

Manuel de formation

G-Pad

MANUEL FORMATION G-PAD

ATTENTION

Ce manuel est un support à la formation G-Pad dispensée par les techniciens ou agents ROMER.

Il permet de suivre le cours de cette formation et permet à l'opérateur de s'y référer ultérieurement en cas de difficulté.

Il ne se substitue en aucun cas au Manuel Utilisateur G-Pad.

Il est d'autre part conseillé aux opérateurs d'y ajouter leurs notes personnelles, appliquées à leur utilisation directe et cas concrets.

Gestion du document

Release 2 : Remise à jour du document, standardisation (05/01/03)

Release 1 : traduction à partir du document anglais(05/11/03)

Programme

A- PRESENTATION GENERALE

A-1 PRESENTATION DU BRAS DE MESURE : une machine de mesure tridimensionnelle portable.

- A-1-1 Composition
- A-1-2 Caractéristiques
- A-1-3 Contraintes

A-2 PRESENTATION DE G-PAD : Système d'exploitation pour la mesure et l'inspection

- A-2-1 Liaison avec le bras de mesure
- A-2-2 Architecture matérielle
- A-2-3 Caractéristiques
- A-2-4 Rapport sous Excel
- A-2-5 Option niveau II : Macro-commandes et liaison AutoCAD
- A-2-6 Aide en ligne

A-3 MISE EN ROUTE

- A-3-1 Installation
- A-3-2 Lancement de G-Pad

A-4 FONCTIONNEMENT

- A-4-1 Initialisation du bras
- A-4-2 Fonctionnement de la commande à distance
- A-4-3 Le concept : CAHIER
- A-4-4 Changement de capteurs
- A-4-5 Présentation de l'écran principal G-Pad : L'INTERFACE

B- CREATION – MESURE - CALCUL

B-1 BOUTON DE MESURE : LA REGLE

- B-1-1 Plan
- B-1-2 Droite
- B-1-3 Point
- B-1-4 Cercle
- B-1-5 Cylindre
- B-1-6 Sphère
- B-1-7 Ensemble de points
- B-1-8 Cône

B-2 BOUTON DE CALCUL : LA CALCULATRICE

- B-2-1 Angle
- B-2-2 Compensation
- B-2-3 Création
- B-2-4 Déplacer
- B-2-5 Distance
- B-2-6 Extraction
- B-2-7 Inspection
- B-2-8 Inversion
- B-2-9 Intersection
- B-2-10 Modification
- B-2-11 Organisation d'entités
- B-2-12 Projection
- B-2-14 Rotation
- B-2-15 Symétrie
- B-2-16 Translation

B-3 BOUTON DE CREATION : LE CRAYON

- B-3-1 Plan
- B-3-2 Droite
- B-3-3 Point
- B-3-4 Cercle
- B-3-5 Cylindre
- B-3-6 Sphère
- B-3-7 Ensemble de points
- B-3-8 Angle
- B-3-9 Longueur
- B-3-10 Cône

C- MESURES SPECIFIQUES

- C-1 Référentiels
 - C-1-1 Méthode Plan-Droite-Point
 - C-1-2 Méthode Best-Fit
 - C-1-3 Méthode Point Dur
 - C-1-4 Méthode 3-2-1
 - C-1-5 Protection en référentiels
- C-2 Mesure Guidée
 - C-2-1 Localisation
 - C-2-2 Section
 - C-2-3 Cercle
 - C-2-4 Proximité

C-3 Mesure Automatique

C-4 Tolérancement

D- LES MENUS

D-1 MENU « FICHER »

D-2 MENU « EDITION »

D-3 MENU « AFFICHAGE »

D-4 MENU « OPTIONS »

D-5 MENU « MAINTENANCE »

D-6 MENU « AIDE »

E- MESURE DE TUBE

E-1 Programmation d'un tube Théorique

E-2 Mesure d'un Tube

E-3 Inspection

F- GESTIONS DES DONNEES

F-1 LES CAHIERS

F-2 LES PAGES

F-3 LES GROUPES D'ENTITES

F-4 LES REFERENTIELS

G- FONCTIONS EVOLUEES

G-1 REPRESENTATION GRAPHIQUE 3D

G-1-1 Visualisation 3D

G-1-2 Définition des couleurs

G-1-3 Affichage du nom d'une entité visualisé

G-1-4 Vue de face

G-1-5 Vue de côté

G-1-6 Vue de dessus

G-1-7 Rotation dynamique

G-1-8 Rendu réaliste ou filaire

G-1-9 Représentation graphique pendant la mesure

G-2 RAPPORT D'IMPRESSION

G-2-1 Edition d'un rapport

G-2-2 Exemples de rapports types

G-2-3 Construction d'un rapport personnalisé

MANUEL FORMATION G-PAD

G-3 AUTOCAD : G-PAD NIVEAU II

- G-3-1 Présentation
- G-3-2 Utilisation
- G-3-3 Boîte à Outils G-Pad

G-4 MACRO-COMMANDES : G-PAD NIVEAU 2

- G-4-1 Principe
- G-4-2 Enregistrement par apprentissage
- G-4-3 Exécution
- G-4-4 Gestion des macro-commandes

H- APPLICATION TYPE

- H-1 Application de la mesure sur une pièce type de l'utilisateur
- H-2 Etude des cas d'application, et problèmes rencontrés par l'utilisateur

I- LOGICIELS ANNEXES

- I-1 DRIVERS GDS
- I-2 CONVERTISSEUR G-CONV

J- MAINTENANCE -LOGICIEL GDS

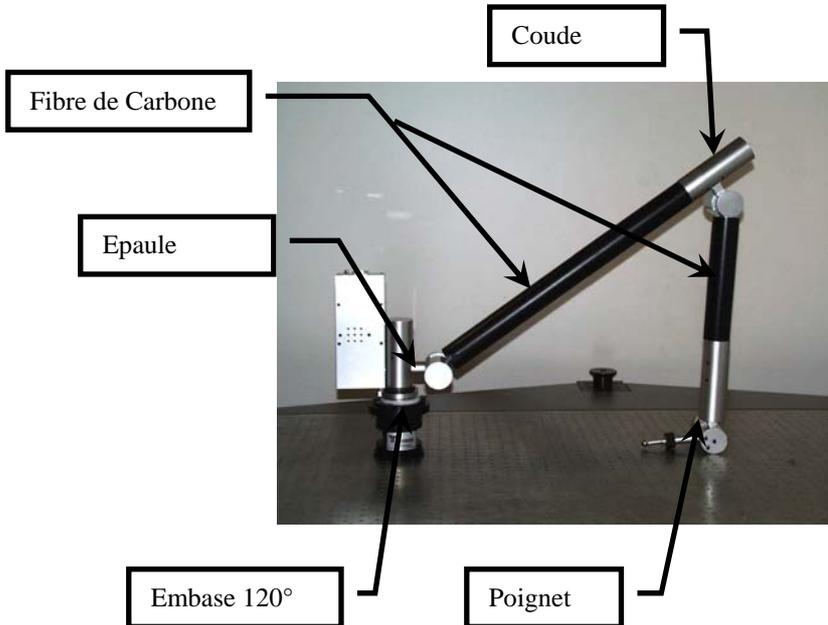
- J-1 Maintenance Physique
- J-2 CHARGEMENT DES DONNEES DU BRAS
- J-3 VERIFICATION, MAINTENANCE CURATIVE
- J-4 FICHER « G-TECH.TXT »
- J-5 INFO G-PAD

Nota : Lors de la formation, les futurs utilisateurs peuvent demander une personnalisation de la formation .Le formateur adapte alors le contenu de la formation.

A- PRESENTATION GENERALE

A-1 PRESENTATION DU BRAS ROMER: une machine de mesure 3D portable.

A-1-1 Composition



Les Bras ROMER sont constitués de 3 éléments principaux:

L'Epaule : 2 Axes (A & B), c'est la base du bras, qui est fixée sur l'embase 120° et qui supporte le Boîtier Electronique (contenant la Carte Série (6 ou 8 axes) et les cartes EXE (A et B pour Armony/ABC pour Arm100 /ABCDEF pour Arm 2000)).

Le Coude: 2 axes (C&D), c'est cette articulation que vient soutenir l'équilibre. Pour Armony, il contient les cartes EXE de ces axes.

Le Poignet: 2 axes (E&F), extrémité du bras sur laquelle est monté le capteur. C'est aussi le poignet qui contrôle la souris du bras : les 2 axes contrôlent la mouvement de la souris, et les boutons contrôlent le clic Gauche et le clic droit.

A-1-2 Caractéristiques

Le BRAS est composé en fibre de carbone, et en aluminium anodisé. Sur chaque axe, est monté un codeur haute résolution à incrémentation (la taille et résolution des codeurs dépendent du type de bras).

Selon les modèles, le bras peut être utilisé avec ou sans équilibrage (cf. tableau). L'utilisation est en règle générale plus confortable avec équilibrage.

Une valise de transport est fournie pour protéger le bras lorsque celui-ci n'est pas utilisé ou lors d'un transport.

A-1-3 Contraintes

Le BRAS portable 3D n'est pas fragile en condition normale d'utilisation. En utilisation, il est recommandé de prendre soin de chocs éventuels pouvant endommager sa précision, en particulier lorsqu'il est utilisé sans équilibrage (attention de ne pas le laisser tomber).

Le BRAS utilise une alimentation fournie par un boîtier transformateur intercalé entre le port série de l'ordinateur (COM1) et le BRAS. L'alimentation de ce boîtier peut être de deux natures (adaptation automatique au secteur):

- 220 Volts / 50 Hertz
- 110 Volts / 60 Hertz

Comme tout système électrique, prendre soin des variations de tension d'alimentation. Si celles-ci sont nombreuses et fortes, il est recommandé d'utiliser un régulateur – onduleur entre l'alimentation et la valise informatique (ou le Boîtier noir d'alimentation du bras).

La Station de Travail Portable permet aussi d'éviter ces problèmes, en travaillant sur batterie.

MANUEL FORMATION G-PAD

En montant le bras, s'assurer que l'embase est bien fixée

A-2 PRESENTATION de G-Pad :

A-2-1 Connexion avec le Bras de mesures

Un simple câble série Femelle est connecté entre la valise informatique (ou le boîtier noir d'alimentation du bras) et le boîtier électronique du bras. La configuration des connecteurs ne permet pas d'erreur possible dans les branchements. (cf. schéma de connexion)

A-2-2 Matériel

G-Pad est un logiciel fonctionnant sous Windows NT4. Il peut être installé sur un ordinateur de bureau ou un portable et nécessite une configuration minimale:

- Pentium III ou plus.
- Windows NT 4 service pack 5 ou plus
- Disque dur d'1GB minimum
- 64 Mb RAM Minimum.
- Ecran 1024x768 en couleurs 32 bits.
- Un port série
- Un port parallèle
- Un Lecteur Cd-rom
- Un Lecteur de disquettes

A-2-3 Caractéristiques techniques

G-Pad est fourni avec un Cd-rom d'installation, un code Licence (à l'intérieur de la pochette CD) et une Clé Logiciel.

Pour installer G-Pad, se conformer à la notice d'installation incluse dans le manuel

Une disquette de Sécurité fournie avec le Bras contient les données de calibrage (se rapporter à la section concernant la Maintenance)

MANUEL FORMATION G-PAD

A-2-4 IGES-Excel-ASCII Import / Export

G-Pad a une interface IGES. G-Pad peut exporter et importer des entités géométriques comme des points, plans, cercles...

Par défaut, les éléments exportés en IGES sont sauvés sous *C:\program files\G-Pad\IGES*.

Export: Il n'est pas nécessaire de spécifier l'extension *.igs* lorsque l'on exporte, celle-ci est automatiquement ajoutée.

A-2-5 Rapport sous Excel

G-Pad possède un lien avec Microsoft Excel afin d'éditer des rapports. Pour ceci, Excel doit être installé sur l'ordinateur ROMER.

A-2-6 Macro -Programmes et AutoCAD

G-Pad possède un lien direct avec AutoCAD Mechanical Desktop 3D (R14 mini). Pour cela, Autocad doit être installé sur l'ordinateur ROMER.

On peut enregistrer des Macros -Commandes dans G-Pad pour les opérations répétitives, incluant des sous-macros et des messages :

- Images Bitmap (*.bmp)
- Texte brut
- Sons Wave (*.wav)

A-2-7 Aide

A-3 DEMARRAGE

A-3-1 Installation du système

Fixer l'embase 120° sur une position stable.

Poser le bras dessus, et serrer la molette à la main.

Connecter le câble série entre le bras et la valise informatique (ou le boîtier d'alimentation noir).

Connecter le cordon DIN DIN entre le Bras et le Capteur du Rail (optionnel)

Vérifier que la (les) clé(s) logiciel est (sont) connectée(s) au port parallèle de l'ordinateur.

Vérifier la connexion entre le boîtier d'alimentation noire et le port série (Com1) de l'ordinateur.

A-3-2 Démarrage de G-Pad

Allumer le boîtier d'alimentation noir (ou la valise informatique).

Un **double bip** (dans le cas d'une carte série 8axes) ou un simple bip (cable série 6axes) doit alors être émis.

Allumer l'ordinateur.

Démarrer Windows NT4 en appuyant simultanément sur les touches "CTRL ALT – SUPPR"; entrez votre mot de passe et validez (par défaut il n'y a pas de mot de passe).

Une fois sous l'écran Windows, **double-cliquez** sur l'icône G-Pad.

G-Pad se lance alors.



G-Pad

ICÔNE G-Pad

MANUEL FORMATION

G-PAD

A-4 FONCTIONNEMENT

A-4-1 Initialisation du Bras.

Au démarrage du logiciel, l'initialisation des axes (Reset) est automatiquement demandée (sauf si l'alimentation du bras n'a pas été coupée depuis la dernière session de mesures). Cette opération consiste à faire passer chacun des codeurs devant sa position Zéro :

- Reset de l'axe A: amener le codeur vers le "devant" du Bras.
- Reset de l'axe B : amener le premier tube du bras à l'horizontale
- Reset de l'axe C : amener le 2ème tube du bras à la verticale, vers le bas.
- Reset de l'axe D : les deux tubes doivent faire un angle de 90°.
- Reset de l'axe E : avant de lancer le logiciel, amener le codeur en butée, puis revenir d'un tour (position milieu).
- Reset de l'axe F : Codeur en position milieu
- Reset de l'axe G (rail linéaire optionnel) : déplacer le chariot du rail jusqu'à l'aimant noir placé au dessus de la règle numérique

Lorsque le bras est complètement initialisé, toute retour dans le logiciel après sortie ne nécessite pas de Reset tant que l'alimentation du Bras n'a pas été éteinte.

Si la connexion avec le Bras n'a pas pu s'effectuer correctement, un message d'erreur et une aide apparaissent.

A-4-2 Manipulation du Bras.

L'utilisation du bras dépend du type de bras et de l'utilisation ou non d'un équilibrage

- System6 (série 2000, 2200, 2500) sans équilibrage : tenir le « poignet » dans une main, capteur entre l'index et le majeur, pouce sur les boutons poussoirs, et le « coude » dans l'autre main.
Attention, ne pas tenir le « coude » par les caches de l'axe D
- Romer100 (Arm100) et Armony sans équilibrage : idem, en prenant soin de tenir le « coude » au niveau de la liaison Axe C- Axe D
- System6, Romer100 et Armony sur rail sans équilibrage : idem, en prenant soin de ne pas imposer d'effort sur le châssis du Rail ; déplacer le chariot soit en tirant avec le Bras, soit en poussant le chariot.
- System6, IT5, Romer100 et Armony avec équilibrage : le « coude » est soutenu par l'équilibrage, il est donc non seulement inutile mais déconseillé de le tenir, afin d'obtenir les meilleurs résultats en mesure. De plus, la deuxième main étant libérée, cela permet de tenir la pièce, ou encore d'approcher le palpeur avec doigté.
- System6, IT5, Romer00, Armony, sur Rail motorisé : l'utilisation est identique, le chariot du Rail suit automatiquement la position du capteur.
-

A-4-3 Contrôle de la souris par le Bras.

Après le Reset du Bras, l'opérateur peut contrôler le pointeur de l'ordinateur avec le poignet de celui-ci.

Ce contrôle se fait par le mouvement de axes E et F et permet 2 utilisations en fonction du bras: Vertical (E= déplacement horizontal/F= déplacement vertical)

Horizontal (E= déplacement vertical/F= déplacement horizontal)

Les boutons du bras représentent les clics droit et gauche d'une souris classique.

- Romer100 et Armony : Bouton du milieu (BP2)= clic droit, les deux autres boutons (2 BP1) = clic gauche
- System6 : Bouton du dessus (BP1) = clic gauche, Bouton du dessous (BP2)= clic droit

MANUEL FORMATION

G-PAD

NB : lors de l'utilisation d'un capteur Vé sans contact, BP2 est inactif (signal utilisé pour le faisceau2 infrarouge)

L'opérateur peut ainsi contrôler le système par la souris du bras, la souris de l'ordinateur (ou une souris externe connectée à l'ordinateur), le clavier virtuel de G-Pad (affiché à l'écran dès nécessité) ou le clavier de l'ordinateur.

A-4-4 Le concept: Le CAHIER.

Après le Reset, il faut choisir le cahier (ou directement la page) à ouvrir ; un clic sur « annuler » revient à la dernière page ouverte.

G-Pad est organisé en Cahiers et Pages (=Répertoires et fichiers). Une page pouvant être renommée (cliquer sur le nom)

A-4-5 Fonctions, sélection et utilisation des capteurs

Les capteurs peuvent être changés à tout moment:

Dévisser la molette du capteur, ôter celui-ci, placer le nouveau capteur en respectant l'orientation : le point noir doit impérativement se situer du même côté que les boutons poussoir.

Sélectionner ensuite le capteur utilisé dans la liste (cliquer sur l'icône CAPTEUR)

Certains capteurs équipés sont automatiquement reconnus et sélectionnés lorsqu'ils sont introduits dans la prise DIN



PROBE ICON

- Capteur Bille à contact : lors de la prise de points, amener simplement la bille au contact en faisant attention que ce ne soit pas la tige qui soit au contact et presser le bouton poussoir
- Capteur Pointe : attention, il s'agit d'une pointe sèche, attention donc à ne blesser personne, et à ne pas émousser la tête.
- Capteur à déclenchement automatique : deux modes sont possibles :
 - prise de point automatique à chaque fois que le palpeur entre en contact avec la surface
 - prise de point automatique uniquement si l'opérateur a au préalable cliqué sur BP1
- Capteur laser (PLA) : le capteur doit être dans une fourchette de distance afin de pouvoir prendre un point ; en dehors (trop loin ou trop près), l'action d'un clic sera sans effet ; pour que le capteur soit dans la fourchette de mesure, il suffit d'aligner les deux faisceaux (point et segment).
- Vé sans contact (mesure de tube) : cf. §E
- Capteur utilisé avec une rallonge capteur : plus la rallonge est longue, plus elle risque d'être flexible ; il convient donc de manipuler le capteur sans exercer de pression.

MANUEL FORMATION G-PAD

A-4-5 Présentation de l'écran principal G-Pad.

On distingue 3 zones sur l'écran principal G-Pad:

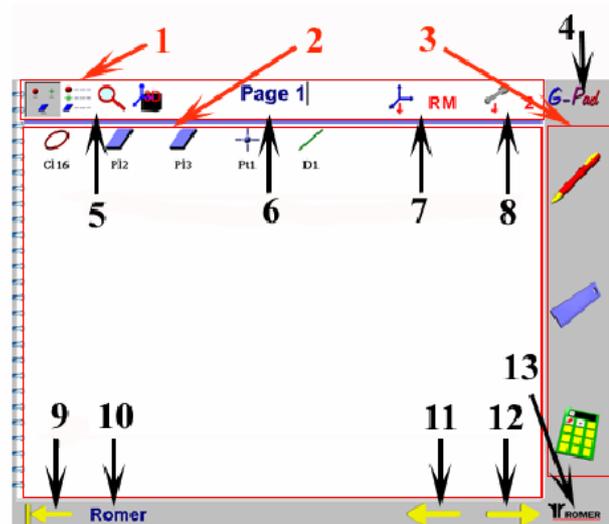
- 1: Zone de gestion:
 5: Mode d'affichage
 (Icônes/Liste/Loupe/3D)
 6: Nom de la Page (cliquer
 dessus pour renommer)
 7: Référentiel actif (et sélection)
 8: Capteur actif (et changement)

2: Zone d'affichage: selon le mode
 sélectionné, elle présente toutes les entités
 mesurées (en bleu), calculées (en vert)
 et théoriques (en rouge).

- 3: Zone de travail:
 Stylo: programmation des théoriques.
 Règle: mesures.
 Calculatrice: calculs géométriques.

Autres informations:

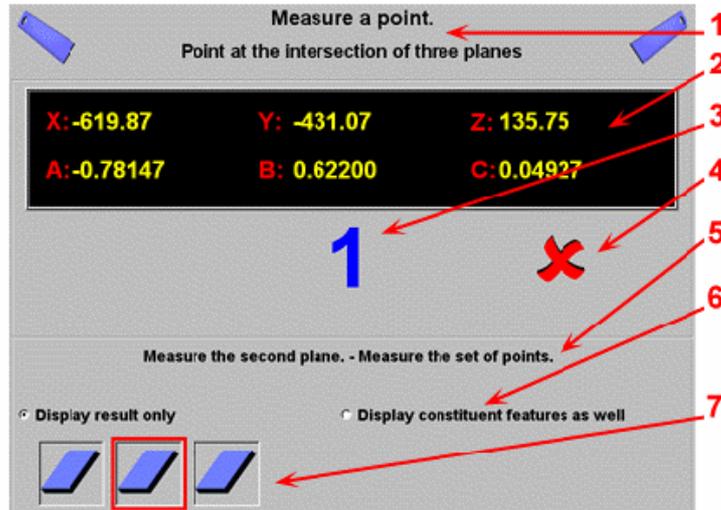
- 4: Réduction (en barre de tâches Windows).
 9: Sommaire du cahier en cours.
 10: Nom du cahier en cours.
 11: Page précédente.
 12: Page suivante.
 13: Appel de la boîte à outils rapide (macros).



B- CREATION – MESURE – CALCUL

B-1 BOUTON DE MESURE: LA REGLE

Pour mesurer, sélectionner la règle: G-Pad présente tous les éléments mesurables; pour certains éléments, des sous-menus sont disponibles permettant de mesurer l'entité par une autre façon (chaque sous-menu est composé de plusieurs icônes ne formant qu'un bouton et indiquant l'ordre des éléments à palper). Une fois l'élément sélectionné, on arrive à l'écran de mesures :



- 1: Annule la mesure et retourne à l'écran principal (CLIC DROIT)
- 2: Coordonnées du centre du capteur en temps réel par rapport au référentiel actif
- 3: Nombre de points palpés
- 4: Efface le dernier point palpé (CLIC DROIT)
- 5: Rappel de l'élément à palper
- 6: Choix entre "afficher uniquement le résultat" ou "afficher aussi les éléments constituant"
- 7: Evolution de la mesure:
 - Rouge : pas assez de point pour valider
 - Vert : le minimum de point est atteint

Pour prendre un point, effectuer un clic Gauche sur le BP1.

Pour effacer le dernier point palpé, effectuer un clic DROIT (BP2) sur la croix rouge.

Pour terminer la mesure de l'entité, faire un clic long : Maintenir appuyé BP1 jusqu'à entendre un signal sonore, puis relâcher BP1 (environ 1s)

Conseil : Afin d'obtenir le meilleur résultat possible :

- mesurer au moins un point de plus que le minimum théorique
- plus la surface risque d'être rugueuse, plus il faut palper de points
- éviter de mettre le capteur perpendiculaire à la surface (effort maximum) mais le décaler de plusieurs degrés (l'axe E ou F tourne alors et « absorbe l'effort »)
- Laisser l'équilibrage jouer son rôle seul sans appuyer sur le coude du bras : cela permettra d'aider le capteur à se positionner précisément avec l'autre main.
- Si la nécessité d'appuyer sur le coude du bras se présente, appuyer directement sur la fourche de l'équilibrage
- Pour tout élément, prendre une surface de palpation la plus large possible (dans son domaine de validité), surtout si c'est en vue d'un référentiel

MANUEL FORMATION

G-PAD

On abouti alors à la fenêtre de résultat pouvant présenter les caractéristiques suivantes

- Un NOM (il est possible de le modifier dès la visualisation du résultat en cliquant dessus)
- Un POINT MILIEU de coordonnées X ,Y ,Z
- Un VECTEUR de coordonnées A, B, C (resp. par rapport aux axes X, Y, Z)
- Une LONGUEUR
- Une HAUTEUR
- Un ANGLE

Au résultat une valeur de BEST-FIT peut être affichée : il s'agit du défaut de forme de l'élément mesuré (Ecart maximum entre les points mesurés et l'élément moyen obtenu).

Cette valeur est représentative soit du défaut de forme Réel de l'élément, soit d'une mauvaise mesure (Point mesuré 'en l'air', capteur mal sélectionné, ...) (cf. Annexe)

Pour la validation de ce résultat, se référer au § B1

B-1-1 Plan

2 solutions pour mesurer un plan:

- Mesure directe d'un plan par au moins 3 points.
- Mesure par 2 lignes.

Le Plan résultant est automatiquement compensé du diamètre capteur (en fonction de l'orientation de celui-ci) et est associé à un diamètre de capteur nul (cf. Annexe)

NB : Pt Milieu = Barycentre des points mesurés
Vecteur = Vecteur normal

! : Les points mesurés ne doivent pas être alignés.

B-1-2 Droite

3 solutions pour mesurer une droite:

- Mesure directe d'une droite par au moins 2 points. (non compensée)
- Mesure par l'intersection de 2 Plans mesurés (compensée automatiquement par les plans).
- Mesure d'une droite projetée sur un plan (non compensée).

NB : Pt Milieu = Barycentre des points mesurés
Vecteur = Vecteur directeur (Axe de la droite)

! : L'orientation de la droite d'intersection est définie par la règle du trièdre direct ('Main Droite, Tire-bouchon..), et donc par l'ordre de mesure des 2 Plans (Pouce=1^{er} Plan ; Index=2^{ème} Plan ; Majeur=Droite résultante)

B-1-3 Point

4 solutions pour mesurer un point:

- Mesure direct d'un point par au moins 1 point (non compensé).
- Mesure par l'intersection de 3 Plans compensé automatiquement par les plans).
- Mesure d'un point projeté sur un plan .
- Mesure par l'intersection de 2 droites mesurées (non compensé).

NB: Pt Milieu = Barycentre des points mesures
Vecteur : un vecteur est associé au point, il s'agit de l'orientation moyenne du capteur

B-1-4 Cercle

La mesure d'un cercle doit suivre des règles précises :

- tous les points mesurés doivent se trouver à la même hauteur (sur un cylindre)
- de même ils doivent tous être mesurés sur le même diamètre (sur un évasé)
- les points doivent couvrir au moins 120°

La compensation d'un cercle est définie par l'utilisateur lui-même : interne (alésage) ou externe.

MANUEL FORMATION G-PAD

3 solutions pour mesurer un cercle:

- Mesure directe par au moins 3 points (s'assurer du respect des 2 règles).
- Mesure d'un cercle projeté sur un plan (le plan doit être parallèle au cercle).
- Mesure guidée (cf. § C-2-3)

NB: Pt Milieu = Centre du cercle
 Vecteur = Vecteur normal
 Longueur = Diamètre

B-1-6 Sphère

La compensation d'une sphère est définie par l'utilisateur lui-même : interne ou externe (bille).

La mesure d'une sphère se fait par au moins 4 points

NB : Pt Milieu = Centre de la sphère
 Pas de vecteur associé
 Longueur = Diamètre

! Les points mesurés ne doivent pas se situer dans un même plan

B-1-7 Ensemble de points

3 solutions pour mesurer un ensemble de points (ou nuage de points):

- Mesure directe d'un ensemble de points (1 point minimum).
- Mesure de 3 sphères, on obtient un ensemble de 3 points constitué des centres des sphères.
- Mesure d'un ensemble de points projetés sur un plan (tous les points sont projetés sur le même plan).

NB: Pt Milieu affiché : Barycentre des points mesurés
 Vecteur affiché : Vecteur moyen du capteur

B-1-5 Cylindre

La compensation d'un cylindre est définie par l'utilisateur lui-même : interne (alésage) ou externe.

La mesure d'un cylindre se fait en deux temps :

- mesure de la 1^{ère} extrémité (3 points minimum)
- mesure de la 2^{ème} extrémité (3 points minimum)

NB : Pt Milieu = Centre du cylindre équidistant des 2 extrémités mesurées
 Vecteur = Vecteur directeur (Axe du cylindre)
 Longueur = Diamètre

B-1-8 Cône

La compensation d'un cône est définie par l'utilisateur lui-même : interne (alésage) ou externe.

La mesure d'un cône se fait en deux temps :

- mesure de la 1^{ère} extrémité (3 points minimum)
- mesure de la 2^{ème} extrémité (3 points minimum)

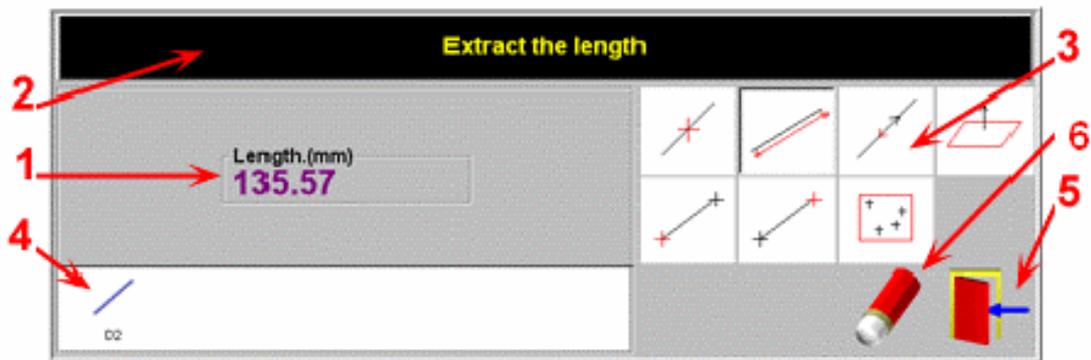
NB : Pt Milieu = Centre du cône équidistant des 2 extrémités mesurées
 Vecteur = Vecteur directeur (Axe du cylindre)
 Longueur = Diamètre

MANUEL FORMATION G-PAD

B-2 BOUTON DE CALCUL: LA CALCULATRICE

La calculatrice permet d'effectuer toute sorte de calcul géométrique: transformations, référentiels, angles...
Pour calculer un élément,

- sélectionner la calculatrice
- Sélectionner l'élément (ou les éléments) servant au calcul :
G-Pad affiche automatiquement les fonctions disponibles selon le (les) élément(s) sélectionné(s):
- Pour simplement afficher le résultat, laisser le pointeur sur la fonction désirée : au bout de quelques instants, le résultat apparaît à gauche
- Pour créer un élément correspondant au résultat, cliquer sur la fonction désirée : une entité est alors ajoutée à la zone d'affichage
- Pour certains calculs (par Ex : translation d'un plan), une fenêtre s'ouvre afin d'entre une valeur (par Ex : distance de translation)



- 1: Résultat
- 2: Descriptif du calcul sélectionné
- 3: Liste des calculs disponibles
- 4: Liste des éléments sélectionnés pour le calcul
- 5: Sortie
- 6: Désélectionner les éléments

B-2-1 Angle

3 Calculs d'angle:

- Angle entre 2 Droites
- Angle entre une droite et un plan
- Angle entre 2 plans

NB: Tenir compte du sens des vecteurs

B-2-2 Compensation

5 Calculs de compensation:

- Compensation du diamètre d'une sphère (vers l'intérieur ou l'extérieur)
- Compensation du diamètre d'un cercle (vers l'intérieur ou l'extérieur)
- Compensation du diamètre d'un cylindre (vers l'intérieur ou l'extérieur)
- Compensation du diamètre d'un cône (vers l'intérieur ou l'extérieur)
- Compensation d'un ensemble de points (courbe) obtenu par section

B-2-3 Creation

47 possibilités (non exhaustif).

Voir toutes les possibilités avec le fichier d'aide G-Pad.

Quelques exemples:

- Créer une droite passant par 2 cercles
- Créer un plan avec une droite et un point
- Créer un point à l'intersection de 3 plans
- Créer un point au milieu de 2 points
- Créer le point milieu d'une droite
- Créer un plan bissecteur (moyen) à deux plans
! Dans le cas de 2 plan //, ils doivent impérativement être orientés dans le même sens (même côté)
- Etc.

B-2-4 Déplacer

2 déplacements possibles:

- Déplacer une droite vers un point
- Déplacer un plan vers un point

B-2-5 Distance

15 calculs disponibles de distance:

Voir les possibilités dans le fichier d'aide G-Pad.

Quelques exemples:

- Distance entre 2 points (VG, DX, DY, ou DZ)
- Distance entre 1 point et 1 droite
- Distance entre 2 cercles
- Distances entre 2 ensembles de points
- Distance entre 2 plans
- Etc.

B-2-6 Extraction

20 calculs disponibles d'extraction:

Voir les possibilités dans le fichier d'aide G-Pad.

Quelques exemples:

- Extraction des points constituants d'un plan
- Extraction des points constituants d'un cercle
- Extraction d'un point à partir d'un ensemble de points
- Extraction de l'axe (droite) d'un cylindre ou d'un cône
- Extraction d'une longueur moyenne à partir de plusieurs droites ou plusieurs distances
- Extraction du diamètre d'un cercle, cylindre, sphère ou un cône
- Etc.

B-2-7 Inspection

Deux possibilités d'inspection:

- Inspection d'une longueur mesurée par rapport à une longueur théorique
- Inspection d'un angle mesuré par rapport à un angle théorique

On obtient une fenêtre d'inspection :

MEASURED	THEORETICAL	DEVIATION	
164.83	164.90	0.15	0.07
		-0.15	
<div style="background-color: #00FF00; width: 100%; height: 100%;"></div>			

La ligne est verte lorsque la valeur est dans la tolérance, du côté gauche lorsque la valeur mesurée est inférieure à la théorique, du côté droite si supérieure.

La ligne est rouge lorsque la valeur est hors tolérance.

B-2-8 Intersection

4 calculs d'intersection disponibles:

- Point à l'intersection de 3 plans
- Point à l'intersection d'une droite et un plan
- Point à l'intersection de 2 droites
- Droite à l'intersection de 2 plans

B-2-9 Inversion

11 possibilités d'inversion:

Voir les possibilités dans le fichier d'aide G-Pad.

Quelques exemples:

- Inverser le vecteur normal d'un plan
- Inverser le vecteur directeur d'une droite
- Inverser le vecteur directeur d'un cylindre
- Inverser la numérotation d'un ensemble de points
- Permuter les axes d'un référentiel (exemple: XYZ => ZXY)
- Etc.

Inverser un vecteur est utile pour obtenir un angle complémentaire par exemple:

- Angle entre deux plans: 80 degrés
- Angle entre les deux même plans, mais dont un est inversé: 100 degrés

B-2-10 Modification

3 possibilités de modifier une entité:

- Appliquer le vecteur normal d'un plan à un ensemble de points
- Appliquer le vecteur normal d'un plan à un point
- Facteur d'échelle pour tout type d'entité

B-2-11 Réorganisation

Réorganise un ensemble de points dans l'ordre adjacent en partant du premier point.

Fonction très utilisée avec les sections afin d'obtenir une polyligne régulière.

B-2-12 Projection

5 possibilités de projection:

- Projection d'un point sur un plan
- Projection d'un ensemble de points sur un plan
- Projection d'un point sur une droite
- Projection d'une droite sur un plan
- Projection d'un ensemble de points sur une droite

B-2-14 Rotation

9 possibilités de rotation:

Voir les possibilités dans le fichier d'aide G-Pad.

Quelques exemples:

- Faire tourner un point autour d'une droite
- Faire tourner un plan autour d'une droite
- Faire tourner un référentiel autour d'une droite
- Faire une symétrie par rapport à une droite : faire tourner l'élément de 180°
- Etc.

NB : Si une Cellule Angle est sélectionnée, la rotation prendra cet angle par défaut

B-2-15 Symétrie

8 possibilités de symétrie (tout élément) par rapport à un plan

NB : La symétrie par rapport à une droite s'effectue en faisant une rotation de 180°

B-2-16 Translation

24 possibilités de translation:

Voir les possibilités dans le fichier d'aide G-Pad.

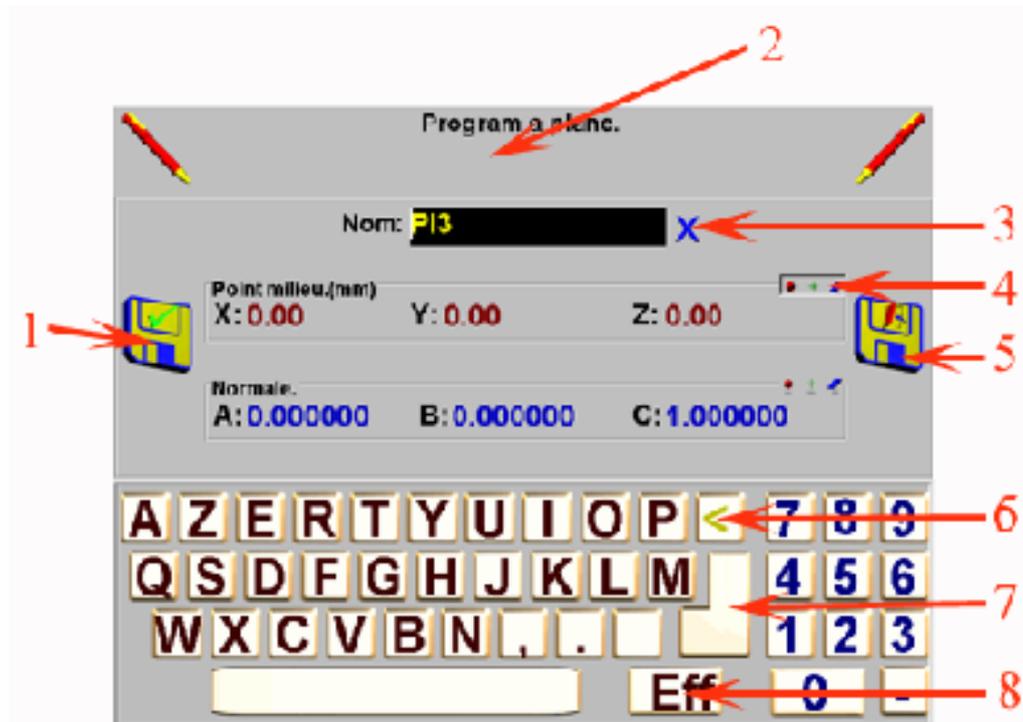
Quelques exemples:

- Translation d'un point selon le vecteur d'une droite
- Translation d'un plan selon son propre vecteur
- Etc.

MANUEL FORMATION G-PAD

B-3 BOUTON DE CREATION: LE STYLO

Pour programmer un élément théorique, cliquer sur le stylo, G-Pad présente les possibilités de création; Pour chaque élément, on obtient alors le même type d'écran :



- 1: Valide et retourne à l'écran de création
- 2: Annule la création et retourne à l'écran principal
- 3: Sélection du mode programmation des tolérances (X : sans tol ; X +/- : avec tol)
- 4: Récupère les valeurs disponibles sur la page G-Pad
- 5: Valide et retourne à l'écran principal
- 6: Efface le dernier caractère
- 7: Passe au champ suivant
- 8: Efface le champ

Plan
Droite
Point
Cercle
Cylindre
Sphère
Ensemble de points
Angle
Longueur
Cône

C- MESURES SPECIFIQUES

C-1 Référentiels

Un changement de Référentiel (ou Dégauchissage) consiste à passer du référentiel du bras (RM) à un référentiel particulier (RP)

Pour cela, afin d'apprendre à G-Pad ce changement, il faut utiliser des éléments dont on connaisse les valeurs

- Dans RM, ce qui correspond à des éléments mesurés
- Dans RP, c'est-à-dire les valeurs souhaitées, ce qui correspond à des éléments théoriques

Cinq possibilités d'éléments de référence (Dégauchissage) se présentent :

- Plan – Droite – Point : Méthode PDP
- Ensemble de 3 points minimum: Méthode Best Fit
- Ensemble de 3 ou 4 points: Méthode Point Dur
- Ensemble de 6 ou 7 points : Méthode 3-2-1
- Tube : Méthode Best-Fit Tube

Quelque soit la méthode employée, il est impératif de respecter la démarche suivante :

- S'assurer que l'on soit en RM
- Définir les éléments de Dégauchissage
- Mesurer ces éléments
- Programmer les valeurs théoriques
- Calculer le référentiel en sélectionnant d'abord les éléments mesurés puis les théoriques
- Vérifier la validité du référentiel ainsi créé

NB : Les valeurs « mesurées » peut être construites à partir de la calculatrice, il s'agira alors non pas d'une entité bleue, mais verte

C-1-1: Référentiel Plan Droite Point

La méthode Plan-Droite-Point consiste à bloquer les 6 degrés de Liberté du repère (Rotation en X, Rotation en Y, Rotation en Z > Orientation des Axes,

Translation en X, Translation en Y, Translation en Z > Position de l'origine):

Le Plan bloque une Rotation

La Droite bloque une deuxième Rotation.

➤ Lorsque deux axes sont bloqués, le troisième en découle

Le Point Bloque les trois Translations

Pour cela, on attribue un vecteur nominal (A, B,C) au plan mesuré, un vecteur nominal (A',B',C') à la droite mesurée et des coordonnées nominales (X,Y,Z) au point mesuré

ATTENTION : au sens de la droite, surtout si elle est obtenue par l'intersection de 2 plans (elle observe alors la règle de la main droite)

C-1-2 : Référentiel Best-Fit

La Méthode BEST-FIT, consiste à attribuer des coordonnées théoriques à un ensemble de points mesuré.

Le nombre de points composant l'ensemble de points doit être au moins 3, et l'ensemble de points théorique doit être dans le même ordre que le mesuré

G-Pad ajuste alors les valeurs théoriques à l'ensemble de points mesuré au mieux possible (BEST-FIT = meilleure concordance) en réduisant l'écart sur tous les points.

C-1-3 : Référentiel Point Dur

C-1-4 : Référentiel 3-2-1

C-1-5 : Référentiel Best-Fit Tube



C-2 Mesure Guidée

La Mesure guidée permet la prise de points automatique gérée par G-Pad
Il en existe 4 types.

C-2-1 Localisation

C-2-2 Section

SECTION PAR PLAN

- Sur l'écran principal, sélectionner le plan de Section
- Sélectionner la Règle
- Sélectionner "Mesure Guidée -Mesure d'une section"
- Si aucun plan n'a été Sélectionné, vous devez en mesurer un
- Cliquer en suite pour lancer la mesure ou la stopper
- La prise de point s'effectue automatiquement lorsque le capteur traverse le plan
- En modifiant le Pas, on fait alors une mesure multi sections, avec des plans à intervalles réguliers (pas)
- Valider par un long clic

SECTION PAR CYLINDRE

- Sur l'écran principal, sélectionner le cylindre de section
- Sélectionner la Règle, puis "Mesure Guidée, Cylindre de Section"
- Cliquez pour lancer la mesure ou la stopper
- La prise de point s'effectue automatiquement lorsque le capteur traverse le cylindre
- Valider par un long clic

The result is a set of points (center probe points) included on the skin cylinder

C-2-3 CERCLE PAR SECTION

Identique à la section par plan, à la différence que l'on obtient un cercle (externe ou interne).

Cette fonction est utile dans le cas d'un trou évasé, ou d'un trou sur une tôle fine (dans ces cas, 'Cercle compensé dans un plan' ne peut être appliqué au risque de prendre des points sur des diamètres différents.

C-2-4 PROXIMITE

On peut rechercher par mesure guidée sur une surface le point le plus proche (ou le plus loin) d'un plan ou d'une droite :

- sur l'écran principal, sélectionner le plan (resp. droite) de référence
- sélectionner le règle, puis 'Mesure Guidée -Recherche du point le plus proche (resp. éloigné)
- Cliquer alors pour lancer ou stopper la recherche automatique
- G-Pad mémorise alors tout point plus proche (resp. loin)

C-3 MESURE AUTOMATIQUE

La mesure automatique ne doit pas être confondue avec la mesure guidée.

Il s'agit ici d'une prise de points en rafale, à intervalles de temps réguliers

Pour l'activer, sélectionner Menu > Options > Mesure Automatique > Activer

En mesure, cliquer alors pour lancer ou stopper la prise de points.

V2

MANUEL FORMATION G-PAD

C-4 TOLERANCEMENT



MANUEL FORMATION G-PAD

D- MENUS

D-1 Menu FICHIERS

- NOUVEAU CAHIER/PAGE
- OUVRIR : permet d'ouvrir un cahier/page existant, ou de récupérer des éléments supprimés (poubelle) ou enregistrés indépendamment.
- IMPORT / EXPORT : permet de récupérer ou d'envoyer des données au format IGES, Excel ou Ascii.
- ENREGISTRER : si aucune cellule n'est sélectionnée, la page complète est sauvegardée. Si une ou plusieurs cellules sont sélectionnées, elles sont alors enregistrées dans un même fichier
- IMPRIMER : lance l'édition du rapport Excel (cf. §G-2)
- MACROS : ouvre la fenêtre des Macros -commandes (cf. §G-4)
- QUITTER

D-2 Menu EDITION

- EFFACER : efface toutes les cellules sélectionnées
- COUPER / COPIER / COLLER / DUPLIQUER
- COLLER EN THEORIQUE : transforme la cellule « copiée » en une cellule théorique
- RENOMMER : si plusieurs cellules sont sélectionnées, G-Pad propose d'affecter le même nom à toutes les cellules, en y ajoutant un indice.
- TOUT SELECTIONNER / TOUT DESELECTIONNER
- REFERENTIELS MODE GESTION : utilisé afin d'effectuer toutes les opérations de « gestion » (effacer, renommer, enregistre, ...) sur les référentiels.
- REFERENTIELS EFFACER TOUT : efface tous les référentiels de la page sauf ceux utilisés (Réf Actif, protection en référentiel, RM)

D-3 Menu OPTIONS

- UNITE ANGLE / MESURE / VECTEUR : choix des unités (cf. annexe ### pour l'unité de vecteur)
- LANGUE
- MESURE AUTOMATIQUE activation/désactivation (cf. §C-3)
- CAPTEUR VE (option tube) : sélection simple ou double précision (cf. §E)
- UTILISER AUTOCAD
- PERSONNALISATION :
 - _ Paramètres du rapport Excel
 - _ Paramètres bras (modification du volume)
 - _ nombre de chiffres après la virgule
 - _ valeur limite de BEST-FIT
 - _ délai de prise de points en mesure automatique
 - _ délai de sauvegarde automatique de la page

D-4 Menu MAINTENANCE

- BRAS : permet de connecter /déconnecter le bras, ou de refaire le Reset des axes.
- AFFICHE XYZ : affiche les coordonnées du centre capteur, dans le référentiel actif.

D-5 Menu AIDE

E- MESURE DE TUBE

- E-1 Programmation d'un tube Théorique
- E-2 Mesure d'un Tube
- E-3 Inspection

F- GESTION DES DONNEES

- F-1 Les CAHIERS
- F-2 Les PAGES
- F-3 Les GROUPES D'ENTITES
- F-4 Les REFERENTIELS
- F-5 La CORBEILLE

G- FONCTIONS EVOLUEES

G-1 VUE 3D GRAPHIQUE

- Sélectionner les éléments à afficher, puis cliquer sur 3D
- Les distances, angles et ensembles de moins de 3 Pts ne peuvent être affichés.
- Une fois la vue 3D activée, si on va en butée sur l'axe F, on bascule l'écran Vue 2D <->Ecran principal
- La vue 3D reste active tant qu'on ne la ferme pas par la petite croix.

G-2 RAPPORT D'IMPRESSION

- Option > Personnalisation pour modifier l'entête et sélectionner le type de rapport.
- Sélectionner les éléments > FONCTION > IMPRIMER
- Sélectionner pour chaque élément les caractéristiques à sortir
- Si on sélectionne un Mesuré suivi d'un théorique, G-Pad fait automatiquement une inspection.
- NB : ne pas enregistrer sous C:\Program Files\G-Pad\Rapport\

G-3 AutoCAD:

G-4 MACROS:

G-4-1 Principe

Pour les opérations répétitives, on va enregistrer les opérations, et à l'exécution, on suit les instructions.

Pour accéder aux Macros : Menu > Fichier > Macros

G-4-2 Enregistrement par apprentissage

- Comme sur un magnétophone,  pour enregistrer une nouvelle macro :
- Entrer le nom de la macro
- A partir de ce moment, toutes les actions ('Pas') sont enregistrées.
- Effectuer les opérations normalement
- A la fin cliquer sur  Stop

MANUEL FORMATION G-PAD

On peut insérer de 'pas' spéciaux (Message ; Appel de Sous -Macro)
Pour chacun des 'pas', on peut modifier des paramètres (voir Manuel G-Pad)

- Il est recommandé de préparer la macro avant de l'enregistrer, afin de ne pas faire d'erreur lors de l'enregistrement (faire une fois manuellement les opérations en notant chaque action à effectuer, en supprimant les actions inutiles.
- Il est aussi recommandé d'enregistrer la macro à partir d'une page vierge.

G-4-3 Exécution

- Sélectionner la macro, puis .
- Suivre les étapes, tous les calculs et sélections sont faits automatiquement.

G-4-4 Gestion

Toutes les macros sont stockées au même endroit.

Des boîtes à outils peuvent être créées pour 'ranger' des raccourcis.

Une Boîte à outils 'rapide' permet de stocker des raccourcis dont on accède par le bouton .

- Une macro effacée ne peut pas être récupérée.

H- PROGRAMMES COMPLEMENTAIRES

F-1 GDS

ANNEXES

ANNEXE A
ELEMENTS GEOMETRIQUES

POINT

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur associé au Point



ENSEMBLE DE POINTS

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur associé à chaque Point



DROITE

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur Directeur



PLAN

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur Normal



CERCLE

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur Normale

Dia : Diamètre



CYLINDRE

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur Directeur de l'axe

Dia : Diamètre

Long : Longueur



CONE

MANUEL FORMATION G-PAD

(X , Y , Z) : Coordonnées de position

(A , B , C) : Coordonnées du Vecteur Directeur de l'axe

Dia : Diamètre

Long : Longueur

Angle



SPHERE

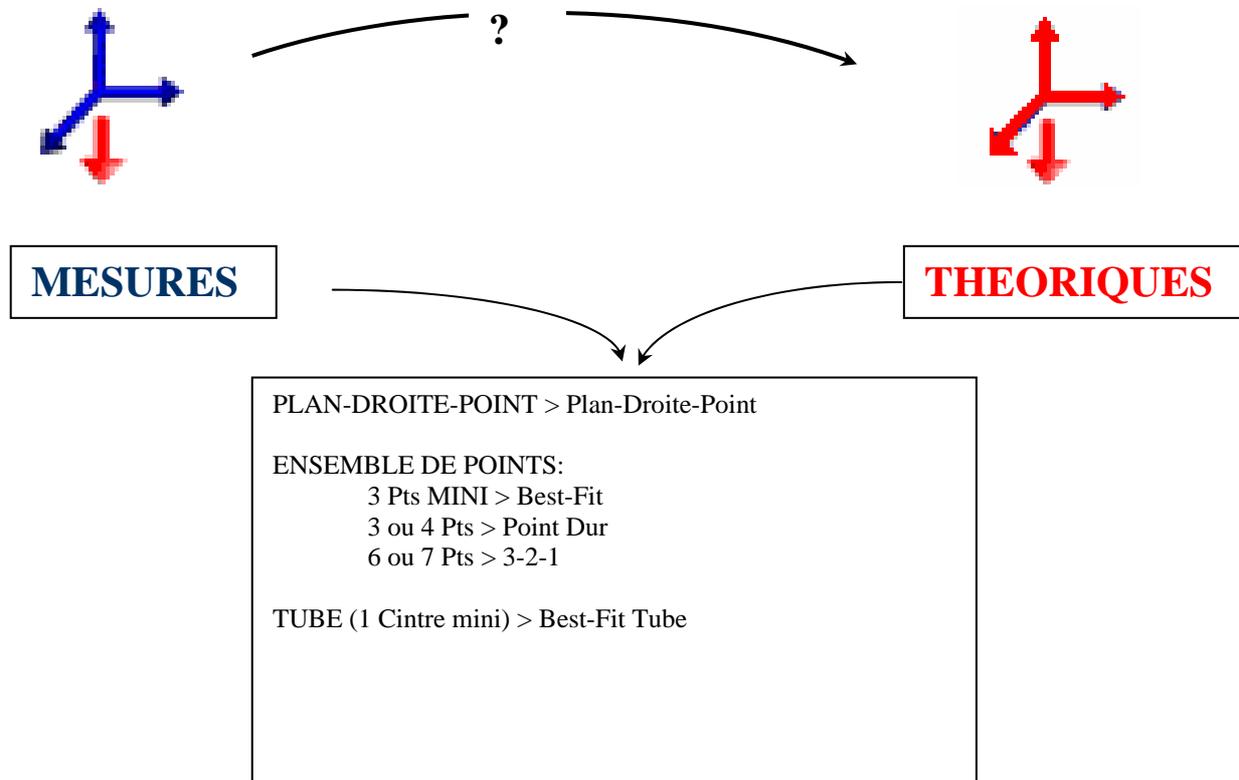
(X , Y , Z) : Coordonnées de position



REFERENTIEL

ANNEXE B

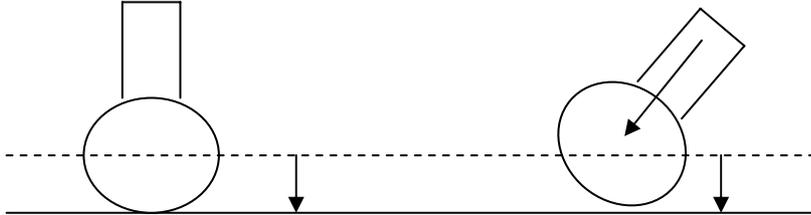
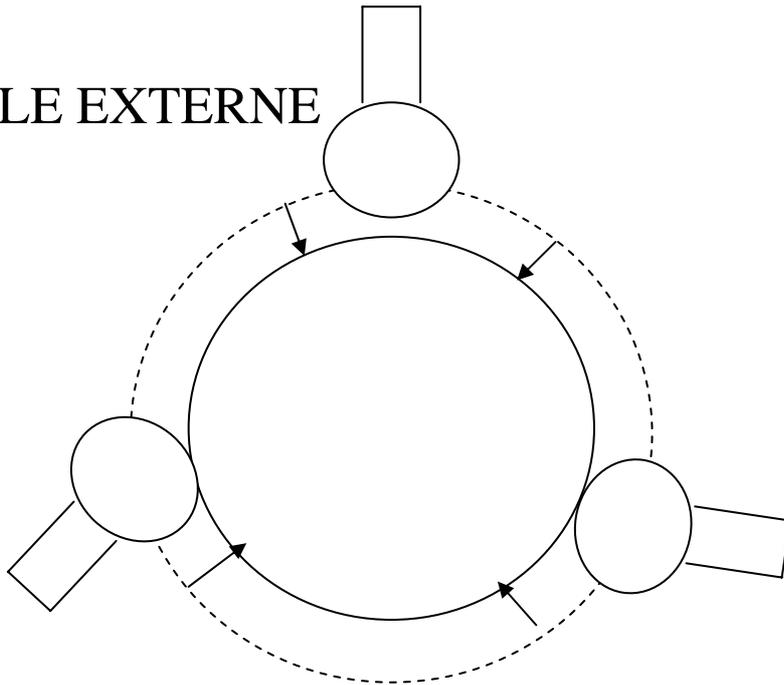
PRINCIPE DU DEGAUCHISSAGE SOUS G-PAD



! RM

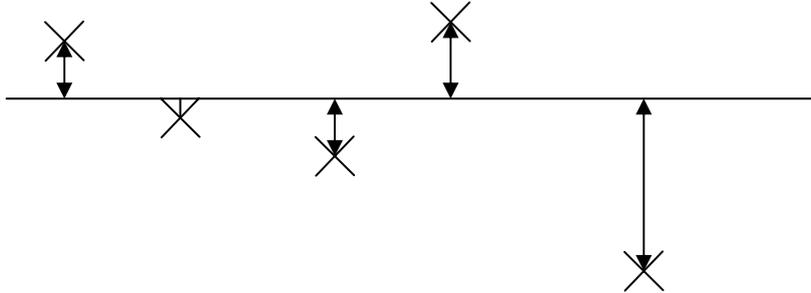
- 2 Choisir les éléments de Dégauchissage > méthode utilisée
- 3 **Mesurer ces éléments** (effectuer éventuellement des constructions géométriques)
- 4 **Programmer les valeurs Théoriques de ces éléments**
- 5 Calculer : Sélect° _**Mesurés**
 _**Théoriques**

! Vérifier la validité de ce référentiel

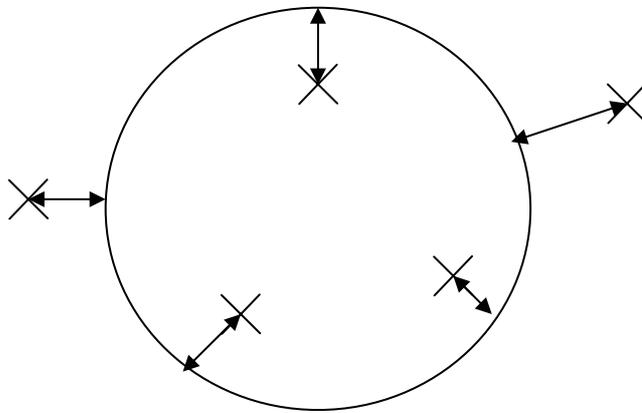
ANNEXE C
COMPENSATION CAPTEUR**SUR UN PLAN MESURE****SUR UN CERCLE MESURE****CERCLE EXTERNE**

ANNEXE D
BEST-FIT

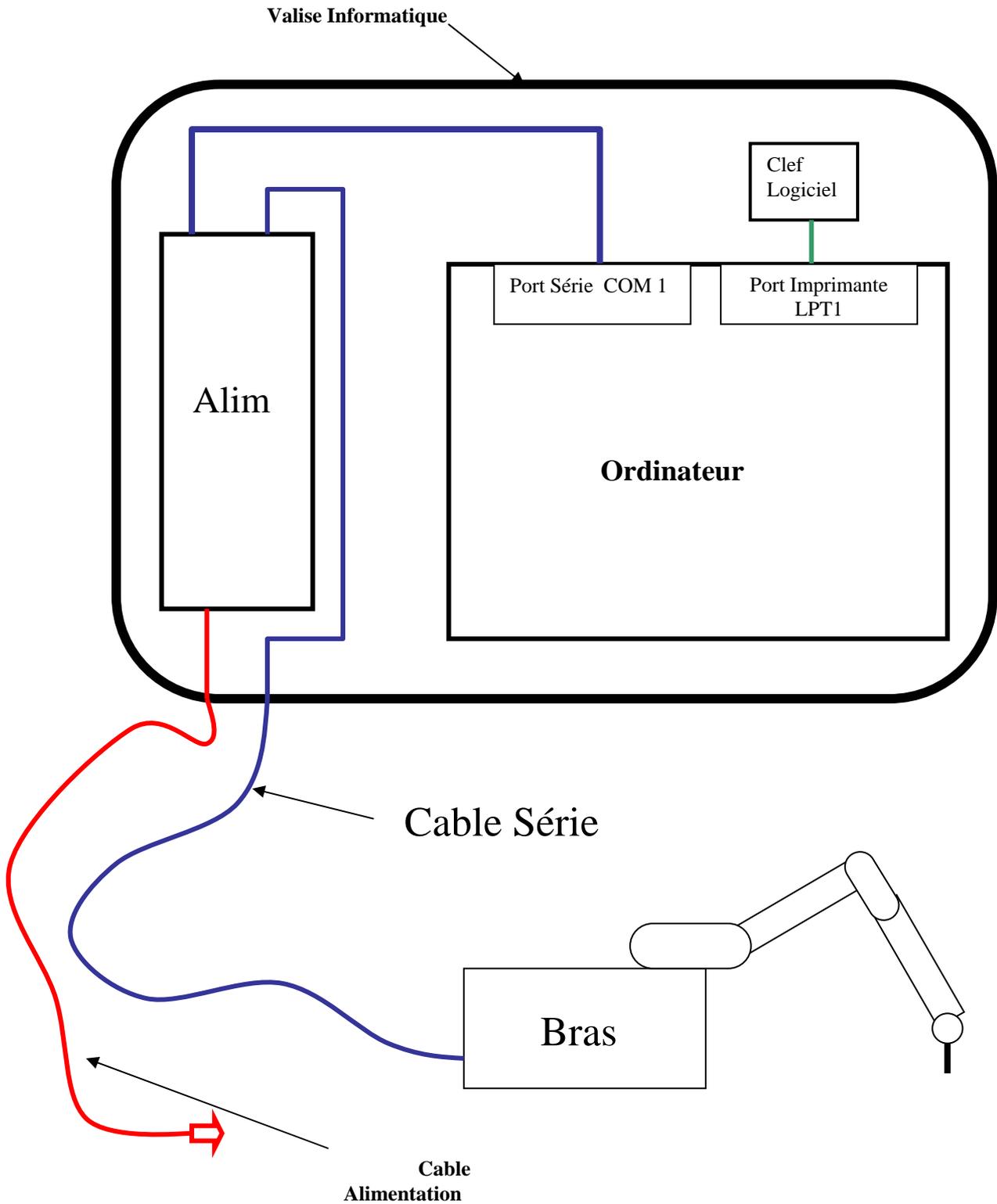
SUR UN PLAN MESURE



SUR UN CERCLE MESURE



ANNEXE E
ARCHITECTURE CONNECTIQUE

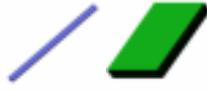


MANUEL FORMATION G-PAD

ANNEXE F

SYMB	ELEMENT	NB THEORIQUES	NB MINIMUM CONSEILLES	COMPENSATION	CARACTERISTIQUES
	POINT	1	1	NON	POINT / VECTEUR
	ENSEMBLE DE POINTS	1	1	NON	POINTS / VECTEURS
	DROITE	2	3	NON	POINT MILIEU / VECTEUR / LONGUEUR
	PLAN	3	4	AUTOMATIQUE	POINT MILIEU / VECTEUR
	CERCLE	3	4 PROJETES SUR UN PLAN	OUI	CENTRE / VECTEUR / DIAMETRE
	CYLINDRE	3+3	4+4	OUI	CENTRE / VECTEUR AXE / DIAMETRE / HAUTEUR
	CONE	3+3	4+4	OUI	CENTRE / VECTEUR AXE / DIAMETRE / HAUTEUR / ANGLE
	SPHERE	4	5	OUI	CENTRE / DIAMETRE

ANNEXE G

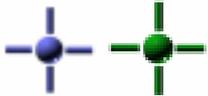
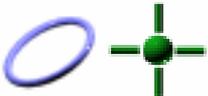
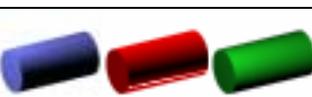
CALCUL	Symbole	Zone de tolérance		Entités nécessaires	Informations
		Planaire	Cylindrique		
Rectitude d'une Droite avec zone de tolérance cylindrique	—		X		
Rectitude d'une droite	—	X			
Planéité		X			
Circularité			X		
Cylindricité			X		
Parallélisme entre une droite projetée et une autre droite	//	X			<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance
Parallélisme entre 2 droites avec zone de tolérance cylindrique	//		X		<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance
Parallélisme entre une droite et un plan	//	X			<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance
Parallélisme entre un cylindre et un plan avec ou sans Maximum Matière	//	X			<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance
Parallélisme entre un cylindre et un plan avec Maximum Matière (Diamètre théorique défini)	//	X			<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance

MANUEL FORMATION

G-PAD

Perpendicularité entre 2 droites		X			<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance
Perpendicularité entre une Droite et un Plan		X			<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance
Perpendicularité entre une Droite et un Plan avec zone de tolérance cylindrique			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance
Perpendicularité entre un cylindre et un plan			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance
Perpendicularité entre un cylindre et un plan avec zone de tolérance cylindrique			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance
Localisation d'un point avec zone de tolérance cylindrique			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO
Localisation d'une droite		X			<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance
Localisation d'une droite avec zone de tolérance cylindrique			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance1 / Distance 2
Localisation avec ou sans Maximum Matière		X			<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance (Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne)
Localisation avec Maximum Matière (Diamètre théorique défini)		X			<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne
Localisation avec ou sans Maximum Matière			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance1 / Distance 2
Localisation avec Maximum Matière (Diamètre théorique défini)			X		<ul style="list-style-type: none"> Tolérance ISO / Distance1 / Distance 2 Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne

MANUEL FORMATION G-PAD

Concentricité			X		<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO
Concentricité avec ou sans Maximum Matière			X		<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO • (Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne)
Concentricité avec Maximum Matière (Diamètre théorique défini)			X		<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO • Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne
Coaxialité avec ou sans Maximum Matière			X		<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance • (Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne)
Coaxialité avec Maximum Matière (Diamètre théorique défini)			X		<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance ISO / Distance • Cote tolérancée / Mesure Externe ou Interne