

DOCUMENT
INTERNATIONAL

OIML D 5

Edition 1982 (F)

Principes pour l'établissement des schémas de
hiérarchie des instruments de mesure

Principles for the establishment of hierarchy schemes for measuring instruments



Avant-propos

L'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif premier est d'harmoniser les réglementations et les contrôles métrologiques appliqués par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses États Membres.

Les deux principales catégories de publications OIML sont:

- les **Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementations fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité ; les États Membres de l'OIML doivent mettre ces Recommandations en application dans toute la mesure du possible;
- les **Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à améliorer l'activité des services de métrologie.

Les projets de Recommandations et Documents OIML sont élaborés par des comités techniques ou sous-comités composés d'États Membres. Certaines institutions internationales et régionales y participent aussi sur une base consultative.

Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, comme l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires; en conséquence les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essais, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales et Documents Internationaux sont publiés en français (F) et en anglais (E) et sont périodiquement soumis à révision.

La présente publication – référence OIML D 5, édition 1982 (F) – placée sous la responsabilité du TC 4 *Étalons de mesure et dispositifs d'étalonnage et de vérification*, a été approuvée par le Comité International de Métrologie Légale en 1982.

Les publications de l'OIML peuvent être obtenues au siège de l'Organisation:

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France
Téléphone: 33 (0)1 48 78 12 82 et 42 85 27 11
Fax: 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail: biml@oiml.org
Internet: www.oiml.org

PRINCIPES pour l'ÉTABLISSEMENT des SCHÉMAS de HIÉRARCHIE des INSTRUMENTS de MESURE

1. Introduction

1.1. L'étalonnage d'un instrument de mesure est l'ensemble des opérations ayant pour but d'attribuer des valeurs aux erreurs de cet instrument, et éventuellement de déterminer d'autres caractéristiques métrologiques.

L'étalonnage doit être pratiqué périodiquement. Il permet de suivre l'évolution des instruments et d'éviter des désaccords soit dans une même entreprise, soit entre acheteurs et vendeurs. Il permet également de mieux connaître la qualité d'un instrument et d'éclairer les acheteurs éventuels.

Il peut être effectué soit par une méthode de mesure absolue, soit par comparaison avec un étalon auquel on se réfère.

L'étalon peut être lui-même un instrument de mesure, ou une installation spécialement étudiée pour matérialiser une unité ou un multiple ou un sous-multiple de cette unité ou encore un matériau de référence.

A l'étalon sont généralement liés une méthode-étalon et un dispositif de transfert permettant d'effectuer des comparaisons entre étalons.

Exemple: l'interféromètre pour comparer les longueurs d'ondes lumineuses à la radiation étalon du krypton-86.

Pour matérialiser les unités de mesure, il est fait appel le plus possible à des phénomènes physiques, se reproduisant de façon constante avec beaucoup de précision (mètre, seconde,...). Il est alors nécessaire de disposer d'un certain appareillage pour réaliser ou pour conserver ces unités (lampe à krypton-86, étalon de temps et de fréquence à jet de césium...).

1.2. Les étalons d'une même grandeur physique doivent être hiérarchisés, c'est-à-dire que les incertitudes qui s'y rattachent doivent être déterminées de façon que chacun d'entre eux soit adapté à un certain usage.

Cette hiérarchie représente la succession des étapes qui permettent de relier les caractéristiques métrologiques d'un instrument de mesure quelconque à l'étalon primaire de la grandeur considérée. La hiérarchie des instruments de mesure de cette grandeur se concrétise par une chaîne d'étalonnage dont le but est de garantir l'exactitude des instruments de mesure en service. Les chaînes d'étalonnage peuvent prendre des aspects différents suivant les pays.

1.3. Le présent Document comprend, outre le Chapitre 1 d'introduction, les trois parties suivantes:

- le Chapitre 2, qui a trait à la structure théorique d'un schéma de hiérarchie; il en décrit les différents niveaux, les étalons correspondants et le passage d'un niveau à l'autre; il contient de plus quelques considérations sur un schéma de hiérarchie international,

Note: La terminologie utilisée dans le présent Document International est en principe conforme au Vocabulaire de Métrologie Légale, édition de 1978. Cependant, il a également été tenu compte du projet de Vocabulaire International des termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM) actuellement en cours d'élaboration par un groupe de travail mixte composé de représentants du BIPM, de la CEI, de l'ISO et de l'OIML. La terminologie utilisée dans le présent Document International pourra donc être revue lorsque le VIM aura été définitivement établi.

- le Chapitre 3, complété par l'Annexe I, où sont donnés les renseignements qu'il est souhaitable de trouver dans un schéma de hiérarchie et dans la description d'une chaîne d'étalonnage, et qui permettent aux Etats d'établir chez eux, pour leurs propres besoins et selon leurs possibilités, des chaînes d'étalonnage nationales,
- l'Annexe II, qui donne un exemple de chaîne d'étalonnage pour les instruments de mesure d'une certaine grandeur physique; la chaîne d'étalonnage est une réalisation pratique du schéma de hiérarchie correspondant; les commentaires qui y figurent montrent les différentes possibilités de structuration d'une chaîne d'étalonnage.

1.4. Le présent Document a pour objet :

- de proposer des règles générales pour l'établissement de schémas de hiérarchie des instruments de mesure pour les diverses grandeurs. Ces schémas débouchent sur des réalisations pratiques, appelées dans le texte chaîne d'étalonnage,
- de définir et de préciser les concepts utilisés dans ces schémas.

Etant donné sa généralité, ce Document ne s'appliquera certainement pas à tous les cas. Ses principes pourront quelquefois être remis en cause (voir point 1.5.). Cependant, les Secrétariats Rapporteurs de l'OIML doivent s'efforcer d'en suivre les grandes lignes, de façon que les schémas de hiérarchie présentés soient bâtis avec une certaine uniformité.

Les éventuelles divergences avec le schéma général pourront être soulignées pour attirer l'attention des Etats. Une justification de ces divergences est souhaitable.

Les Secrétariats Rapporteurs ne doivent ni donner aux schémas de hiérarchie qu'ils établissent un cadre trop rigide, ni attribuer impérativement certaines valeurs aux caractéristiques des étalons.

Un schéma de hiérarchie est un modèle qui contient les données les plus recommandées, mais laisse la possibilité d'un certain choix dans la réalisation des étalons des divers niveaux et dans la détermination des niveaux eux-mêmes (nombre de niveaux, liaisons des niveaux entre eux, sous-niveaux ou branches parallèles, etc...).

Le présent Document doit pouvoir être utilisé sur le plan national, suivant les besoins de chaque pays, par les organismes soucieux d'établir des chaînes d'étalonnage de leurs instruments, en conformité avec les Recommandations Internationales.

1.5. Le but qui seul présente de l'importance dans tout schéma de hiérarchie des instruments de mesure est de réduire le plus possible les erreurs de mesure et de donner le maximum de confiance dans tous les mesurages, sans oublier les plus courants.

La recherche d'une meilleure qualité des mesurages courants, constitue la véritable justification de l'existence des schémas de hiérarchie. Ceci peut être obtenu de différentes manières, le schéma classique qui se traduit par la chaîne d'étalonnage directe étant le plus couramment utilisé.

Cependant, ce n'est pas le seul système réalisable, et, suivant les circonstances, d'autres voies peuvent être préférables pour atteindre ce but. Elles ne sont pas traitées dans le présent Document mais pourront être décrites dans d'autres Documents Internationaux.

2. Structure théorique d'un schéma de hiérarchie

2.1. Les niveaux d'un schéma de hiérarchie national

2.1.1. Le niveau 1

A ce niveau se trouvent l'étalon primaire national, et le ou les étalons témoins, qui sont destinés soit à contrôler l'invariabilité de l'étalon primaire, soit à remplacer cet étalon s'il a perdu ses qualités métrologiques ou s'il a disparu.

L'étalon primaire est l'étalon relatif à une grandeur déterminée, qui présente les plus hautes qualités métrologiques dans un domaine déterminé.

Ce domaine peut être soit un domaine d'utilisation, soit un domaine de valeurs de la grandeur; à chaque domaine correspond un étalon primaire, le mieux adapté à représenter l'unité ou un multiple ou un sous-multiple de l'unité de cette grandeur.

Note: L'étalon primaire ne représente pas nécessairement l'unité de la grandeur considérée. Il peut être en effet plus facile de représenter un multiple ou un sous-multiple d'une unité plutôt que cette unité elle-même.

2.1.2. Le niveau 2

A ce niveau se trouvent les étalons secondaires obtenus par comparaison avec l'étalon primaire, suivant des méthodes et avec des moyens variables selon les grandeurs physiques considérées.

Un étalon secondaire peut servir à étalonner les étalons d'un ordre d'exactitude inférieur; il prend alors le nom d'étalon de référence.

2.1.3. Le niveau 3

A ce niveau se trouvent les étalons de travail d'ordre 3, obtenus par comparaison avec des étalons de référence. Ils peuvent être de nature ou de conception différente de ceux-ci, soit pour rendre leur maniement plus commode et faciliter leur déplacement, soit pour en réduire le coût.

Les méthodes et les moyens de comparaison entre les étalons secondaires et les étalons de travail prennent une importance d'autant plus grande que ces étalons ne sont pas identiques et que leur comparaison en est rendue plus délicate.

Un étalon de travail sert :

- soit à vérifier les instruments de mesure usuels d'une moins grande exactitude,
- soit à étalonner des instruments de mesure qui sont considérés comme des étalons de travail de moins grande exactitude. Il est alors considéré comme étalon de référence et conservé dans de bonnes conditions, de telle façon que sa comparaison avec l'étalon secondaire puisse être rendue moins fréquente.

Le choix entre ces deux modes d'utilisation des étalons de travail dépend de la disposition géographique et de l'organisation économique ou politique des pays.

2.1.4. Le niveau 4

A ce niveau se trouvent les étalons de travail obtenus par comparaison avec des étalons de référence constitués par des étalons de travail d'ordre 3.

L'exactitude de ces étalons est souvent suffisante dans différents secteurs de l'industrie. Cependant, certaines fabrications nécessitent l'emploi d'instruments d'une qualité métrologique plus élevée : elles utilisent, dans ce cas, des étalons de travail d'ordre 3.

Note : Un exemple de schéma de hiérarchie national sans niveau 4 est donné en Annexe I.

2.2. Schéma de hiérarchie international

2.2.1. Un schéma de hiérarchie international doit mettre en évidence la liaison existant entre l'étalon international et l'étalon national.

2.2.2. L'établissement d'un schéma de hiérarchie international suppose l'existence d'un étalon international.

En l'absence d'étalon international, un ou plusieurs pays "peuvent décider de créer un étalon pour une unité d'une certaine grandeur, dont le besoin se fait particulièrement sentir. Si cet étalon est reconnu par les autres pays, il joue le rôle d'étalon international. Il faut alors préciser le domaine géographique auquel s'étend cette reconnaissance internationale.

3. Contenu d'un schéma de hiérarchie

Le but des schémas de hiérarchie est de permettre aux Etats de réaliser des chaînes d'étalonnage. Un exemple en sera donné en Annexe II.

Ces schémas doivent contenir des renseignements suffisants pour assurer une certaine uniformité aux chaînes d'étalonnage conçues dans les différents pays et rendre ainsi possible leur raccordement sur le plan international.

Les schémas de hiérarchie doivent en particulier fournir les renseignements suivants sur les différents niveaux de la hiérarchie et sur les étalons susceptibles d'y figurer:

- principes connus et utilisés pour la réalisation des étalons, exemples d'exécutions pratiques,
- incertitudes sur la justesse des étalons, qu'il convient de ne pas dépasser à chaque niveau, compte tenu de l'avancement de la science et de la technique dans le domaine considéré,
- domaines de mesure dans lesquels les étalons sont valables,
- méthodes-étalons et dispositifs de transfert recommandés pour les différents niveaux, avec l'énumération et si possible l'évaluation des mesures qu'ils peuvent comporter,
- stabilité des étalons et reproductibilité des mesures dans le temps et méthodes utilisées pour s'assurer que les étalons possèdent ces qualités,
- périodicité des étalonnages,
- dispositions recommandées pour la conservation des étalons.

3.1. Principes de constructions des étalons, exécutions pratiques

Un schéma de hiérarchie pour une grandeur déterminée recommande, à chaque niveau, les principes de construction des étalons, connus et utilisés de tous, et leurs méthodes d'utilisation avec l'exactitude souhaitée.

Les exécutions pratiques considérées comme les meilleures doivent être signalées.

Il est recommandé de fournir des références bibliographiques ou des annexes contenant des descriptions détaillées et, si possible, les modes d'utilisation des instruments ou des installations, les précautions à prendre pour obtenir de bonnes mesures, les erreurs à éviter, etc...

3.2. Incertitude sur la valeur vraie des étalons et sur les résultats des mesures effectuées à chaque niveau du schéma de hiérarchie

Il faut déterminer la nature des incertitudes, leur ordre de grandeur et les limites qu'il est souhaitable de ne pas dépasser, compte tenu de l'état d'avancement de la science et de la technique dans les domaines considérés.

Ces limites résultent de la combinaison :

- des incertitudes dans l'application de la définition de l'unité ou sur la valeur de sa représentation matérielle et
- des estimations des erreurs, aussi bien systématiques qu'aléatoires, qui peuvent être faites sur les mesures effectuées à chaque niveau du schéma de hiérarchie.

Pour les instruments de mesure usuels, il faut s'abstenir d'indiquer les erreurs maximales tolérées puisqu'elles sont déjà fixées par les Recommandations Internationales ou les règlements nationaux et qu'elles sont susceptibles d'être modifiées à intervalles plus ou moins réguliers.

Le passage d'un niveau du schéma de hiérarchie au niveau suivant s'accompagne d'une diminution de l'exactitude des étalons. Au point de vue technique, il ne semble pas réaliste de vouloir fixer le rapport entre les défauts d'exactitude des étalons des deux niveaux considérés.

Ce rapport peut varier de 2 à 10 suivant les grandeurs considérées. Pour certaines grandeurs, les mesures présentent de telles difficultés qu'améliorer l'exactitude dans le rapport 2 constitue un progrès considérable. Par contre, pour d'autres grandeurs, la technique permet quelquefois de franchir un rapport 10 d'un niveau à l'autre.

3.3. Etalons pour différents domaines de valeurs d'une grandeur

A certains niveaux du schéma de hiérarchie, il est parfois nécessaire de définir plusieurs domaines de la grandeur, dans lesquels les étalons utilisés seront différents.

Pour la pression par exemple, le manomètre à mercure avec mesures inter-férométriques constitue un excellent appareil étalon pour des pressions comprises entre 10^3 et 10^5 pascals. Pour des pressions supérieures on utilisera des manomètres à piston (balances manométriques). Pour les pressions voisines du vide, les techniques de mesure et les appareils seront complètement différents.

Il est donc nécessaire de fixer au mieux les domaines de valeurs de la grandeur considérée ainsi que les erreurs à craindre et à ne pas dépasser, dans chacun de ces domaines.

Les domaines voisins doivent se recouper et présenter une zone commune dans laquelle peuvent être comparés les résultats des mesures effectuées avec des étalons utilisés dans cette région commune.

3.4. Liaisons entre les étalons

3.4.1. Les schémas de hiérarchie prescrivent que l'on passe en général d'un niveau à un autre en étalonnant un appareil (ou une installation de mesure) de niveau n à l'aide d'un appareil de niveau $(n - 1)$.

3.4.2. La liaison entre deux étalons du même niveau peut se faire :

- soit en transportant l'un des étalons auprès de l'autre,
- soit en utilisant un étalon de comparaison transportable, dit étalon itinérant ^(*), qui est comparé successivement aux deux étalons étudiés,
- soit en comparant simultanément ces deux étalons à un même phénomène physique.

Chaque laboratoire applique ses propres méthodes d'étalonnage, de sorte que la comparaison porte à la fois sur les étalons et sur les méthodes des laboratoires.

3.5. Constance des étalons et reproductibilité des mesures

La constance peut être considérée comme la première qualité d'un étalon, car elle est la condition « sine qua non » de la reproductibilité des mesures ; elle devra être constatée. Toute dérive, si elle existe, devra être évaluée et signalée de façon à mettre en garde les services de métrologie contre des variations plus ou moins rapides et plus ou moins importantes de la valeur de l'étalon. Les procédés utilisés pour vérifier la constance des étalons devront être précisés.

3.6. Périodicité des étalonnages à tous les niveaux

Il est utile d'indiquer dans les schémas de hiérarchie la périodicité suivant laquelle les étalons de divers niveaux doivent subir de nouveaux étalonnages pour conserver leur exactitude. Cette périodicité est déterminée en fonction de la constance des étalons, de leur utilisation, de leur conservation et de leur niveau d'exactitude.

3.7. Dispositions recommandées pour la conservation des étalons

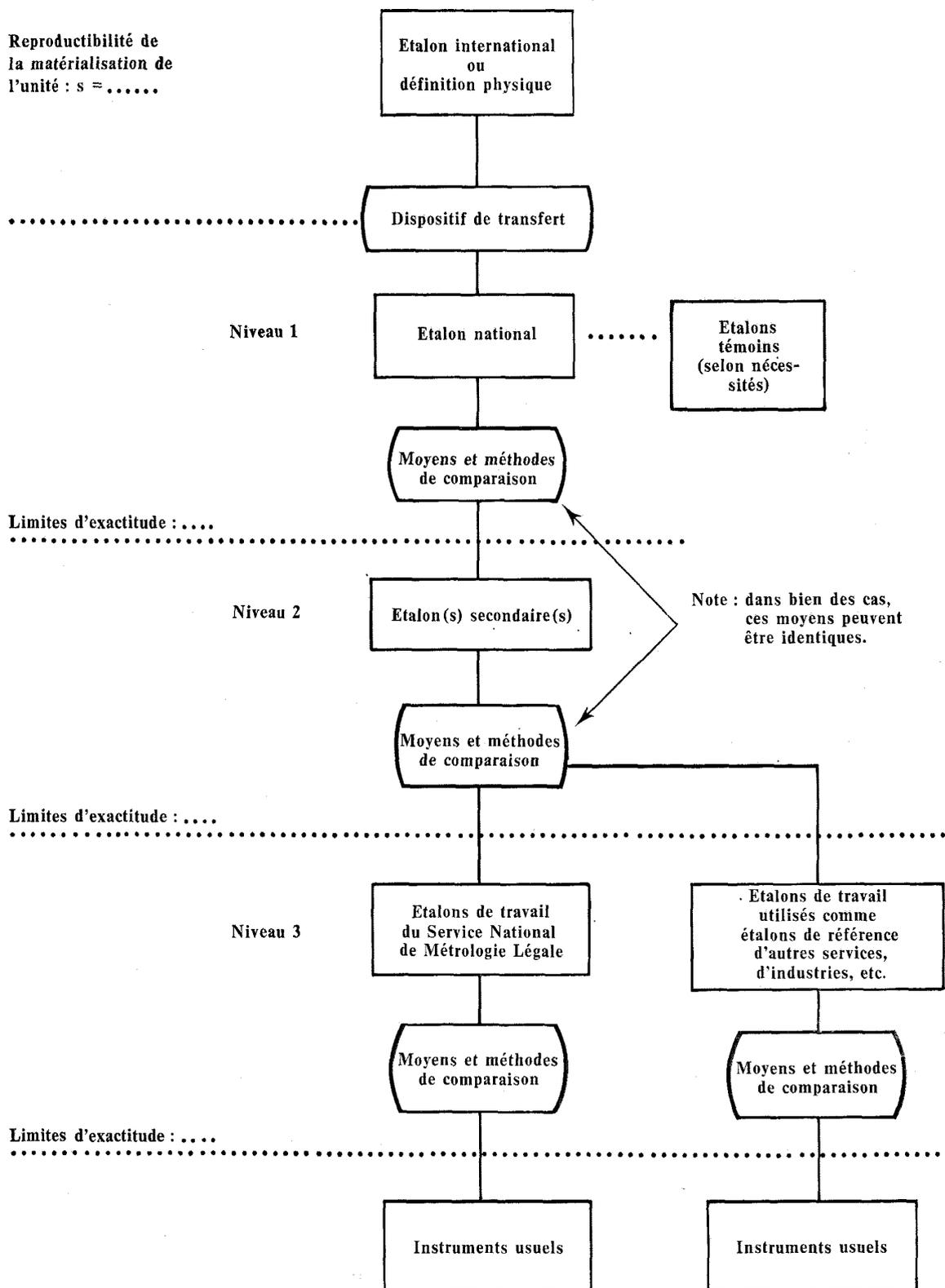
Les conditions générales de conservation des étalons doivent figurer dans le schéma de hiérarchie, ainsi que les conditions exceptionnelles de conservation, de manipulation et d'utilisation propres aux étalons de plus grande exactitude.

Ces conditions sont précisées et développées dans le document établi par le Secrétariat OIML SP 23-Sr 2 « Principes de reconnaissance officielle, d'utilisation et de conservation des étalons ».

^(*) Exemples d'étalons itinérants

- résistance étalon,
- installation de mesurage de gaz en haute pression où l'on a fait circuler des tuyères qui ont été successivement essayées et étalonnées dans différents pays,
- arcs à argon transportables et lampes à deutérium, en radiométrie, dans le domaine ultraviolet,
- matériau de référence : bille d'acier, cristal, etc.,
- chaînes de mesure de l'accélération comprenant chacune un capteur d'accélération, un amplificateur de charge et un câble de liaison pour comparer des capteurs d'accélération de moyenne fréquence.

ANNEXE I
SCHEMA DE HIERARCHIE NATIONAL
exemple ne comportant pas de niveau 4



ANNEXE II

EXEMPLE DE REALISATION PRATIQUE DE SCHEMA DE HIERARCHIE : LES CHAINES D'ETALONNAGE

Une chaîne d'étalonnage, pour une grandeur donnée, est constituée par l'ensemble des étalons et des moyens de comparaison de ces étalons entre eux, qui permet d'assurer le raccordement des mesures effectuées dans l'industrie à celles du laboratoire dépositaire de l'étalon primaire national, c'est-à-dire en fait le raccordement des instruments de mesure en service à l'étalon national.

Une chaîne d'étalonnage est établie suivant le schéma théorique de base décrit dans ce Document en tenant compte des particularismes des différents Etats qui l'utilisent.

Elle comporte donc les niveaux du schéma de hiérarchie, mais il n'est pas possible de décrire les étalons sans évoquer les laboratoires qui les détiennent et sans préciser leur rôle dans la chaîne d'étalonnage.

Leur nombre, leur répartition géographique dans le pays, le nombre et la nature des étalons qu'ils détiennent, ne seront pas les mêmes dans une fédération d'états et dans un pays à structure centralisée, dans un pays dont le territoire est très vaste et dans un pays de petite superficie.

C'est pourquoi l'exemple qui est donné ci-après, actuellement réalisé sur un plan national, ne peut avoir qu'une valeur indicative.

1. Les niveaux 1 et 2

1.1. Ces niveaux sont généralement représentés par les mêmes laboratoires que nous appellerons « laboratoires primaires » et qui conservent les étalons primaires et secondaires du pays considéré.

Les étalons nationaux sont des étalons reconnus par décision officielle nationale pour servir de base dans un pays à la fixation des valeurs de tous les autres étalons.

1.2. Le laboratoire qui détient et conserve l'étalon national pour une certaine grandeur est appelé laboratoire primaire national. Il possède également des étalons secondaires qui constituent ses étalons de référence.

Le qualificatif « national » indique que le laboratoire concerné a reçu dans son pays une reconnaissance officielle pour conserver l'étalon national pour la grandeur considérée.

Sa tâche est :

- de conserver et, si possible, d'améliorer les étalons des niveaux 1 et 2,
- d'assurer au mieux la représentation des multiples et des sous-multiples des unités, soit par leur matérialisation, soit par des méthodes-étalons,
- de concevoir et de mettre au point des méthodes de comparaison d'étalons et d'en déterminer les incertitudes.

Remarques :

- a — Il est possible que d'autres laboratoires que le laboratoire primaire national détiennent des étalons primaires et secondaires. Tous ces étalons primaires doivent être raccordés aux étalons primaires nationaux.

Cette situation se rencontre notamment dans les Etats fédérés ou à territoire d'une grande superficie. On y trouve plusieurs laboratoires primaires, détenant tous des étalons primaires et secondaires. Cependant, il n'existe qu'un seul étalon national pour une même grandeur.

- b — Lorsqu'il existe un étalon international tel que le prototype du kilogramme, détenu par le Bureau International des Poids et Mesures, les étalons qui lui sont comparés peuvent être considérés, au point de vue international, comme des étalons secondaires. Cependant, sur le plan national ils constituent des étalons primaires. L'un d'entre eux est l'étalon national.

2. Le niveau 3

2.1. Les étalons se trouvant dans des laboratoires officiels autres que les laboratoires primaires servent à étalonner des étalons de travail ou des instruments d'usage courant.

Ces laboratoires de haut niveau sont souvent des laboratoires à caractère scientifique qui se livrent à la recherche fondamentale ou appliquée.

Exceptionnellement, ce sont aussi des services de métrologie de certaines grandes industries officiellement reconnus et se raccordant directement aux laboratoires primaires.

Le Service National de Métrologie Légale se place généralement au niveau 3, car ses étalons sont raccordés aux étalons secondaires des laboratoires primaires nationaux pour les différentes grandeurs.

La possession d'étalons du niveau 3 est généralement suffisante pour ce Service, dont l'activité porte essentiellement sur les instruments utilisés dans l'industrie et le commerce.

Cependant, dans certains pays le Service National de Métrologie Légale détient aussi des étalons primaires et quelquefois des étalons primaires nationaux, notamment pour des grandeurs fondamentales comme la masse, la longueur, etc... Il devient ainsi laboratoire primaire national pour ces grandeurs.

Cette position dans la hiérarchie des laboratoires donne au Service National de Métrologie Légale la compétence officielle pour procéder à l'étalonnage de tout instrument mesurant ces grandeurs.

2.2. Il arrive que l'on passe directement du niveau 3 aux instruments de mesure usuels, c'est-à-dire que les étalons d'ordre 3 soient directement utilisés pour étalonner ou vérifier les instruments de mesure usuels, neufs, réparés ou en service.

Cette situation est facilement concevable dans des pays peu industrialisés, disposant d'un petit nombre de laboratoires spécialisés dans la métrologie.

3. Le niveau 4

Dans les pays où existent de puissantes industries, il est recommandé de créer un quatrième niveau.

En effet, une grande entreprise industrielle dispose d'une grande quantité d'instruments de mesure pour les besoins de ses laboratoires et de ses services. Il est difficilement imaginable que tous ces instruments soient directement comparés aux étalons du niveau 3.

Cette entreprise a besoin de posséder ses propres étalons qui servent à étalonner ou à vérifier les instruments de mesure usuels. Ces étalons d'ordre 4 doivent entrer dans la chaîne d'étalonnage et, par conséquent, être étalonnés par comparaison avec les étalons du niveau 3.

Le service de métrologie de l'entreprise est chargé :

- de conserver les étalons du niveau 4 et de veiller à ce qu'ils soient périodiquement comparés aux étalons du niveau 3,
- de procéder aux étalonnages des étalons du niveau 4 qui sont utilisés comme étalons de travail.

Il se crée ainsi, dans ces entreprises, des chaînes d'étalonnage internes raccordées aux chaînes nationales et, par l'intermédiaire des laboratoires primaires, aux étalons internationaux existants.

TABLE DES MATIERES

<i>Avant-propos</i>	2
1. Introduction	3
2. Structure théorique d'un schéma de hiérarchie	5
2.1. Les niveaux d'un schéma de hiérarchie national.....	5
2.2. Schéma de hiérarchie international.....	6
3. Contenu d'un schéma de hiérarchie	6
3.1. Principes de construction des étalons, exécutions pratiques.....	6
3.2. Incertitude sur la valeur vraie de étalons et sur les résultats des mesures effectuées à chaque niveau du schéma de hiérarchie	7
3.3. Etalons pour différents domaines de valeurs d'une grandeur	7
3.4. Liaisons entre les étalons.....	7
3.5. Constance des étalons et reproductibilité des mesures	8
3.6. Périodicité des étalonnages à tous les niveaux.....	8
3.7. Dispositions recommandées pour la conservation des étalons	8
Annexe I Schéma de hiérarchie national	9
Annexe II Exemple de réalisation pratique de schéma de hiérarchie : les chaînes d'étalonnage	10
1 Les niveaux 1 et 2.....	10
2 Le niveau 3.....	11
3 Le niveau 4.....	11