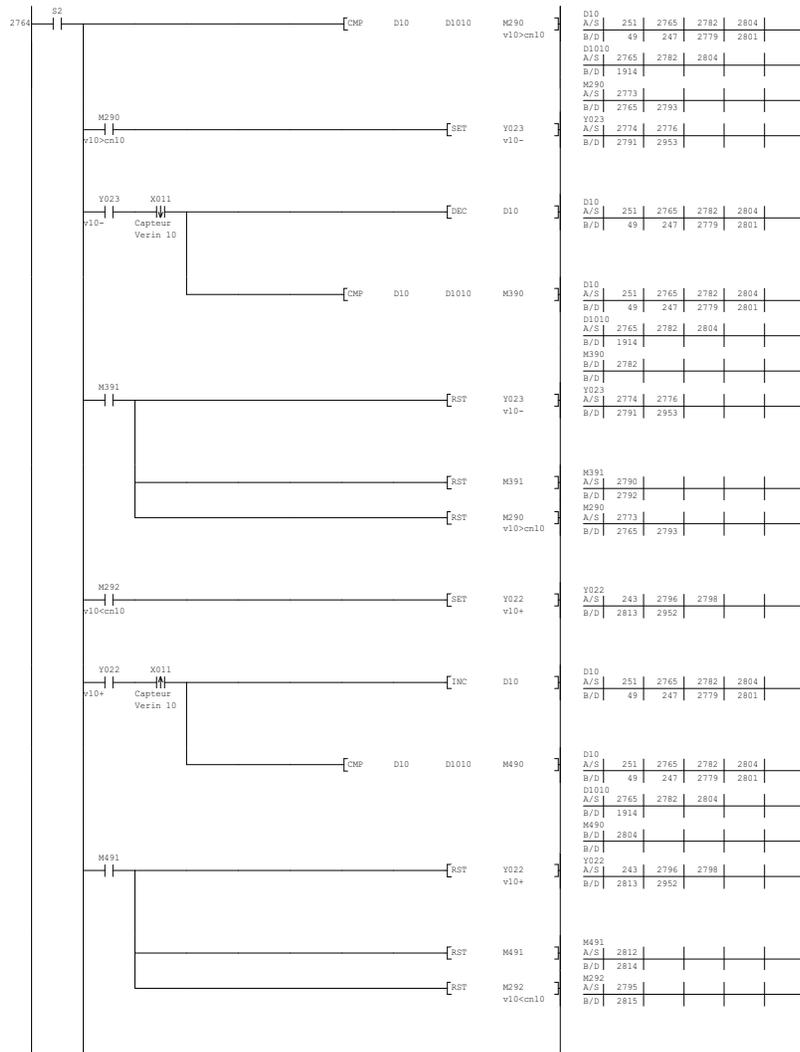








D9	A/S	235	2710	2727	2749
D9	B/D	45	231	2724	2746
D1009	A/S	2710	2727	2749	
D1009	B/D	1754			
M280	A/S	2718			
M280	B/D	2710	2738		
Y021	A/S	2719	2721		
Y021	B/D	2736	2951		
D9	A/S	235	2710	2727	2749
D9	B/D	45	231	2724	2746
D1009	A/S	2710	2727	2749	
D1009	B/D	1754			
M380	B/D	2727			
Y021	A/S	2719	2721		
Y021	B/D	2736	2951		
M381	A/S	2735			
M381	B/D	2737			
M280	A/S	2718			
M280	B/D	2710	2738		
Y020	A/S	227	2741	2743	
Y020	B/D	2758	2950		
D9	A/S	235	2710	2727	2749
D9	B/D	45	231	2724	2746
D1009	A/S	2710	2727	2749	
D1009	B/D	1754			
M480	B/D	2749			
Y020	A/S	227	2741	2743	
Y020	B/D	2758	2950		
M481	A/S	2757			
M481	B/D	2759			
M282	A/S	2740			
M282	B/D	2760			



D10	251	2765	2782	2804
A/S	49	247	2779	2801
B/D				
D1010				
A/S	2765	2782	2804	
B/D	1914			
M290				
A/S	2773			
B/D	2765	2793		
Y023				
A/S	2774	2776		
B/D	2791	2953		

D10	251	2765	2782	2804
A/S	49	247	2779	2801
B/D				
D1010				
A/S	2765	2782	2804	
B/D	1914			
M390				
A/S	2782			
B/D				
Y023				
A/S	2774	2776		
B/D	2791	2953		

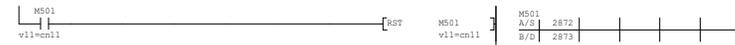
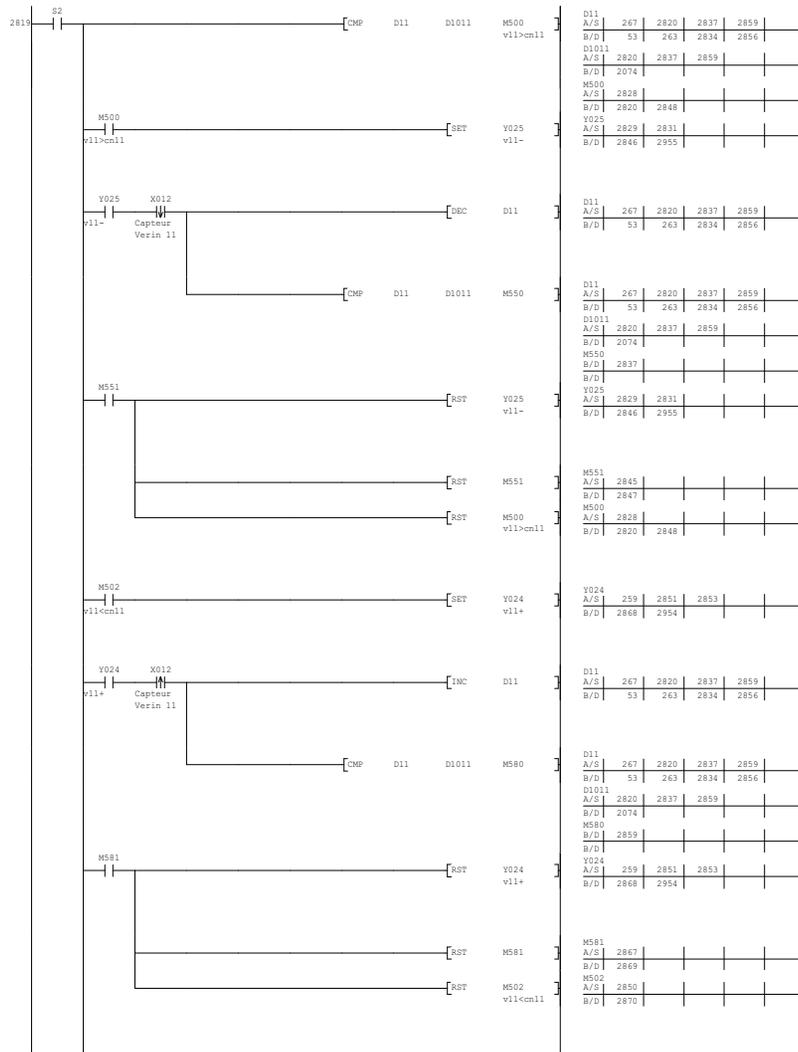
M391				
A/S	2790			
B/D	2792			
M290				
A/S	2773			
B/D	2765	2793		

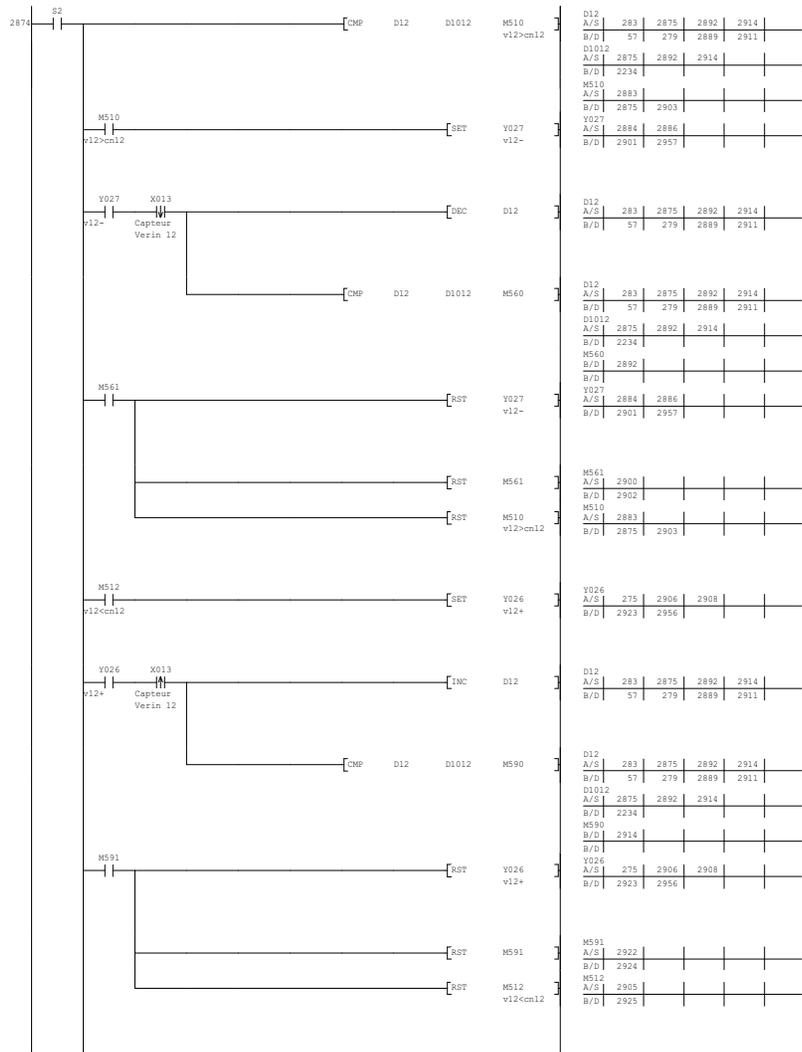
Y022	243	2796	2798	
A/S	2813	2952		
B/D				

D10	251	2765	2782	2804
A/S	49	247	2779	2801
B/D				
D1010				
A/S	2765	2782	2804	
B/D	1914			
M490				
A/S	2804			
B/D				
Y022				
A/S	243	2796	2798	
B/D	2813	2952		

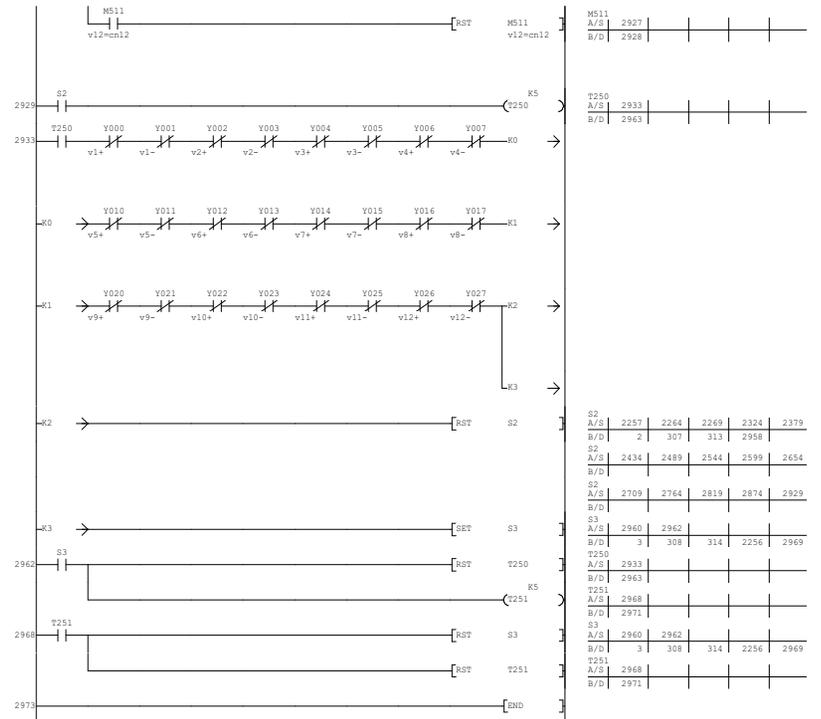
M491				
A/S	2812			
B/D	2814			
M292				
A/S	2795			
B/D	2815			

M291	2817			
A/S	2818			
B/D				





D12	A/S	283	2875	2892	2914
D12	B/D	57	279	2889	2911
D1012	A/S	2875	2892	2914	
D1012	B/D	2234			
M510	A/S	2883	2903		
M510	B/D	2875	2903		
M560	A/S	2884	2886		
M560	B/D	2901	2957		
M561	A/S	2900			
M561	B/D	2902			
M510	A/S	2883	2903		
M510	B/D	2875	2903		
Y026	A/S	275	2906	2908	
Y026	B/D	2923	2956		
D12	A/S	283	2875	2892	2914
D12	B/D	57	279	2889	2911
D1012	A/S	2875	2892	2914	
D1012	B/D	2234			
M590	A/S	2914			
M590	B/D	2914			
Y026	A/S	275	2906	2908	
Y026	B/D	2923	2956		
M591	A/S	2922			
M591	B/D	2924			
M512	A/S	2905			
M512	B/D	2925			



M511	A/S	2927			
M511	B/D	2928			
T250	A/S	2933			
T250	B/D	2963			
S2	A/S	2257	2264	2269	2324
S2	B/D	2	307	313	2958
S2	A/S	2434	2489	2544	2599
S2	B/D	2709	2764	2819	2874
S3	A/S	2960	2962		
S3	B/D	3	308	314	2256
T250	A/S	2933			
T250	B/D	2963			
T251	A/S	2968			
T251	B/D	2971			
S3	A/S	2960	2962		
S3	B/D	3	308	314	2256
T251	A/S	2968			
T251	B/D	2971			

Résumé:

Considérant le vieillissement de la population, la prévention des escarres est devenue l'une des occupations majeures des hôpitaux et des centres de long séjour. Le but de notre travail est de concevoir et réaliser un support confortable, capable de prévenir la formation des escarres d'une manière autonome et efficace.

La formation d'une escarre est le résultat de plusieurs paramètres physiologiques et physiques, mais la pression d'interface présente le facteur majeur dans ce mécanisme de formation. Nous nous intéressons alors dans cette étude à minimiser l'impact de ce paramètre.

Afin d'assurer une régulation automatique de la répartition des pressions d'interface sur les différentes parties du corps, il est primordiale de pouvoir mesurer la valeur de la pression d'interface sur chaque zone.

L'analyse de ces valeurs de pression par notre système de contrôle permet de détecter les zones à risque et les supprimer. Pour agir sur les parties du corps présentant un risque d'escarre, le système est équipé d'un ensemble d'actionneurs capables de modifier la morphologie du support. La commande de ces actionneurs est assurée par un algorithme de commande conçu spécialement pour notre application.

Cet algorithme utilise les informations sur la répartition réelle des pressions et calcule les valeurs consigne des actionneurs qui permettront d'optimiser la répartition des pressions d'une manière à assurer un risque de formation d'escarre minimal.

Mots clés : prévention d'escarre, algorithme de commande, modèle mécanique d'un corps humain, support actif, système dynamique, pression d'interface.

Abstract:

Having regarded the aging population, the ulcer prevention has become a major concern of hospitals and other long-stay facilities. The goal of our study is to design and made a comfortable bed which will prevent the ulcer formation in an effective and autonomous way.

The ulcer formation is the result of several physiological and physical parameters, but the interface pressure is the major factor in this formation mechanism. Then this study will be focused on this parameter to minimize his impact.

To ensure an automatic control of the interface pressure distribution on the different body parts, the system must be able to measure the interface pressure value on all of the body parts.

The analysis of these pressure values by our control system, allows the detection of risk areas and their removing. To act on the body zones with a risk of ulcers, the system is equipped with a set of actuators able to change the morphology of the device. The control of these actuators is provided by an algorithm designed specifically for our application.

This algorithm uses information of the actual pressure distribution, and computes the set values of actuators which optimize the pressure distribution in a way to insure the lowest risk level, of ulcer formation.

Keywords: ulcer prevention, control algorithm, mechanical human body model, actif device, dynamic system, interface pressure.